Christian Maurer (Hg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)

Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Jahrestagung in Berlin 2015

Christian Maurer (Hg.)

Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)
Herausgeber: Christian Maurer
Vorstand: Karsten Rincke (Sprecher), Jenna Koennen, Dietmar Höttecke, Markus Rehm

© Universität Regensburg 2016; Alle Rechte bei der Universität Regensburg
Universitätsstrasse 31, 93053 Regensburg, www.uni-regensburg.de

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Band 36

Universität Regensburg

Christian Maurer (Hg.)

Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015

Universität Regensburg

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Einführung

CHRISTIAN MAURER

Vorwort 1

KARSTEN RINCKE

Einführung 2

Plenarvorträge

REINDERS DUIT

Zur Rolle des Faches Physik beim Lehren und Lernen von Physik 4

RAINER MÜLLER

Die Quantenphysik im Spannungsfeld zwischen Fachlichkeit, empirischer Forschung und Schulpraxis 13

Workshop

HORST SCHECKER, ILKA PARCHMANN & ERICH STARAUSCHEK

Fachlichkeit der Fachdidaktik - Standortbestimmung und Perspektiven 25

Gruppenvorträge

Vortragsblock A

CHRISTIAN MAURER & KARSTEN RINCKE

Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen 29

JAN-PHILIPP BURDE & THOMAS WILHELM

Erkenntnisse aus Teaching Experiments zum Elektronengasmodell 32

SEBASTIAN PETERS & MICHAEL KOMOREK

Evaluation theoriebasiert konzipierter Lernmaterialien 35

SIMONE ABELS

Inklusion und Chemiedidaktik – eine Annäherung 38

PATRICK LÖFFLER & ALEXANDER KAUERTZ

Modellanwendung in Problemlöseaufgaben: Wie wirkt Kontext? 41

ANJA LEMBENS & SIMONE ABELS

Mit Mysteries zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht – das Projekt 44

SANDRA PUDDU, ANJA LEMBENS & SIMONE ABELS

TEMI – ein Fortbildungsprogramm für NaturwissenschaftslehrerInnen 47

REGULA GROB, MONIKA HOLMEIER & PETER LABUDDE

«Formative Assessment» im Unterricht aus der Sicht von Lehrpersonen 50

SIMON RÖSCH, MATTHIAS VON ARX & PETER LABUDDE

Wirkmechanismen von regelmäßigem Schülerfeedback - eine explorative Untersuchung 53

KATRIN SCHÜßLER, JENNA KOENEN & ELKE SUMFLETH

Lernprozesse beim Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht 56

ANTONY CROSSLEY & ERICH STARAUSCHEK

Wann sollten SchülerInnen ihre Physikhausaufgaben bearbeiten? 59

SABRINA MILKE & ERICH STARAUSCHEK

Unterstützt Priming das Lernen des 3. Newtonschen Axioms? 62

CHRISTIAN L. SALINGA & HEIDRUN HEINKE

Symbiose von Forschung, Lehrerbildung und Schulpraxis Lernzirkel to go 65

THOMAS TOCZKOWSKI & BERND RALLE

Die Komplexität „einfacher“ Experimente - Lernen und Verstehen im Chemieunterrich 68

LUZIE HAASE & VERENA PIETZNER

Berufsorientierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I 71

PHILIPP SPITZER & MARTIN GRÖGER

Berufsorientierung als Baustein für einen relevanten Chemieunterricht 74

MONIKA HOLMEIER & TAMARA STOTZ

MINT-Elternarbeit: Ideen, Chancen, Schwierigkeiten 77

Vortragsblock B

NIKOLA SCHILD, VOLKHARD NORDMEIER & DANIEL REHFELDT

Nicht-kognitive Prädiktoren für den Studienerfolg im Lehramt und im Fach Physik 80

DAVID BUSCHHÜTER, CHRISTIAN SPODEN & ANDREAS BOROWSKI

Prognose von Studienerfolg zu Beginn des Physikstudiums 83

IRENE NEUMANN, STEFAN SORGE, COLIN JESCHKE, AISO HEINZE & KNUT NEUMANN

Zur Academic Buoyancy von Physikstudierenden 86

INKA HAAK & PETER REINHOLD

Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff 89

MICHELE HOFFMANN & VOLKER WOEST

Schüler und Studierende lernen gemeinsam mehr!? Unterricht differenzierend gestaltet durch Chemielehramtsstudierende 92

JANA-KATHARINA DRESSLER & JULIA MICHAELIS

Analyse der Lernprozesse von Chemielehramtsstudierenden hinsichtlich des Experimentierens in der Praxisphase 95

TANJA RUBERG & MICHAEL KOMOREK

Einfluss von Praxisphasen auf die Planung von Unterricht von Studierenden des Lehramts Physik 98

MARKO MANSHOLT & MICHAEL KOMOREK

Adaptive Lehrprozesse im Lehr-Lern-Labor 101

ANTJE HEINE & GESCHE POSPIECH

Wissenschaftstheoretische Vorstellungen von Studierenden über das Wechselspiel von Experiment und Theorie 104

PASCAL KLEIN, SEBASTIAN GRÖBER, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER

Videobasierte Aufgaben in den klassischen Übungen zur Experimentalphysik 1-Ergebnisse einer Interventionsstudie 107

DANIEL REHFELDT, TOBIAS MÜHLENBRUCH & VOLKHARD NORDMEIER

Fragebogen zur Erfassung von Praktikumsqualität (PraQ): Faktorielle Validierung 110

BRIGITTE WOLNY & MARTIN HOPF

Einsatz des Münchner Mechanik-Konzeptes in der Lehramtsausbildung 113

KARL MARNIOK & CHRISTIANE S. REINERS

Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie: Über die Förderung eines wissenschaftstheoretischen Grundverständnisses bei angehenden Lehrerinnen und Lehrern 116

JANINA PAWELZIK, MARIA TODOROVA, MIRIAM LEUCHTER & KORNELIA MÖLLER

Entwicklung naturwissenschaftlicher Lehr-Lern-Überzeugungen im Studium 119

LARS OETTINGHAUS, MARVIN KRÜGER, FRIEDERIKE KORNECK & MAREIKE KUNTER

Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität 122

PHILIPP STRAUBE & VOLKHARD NORDMEIER

Physikalische Erkenntnisgewinnung im Lehramtsstudium Ergebnisse eines Quasi-Längsschnitts 125

DOMINIQUE ROSENBERG & MAIKE BUSKER

Aufgaben in der Hochschullehre - Erkenntnisse einer Interviewstudie 128

MARKUS BOHLMANN

Ergebnisse eines Systematic Reviews der Science Education 131

TOBIAS KLUG, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER & PETER J. KLAR

Auswirkung kontextorientierter Praktikumsversuche auf Lernprozesse 134

INES SONNENSCHEIN, JENNA KOENEN & RÜDIGER TIEMANN

Förderung von Scientific Inquiry im Chemie-Bachelorstudium 137

VORTRAGSBLOCK C

MARTINA STRÜBE, OLIVER TEPNER & ELKE SUMFLETH

Modelle und Experimente: Wissen und Handeln von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern 140

HOLGER TRÖGER, ELKE SUMFLETH & OLIVER TEPNER

Fachdidaktisches Wissen und Lehrerhandeln im Chemieunterricht 143

CORNELIA SUNDER, MARIA TODOROVA & KORNELIA MÖLLER

Entwicklung der professionellen Wahrnehmung im Studium 146

VIKTORIA RATH & PETER REINHOLD

Schülervorstellungen in der Mechanik und ihre kriteriengeleitete Diagnose in Videos 149

YANNIK TOLSDORF & SILVIJA MARKIC

Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie 152

MARVIN KRÜGER, FRIEDERIKE KORNECK, LARS OETTINGHAUS & MAREIKE KUNTER

Perspektiven auf Unterrichtsqualität in Unterrichtsminiaturen 155

FADIME KARABÖCEK & ROGER ERB

Die Entscheidung für den Einsatz von Experimenten 158

ANDREAS NEHRING, THOMAS GARUS, KATHRIN H. NOWAK, ANNETTE UPMEIER ZU BELZEN & RÜDIGER TIEMANN

Die Unterrichtswahrnehmung von Prozessen der Erkenntnisgewinnung durch Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler 161

NICO SCHREIBER & HEIKE THEYßEN

Sind Selbstbeurteilungen beim Experimentieren praktikabel und nützlich? 164

MARTIN DRAUDE & RITA WODZINSKI

Wie Lehrkräfte Schwierigkeiten beim Experimentieren diagnostizieren 167

JAN-HENRIK KECHEL & RITA WODZINSKI

Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren zum Hooke'schen Gesetz 170

JURIK STILLER & RÜDIGER TIEMANN

Scientific Reasoning im Lehramtsstudium - das Projekt Ko-WADiS - 173

BRITTA KALTHOFF, HEIKE THEYßEN & NICO SCHREIBER

Wirksamkeit der Förderung von Experimentierfähigkeiten - Eine Interventionsstudie mit Sachunterrichtsstudierenden 176

DAVID WOITKOWSKI, JOSEF RIESE & PETER REINHOLD

Konstruktion von Niveaus des fachlichen Wissens Physik 179

CHRISTOPH KULGEMEYER

Zusammenhänge und Entwicklungen des professionellen Wissens angehender Physiklehrkräfte - Ein gemeinsames Symposium des Projekts ProfiLe-P 182

FLORIAN GIGL, SIMON ZANDER, FLORIAN BUCHWALD, ANDREAS BOROWSKI & HANS E. FISCHER

Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden der Physik 184

JOSEF RIESE, YVONNE GRAMZOW & PETER REINHOLD

Analysen zum fachdidaktischen Wissen von angehenden Physiklehrkräften 187

CHRISTOPH KULGEMEYER, ELISABETH TOMCZYSZYN & HORST SCHECKER

Was beeinflusst die Performanz beim Erklären von Physik? - Fachwissen und fachdidaktisches Wissen im unterrichtlichen Handeln - 190

Vortragsblock D

GOTTFRIED MERZYN

Guter Physikunterricht. Elf Merkmale als Orientierungshilfe für Lehrerbildung und Schulentwicklung 193

THERESA SCHULTE & CLAUS BOLTE

Naturwissenschaftliche Grundbildung – Ergebnisse einer curricularen Delphi-Studie 196

PETER HEINZE & VOLKER WOEST

Die Naturwissenschaften in der Thüringer Einheitsschule (1922-1924) 199

HEIKO KRABBE, TOBIAS BEZOLD & HANS E. FISCHER

Sprachhandlungen im Physikunterricht 202

CHRISTINE BOUBAKRI, HEIKO KRABBE & HANS E. FISCHER

Sprachkompetenz im Versuchsprotokoll Erste Ergebnisse aus der Pilotierung im Projekt SchriFT 205

CANA BAYRAK & BERND RALLE

Versuchsprotokolle und Vermittlung von Textsortenkompetenz 208

CHRISTIAN NIEMCZIK, INGO EILKS & VERENA PIETZNER

Vermittlungsexperimente: Lernen durch kollaborative Videoerstellung 211

MICHAEL WENZEL & THOMAS WILHELM

Einstellung von Physik-Gymnasiallehrern zum Computereinsatz 214

MARIA MATHISZIK & MANUELA NIETHAMMER

Wissensvernetzung durch Technikbildung im Chemieunterricht 217

ILKA PARCHMANN & KNUT NEUMANN

Learning Progressions – Einführung in das Symposium 220

SASCHA BERNHOLT, CHRISTINE KÖHLER & KAROLINA BROMAN

Die Verständnisentwicklung zentraler Fachkonzepte im Chemieunterricht der Sekundarstufe 223

KATRIN WEBER, MARKUS EMDEN & ELKE SUMFLETH

Entwicklung von Fachwissen im Basiskonzept „Chemische Reaktion“ 226

DAVID HADINEK, KNUT NEUMANN & SUSANNE WEßNIGK

Entwicklung eines integrierten Verständnisses des Energiekonzepts 229

JOACHIM HAUPT & VOLKHARD NORDMEIER

Nichtlineare Physik Experimentierset – oder: „Wie kommen neue Inhalte in die Schule?“ 232

HANNES SANDER & DIETMAR HÖTTECKE

Rekonstruktion der Kontexteinflüsse beim Urteilen und Entscheiden 235

MALTE BUCHHOLZ, HELEN KROFTA, VOLKHARD NORDMEIER & CARSTEN SCHULTE

Kompetenzen für Bildung für Nachhaltige Entwicklung in der ersten Phase der Lehramtsausbildung 238

Vortragsblock E

KORNELIA MÖLLER, ILONCA HARDY, PETER LABUDDE, MIRIAM LEUCHTER, MIRJAM STEFFENSKY, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER & RITA WODZINSKI

Einführung in das Symposium; Stufenübergreifendes Lernen von Naturwissenschaften fördern: Durch abgestimmte Lernmaterialien und begleitende Fortbildungen 241

KORNELIA MÖLLER

Stufenübergreifendes Lernen fördern – Problem, Ziele, Konzept, Projektaufbau 243

MIRJAM STEFFENSKY, ILONCA HARDY, KORNELIA MÖLLER, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER & RITA WODZINSKI

Stufenübergreifender Aufbau inhaltsbezogener Kompetenz 246

CLAUDIA VON AUFSCHNAITER, RITA WODZINSKI & ANDREAS VORHOLZER

Stufenübergreifender Aufbau prozessbezogener Kompetenzen 249

PETER LABUDDE & ELMAR SOUVIGNIER

Implementierung stufenübergreifender Curricula: Das MINTeinander-Projekt 252

WIEBKE MUSOLD & BURKHARD PRIEMER

Wie bearbeiten Schülerinnen und Schüler Rohdaten aus Experimenten? 255

LISA STINKEN

Selbstkonzept von Lernenden beim Abschätzen physikalischer Größen 258

OXANA KORSAK, SASCHA BERNHOLT & MATTHIAS VON ARX

Empirische Überprüfung eines Modells zur Aufgabenschwierigkeit im Kompetenzbereich "Ordnen, Strukturieren, Modellieren" in der Chemie 261

NINA SKORSETZ & MANUELA WELZEL-BREUER

Aufmerksamkeit von Vorschulkindern beim strukturierten Explorieren 264

MARCEL BULLINGER & ERICH STARAUSCHEK

Fördert instrumentelles Handeln das Physiklernen in der Primarstufe? – Ergebnisse einer Pilotstudie – 267

MAREIKE BOHRMANN & KORNELIA MÖLLER

Förderung experimenteller Kompetenzen im Sachunterricht der 3. Klasse 270

PHILIPP GALOW & HILDE KÖSTER

Naturwissenschaftsbezogene Experimentier- und Argumentationsqualität bei Grundschulpädagogikstudierenden 273

ANNA WINDT & STEFAN RUMANN

EuLe: Planung, Durchführung & Reflexion von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst 276

ANNA HASENKAMP, ANNA WINDT & STEFAN RUMANN

Qualität der Sachunterrichtsplanung im Vorbereitungsdienst 278

SARAH RAU, ANNA WINDT & STEFAN RUMANN

Veränderung der Qualität von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst 281

ANNA WINDT & GERLINDE LENSKE

Qualität der Sachunterrichtsreflexion im Vorbereitungsdienst 284

JANNE KRÜGER & DIETMAR HÖTTECKE

Schülerperspektive auf die diachrone Natur der Naturwissenschaften - Gruppierung von Orientierungsrahmen 287

HANNO MICHEL, IRENE NEUMANN & THILO KLEICKMANN

Der Zusammenhang zwischen NOS-Verständnis und Energiekonzept 290

SANDRA HUBRICHT & BERND RALLE

Interessierte Schüler/innen im Schülerlabor identifizieren und fördern 293

HEIKE ITZEK-GREULICH, CHRISTIAN VOLLMER & ULRICH TRAUTWEIN

MINT-Förderprogramm für begabte Grundschulkinder in Baden-Württemberg: Ergebnisse einer Interventionsstudie mit Kontrollgruppe 296

Vortragsblock F

JULIA KOBBE, JENNA KOENEN & STEFAN RUMANN

Piktoriale Literalität und Problemlösen: Evaluation eines Trainings 299

EDUARD KRAUSE

Physikalische und mathematische Kompetenzen in Schulaufgaben 302

STEPHANIE TRUMP & ANDREAS BOROWSKI

Modellieren physikalischer Problemstellungen – Zwischen Strukturiertheit und Individualität 305

MARIE-ANNETTE GEYER & GESCHE POSPIECH

Eine explorative Laborstudie: Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 308

NICOLE GRAULICH & GAUTAM BHATTACHARYYA

Das Eisbergphänomen in der Organischen Chemie 311

ANDREAS HELZEL & KARSTEN RINCKE

Bohrs Alternativen: Anstoß zu einer Diskussion 313

STEFAN ANTHOFER & OLIVER TEPNER

Experimentell-fachdidaktisches Wissen und Handeln von Chemie-Lehramtsstudierenden 316

MAIKE BUSKER & MONIKA BUDDE

Förderung von fachsprachlicher Textkompetenz in der Lehrerinnenbildung im Fach Chemie 319

HANNE RAUTENSTRAUCH & MAIKE BUSKER

Erhebung des (Fach-)Sprachstands v. Lehramtsstudierenden im Fach Chemie 322

SILVIJA MARKIC

Lernen der Sprache und über die Kultur im Chemieunterricht 325

KATRIN BÖLSTERLI, JOCHEN SCHEID & MATTHIAS HOESLI

Ist die Schulbuchnutzung & -zufriedenheit der Lehrer stufenabhängig? 328

THOMAS PLOTZ & MARTIN HOPF

Gefährlichkeit von elektromagnetischer Strahlung 331

FRIEDERIKE ROHRBACH & ANNETTE MAROHN

Schülervorstellungen: Forschend verstehen und handeln Lernen 334

Vortragsblock G

CLAUDIA MEINHARDT, THORID RABE & OLAF KREY

Selbstwirksamkeitserwartungen (angehender) Physiklehrkräfte: Ausgewählte Ergebnisse einer Validierungsstudie 337

SUSAN FRIED, FLORIAN TREISCH, MARKUS ELSHOLZ & THOMAS TREFZGER

Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor -Die Anwendung physikdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Labor 340

ANJA GÖHRING & JULIA HAASE (GEB. SCHÖNHOFER)

Selbstbestimmtes Lernen im Sachunterricht der Grundschule 343

CARINA GEHLEN & MAIK WALPUSKI

Untersuchung der Kompetenzstruktur im Bereich Erkenntnisgewinnung 346

PATRIK VOGT, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & JÖRG WITTWER

Physik erleben! Beeinflusst die Körperwahrnehmung das Physik-Lernen? 349

PETER WULFF, KNUT NEUMANN & STEFAN PETERSEN

Beating the Odds in Physics Competitions? Schülerinnen in der Physikolympiade 352

KATHRIN STECKENMESSER-SANDER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER

Geschlechtsspezifische Unterschiede beim Experimentieren 355

ALEXANDER MOLZ, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER

Lehren, Lernen & Forschen im Physik-Schülerlabor iPhysicsLab 358

TOBIAS MÜHLENBRUCH & VOLKHARD NORDMEIER

Design-Based Research im Praktikum – Untersuchung der Usability und Wirksamkeit einer neuen IBE-Generation 361

THOMAS WILHELM & MARLENE SCHIEL

Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule 364

DANIEL LAUMANN & STEFAN HEUSLER
Welche Stoffe sind „nicht“ magnetisch? 367

SUSANNE METZGER, MAJA BRÜCKMANN & EVA KÖLBACH
ESPri: Energiestudie zu Vorstellungen & Kontexten in der Primarschule 370

MARKUS PESCHEL
Energie als Perspektivenvernetzender Themenbereich im Sachunterricht 373

Poster

GOTTFRIED MERZYN
Wolfgang Bleichroth - 1923 – 2014 376

ELKE SUMFLETH & DETLEV LEUTNER
Akademisches Lernen und Studienerfolg (FG-ALSTER) 379

THERESA DICKE, DANIEL AVERBECK, ELKE SUMFLETH, DETLEV LEUTNER & MATTHIAS BRAND
Zentrale Datenerhebung und fächervergleichende Auswertung (ALSTER) 380

DANIEL AVERBECK, THERESA DICKE, ELKE SUMFLETH, DETLEV LEUTNER & MATTHIAS BRAND
Chemiebezogene und vergleichende Analysen zu Studienerfolgsprädiktoren 383

JULIA WALDEYER, DETLEV LEUTNER & JOACHIM WIRTH
Ressourcenmanagementstrategien in der Studieneingangsphase ALSTER Teilprojekt B 386

JOACHIM MÜLLER, ELMAR DAMMANN, HANS E. FISCHER, MARTIN LANG, ANDREAS BOROWSKI, AXEL LORKE & JOCHEN MENKENHAGEN
Physikalisch-mathematische Modellierung in der Physik und im Bauingenieurwesen als Prädiktor für Studienerfolg 389

THOMAS DICKMANN, MARIA OPFERMANN, STEFAN RUMANN, ELMAR DAMMANN, MARTIN LANG & CARSTEN SCHMUCK
Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie 392

TORSTEN BINDER, PHILIPP SCHMIEMANN, HEIKE THEYßEN, ANGELA SANDMANN & BERND SURES
Fachspezifisches Vorwissen und Studienerfolg in Biologie und Physik 395

LEONARD BÜSCH & HEIDRUN HEINKE

Auf dem Weg zu attraktiven interaktiven Versuchsanleitungen 398

MICHAEL URBANGER & ANDREAS KOMETZ

Mobiles Lernen im Chemieunterricht – Eine Einführung 401

JIRKA MÜLLER, ANDREAS BOROWSKI & UTA MAGDANS

Forschend-Entdeckendes Lernen mit dem Smartphone ---- FELS ---- 404

NINA WILLE, TOBIAS MÜHLENBRUCH & VOLKHARD NORDMEIER

Entwicklung eines Leitfadens zur Wirksamkeitsprüfung von Interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) 407

ALEXANDER KOCH, IRENE FELCHLIN, CLAUDIA STÜBI & PETER LABUDDE

Entwicklungsverläufe im Modellversuch Swiss Science Education 410

IRENE FELCHLIN, ALEXANDER KOCH, CLAUDIA STÜBI & PETER LABUDDE

Erfassung der Lernfreude bei Kindern der 1./2. Klasse 413

IVANO LAUDONIA, MORITZ KRAUSE & INGO EILKS

Lehrerzentrierte Aktionsforschung zur Entwicklung und Implementation einer Unterrichtseinheit in einer Schweizer Berufsfachschule 416

CORINNA TSCHENTSCHER, CORINNA ERFMANN & ROLAND BERGER

Training zur Verbesserung der Erklärqualität 419

DAGMAR MICHNA & INSA MELLE

Inklusiver Chemieunterricht in der Sekundarstufe I - Konzeption und Evaluation 422

JANINA ADERHOLD & VOLKER WOEST

Nachhaltigkeit als interdisziplinäres Thema und Ziel im naturwissenschaftlichen Unterricht 425

MAREIKE GÖBEL & MARTIN GRÖGER

Kautschuk und Inulin aus Löwenzahn im Chemieunterricht selbst gewinnen 428

TIM RESCHKE, JENNA KOENEN & ELKE SUMFLETH

Lernen mit chemiebezogenen Lesegeschichten 431

ANDREAS KRAL, CHRISTIAN THEIS & HEIDRUN HEINKE

Die photonenzählende Kamera als Einstieg in die Quantenphysik 434

NELSON RAJENDRAN & ANDREAS KOMETZ

Kulinarische Chemie - Experimente zum Aufessen 437

VANESSA PUPKOWSKI, ELKE SUMFLETH & MAIK WALPUSKI

Der Einfluss motivationaler Faktoren auf Chemiekompetenzmessungen 440

MARVIN ROST & RÜDIGER TIEMANN

Modellbildung als Mittel der Erkenntnisgewinnung – Eine Reviewstudie 443

ROSWITHA AVALOS ORTIZ & ILSE BARTOSCH

Entscheiden & Urteilen zu nachhaltigem Einsatz von Energie 446

RICHARD SEEFELDT, HANNES SANDER & DIETMAR HÖTTECKE

Klimawandel bewerten: Tiefenstrukturanalyse einer Gruppendiskussion 449

MANJA ERB & CLAUS BOLTE

Kompetenzen im Bereich naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Vergleich 452

MARIAN BUSCH & VOLKER WOEST

Kompetenzentwicklung im fächerübergreifenden Unterricht - eine replikative Querschnittsuntersuchung- 455

ANN-KATHRIN BERETZ, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER & SOPHIE KIRSCHNER

Videoanalyse zum Aufbau diagnostischer Kompetenz im Lehramtsstudium Mathematik und Physik 458

DANIEL KOST, SOPHIE KIRSCHNER, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER & KATJA LENGNINK

Reflexion im Schulpraktikum - Pilotstudie 461

JOOST MASSOLT, ANDREAS BOROWSKI & STEPHANIE TRUMP

Mathematisches Modellieren im Physikunterricht Erfolgreiche SuS vs. Nicht-erfolgreiche SuS 464

ANNA NOWAK, STEPHANIE TRUMP & ANDREAS BOROWSKI

Mathematisches Modellieren im Physikunterricht der Sekundarstufe II 467

SEBASTIAN HABIG, HELENA VAN VORST & ELKE SUMFLETH

Optimierung des Kontexteinsatzes im Chemieunterricht 470

NICOLE KOHNEN, HENDRIK HÄRTIG, SASCHA BERNHOLT & JAN RETELSDORF

Naturwissenschaftsbezogenes Textverständnis als Interaktion von Personen- und Textmerkmalen 473

JANET BLANKENBURG, KAROLINA BROMAN & ILKA PARCHMANN

Interesse an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten – Das RIASEC+N Modell 476

LUZIE SEMMLER & VERENA PIETZNER

Untersuchung von Auffassungen zur Kreativität mit Concept Maps 479

MICHAEL ALBERTUS & CLAUS BOLTE

„Berufe-NaWigator“: Berufsorientierende Potenziale im Chemieunterricht 482

NINA BERTELS & CLAUS BOLTE

Pfadanalytisch identifizierte Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlabsichten von Schülerinnen und Schülern 485

FIONA AFFELDT, SILVIJA MARKIC, ANTJE SIOL, INGO EILKS, SABINE FEY, JOHANNES HUWER, ROLF HEMPELMANN, MICHAEL URBANGER

Schülerlaborangebote zur Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung für alle Schülerinnen und Schüler 488

MARCUS BOHN & MANUELA WELZEL-BREUER

Zum Streben nach Erkenntnis und Selbstständigkeit hochbegabter Kinder 491

STEFFEN SMOOR & MICHAEL KOMOREK

Forschendes Lernen von Lehramt Physik-Studierenden im Lehr-Lern-Labor 494

PHILIPP SPITZER & MARTIN GRÖGER

Zum Lernen im Freilandlabor: Eine Evaluationsstudie 497

ANITA JEREMIAS & ANDREAS KOMETZ

Außerschulisches Experimentieren – ein Schülerlabor im Schullandheim 500

FABIAN LEIß, RALF DETEMPLE & HEIDRUN HEINKE

Wie arbeiten Wissenschaftler? - Antworten aus dem Schülerlabor 503

JULIA WOITHE, SASCHA SCHMELING, JOCHEN KUHN & ANDREAS MÜLLER

Konzepttest für Teilchenphysik im Forschungsumfeld Schülerlabor 506

ILSE BARTOSCH

SOLARbrunn – Lernen in einem authentischen lokalen Kontext 509

FRIEDHELM KÄPNICK, MICHAEL KOMOREK, MIRIAM LEUCHTER, VOLKHARD NORDMEIER, ILKA PARCHMANN, BURKHARD PRIEMER, BJÖRN RISCH, JÜRGEN ROTH

Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore 512

ANNIKA DIEHL & MARKUS PESCHEL

(Erneuerbare) Energie im Grundschullabor für Offenes Experimentieren 515

BERND STILLER, JURIK STILLER & JAANA STILLER

Experimente zur Meteorologie am authentischen Forschungsort Wettermuseum Lindenberg 518

LENNART KIMPEL & ELKE SUMFLETH

Chemieaufgaben - Mathematisierung als schwierigkeitserzeugender Faktor 521

STEFAN SORGE, KNUT NEUMANN & STEFAN PETERSEN

Die Bedeutung kognitiver Voraussetzungen für den Studienerfolg 524

JOHN HAMACHER, JAN ERKELENZ & HEIDRUN HEINKE

Lehrvideos zum Umgang mit Messdaten 527

ANN-KATHRIN SCHLÜTER & INSA MELLE

Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Chemieunterricht 530

CAROLIN MEYER, MIRJAM STEFFENSKY & ILKA PARCHMANN

Entwicklung des chemiedidaktischen Wissens von Lehramtsstudierenden 533

GERFRIED WIENER, SASCHA SCHMELING & MARTIN HOPF

Akzeptanzbefragungen als LehrerInnenfortbildung 536

JENS KLINGHAMMER, THORID RABE & OLAF KREY

Vorstellungsveränderungen durch erste Unterrichtserfahrungen? 539

CHRISTINA KOBL & OLIVER TEPNER

Entwicklung und Evaluation der Reflexionskompetenz von Chemie-Lehramtsstudierenden 542

SABINE STRELLER & CLAUS BOLTE

Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern – vom Lerner zum Multiplikator 545

UWE LÜTTGENS, ANDREAS NEHRING & RÜDIGER TIEMANN

Videovignetten als chemiespezifisches Instrument zur Lehrerbildung: Entwicklung und Einsatz in der ersten und zweiten Ausbildungsphase 548

OLAF UHDEN, DIETMAR HÖTTECKE, KATRIN BUTH & HENNING MORITZ

FOBANOS – Forschungsorientierte Bachelorarbeit mit Nature of Science Ein Kooperationsprojekt zwischen Fach und Fachdidaktik 551

HILDA SCHEUERMANN & MATHIAS ROPOHL

Inwiefern fördern Rückmeldungen die Kompetenz Experimente zu planen? 554

LAURA MUTH & ROGER ERB

Einfluss der Auswertephase beim Experimentieren im Physikunterricht auf den Fachwissenszuwachs und die experimentelle Kompetenz 557

HILDE KÖSTER, JAN STEGER, TOBIAS MEHRTENS & PHILIPP GALOW

Inquiry Based Science Learning mit Experimentierkästen Anpassung traditioneller Lernumgebungen an moderne Anforderungen an naturwissenschaftlichen (Sach-) Unterricht 560

MARTIN LINDNER & SANDRA RUDOLPH

SciVis – Making Science Visible Improvement of interactive methods to understand natural science and technological improvement 563

JULIA BEHLE & THOMAS WILHELM

Neue Technologien gegen den Rohstoffmangel - ein Experimentierworkshop 566

THOMAS ELERT & MAIK WALPUSKI

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Vorwissen, Zielorientierung und Praktikumserfolg 569

ELINA PLATOVA & MAIK WALPUSKI

Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung 572

MARKUS EMDEN & ARMIN BAUR

Lehrerbildung: Schulwerkstatt ‚Erkenntnisorientiertes Experimentieren‘ 575

FLORIAN TREISCH, THOMAS TREFZGER & SUSAN FRIED

Untersuchung der professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor Seminar 578

RENÉ DOHRMANN & VOLKHARD NORDMEIER

Professionalisierung im Lehr-Lern-Labor Physik 581

CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER & STEFANIE MAYR

Vorstellung von PädagogInnen zum „Forschenden Lernen“ 584

JENNA KOENEN & RÜDIGER TIEMANN

Das Fachdidaktische Curriculum der Graduiertenschule SALSA 587

BENEDIKT KÄMPER, SIMON ZANDER, DOMINIK BURES, HEIKO KRABBE & HANS E. FISCHER

Kodierverfahren für lernprozessorientierte Unterrichtsequenzierung 590

WIEBKE JANßEN & GESCHE POSPIECH

Lehrer sprechen in und über Formeln 593

SARAH ARETZ, ANDREAS BOROWSKI & SASCHA SCHMELING

Schülervorstellungen zur Urknalltheorie 596

MARTIN ERIK HORN

Zur Wirkung von Blades und Non-Blades 599

CHRISTIAN HAUSEN, RAINER WACKERMANN & HEIKO KRABBE

Einfluss von 90-minütigen Unterrichtsstunden auf die Qualität von Physikunterricht 602

MICHAEL SZOGS, FRIEDERIKE KORNECK, MARVIN KRÜGER, LARS OETTINGHAUS & MAREIKE KUNTER

Kognitive Aktivierung in standardisierten Unterrichtsminiaturen 605

JUSTUS SAMAN ZOKAIE, LARS OETTINGHAUS, FRIEDERIKE KORNECK & MAREIKE KUNTER

Veränderungen von Lehrerüberzeugungen durch Microteaching 608

Autorenverzeichnis 611

Christian Maurer Geschäftsführer der GDCP

Vorwort

Die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) fand vom 14. bis zum 17. September 2015 an der Humboldt-Universität zu Berlin statt. Das Tagungsthema lautete:

Authentizität und Lernen - Das Fach in der Fachdidaktik

Dieses Thema prägte insbesondere die vier Plenarbeiträge. Reinders Duit vom IPN Kiel eröffnete den inhaltlichen Teil der Tagung indem er die Rolle des Faches in der Fachdidaktik auf Basis des Modells der Didaktischen Rekonstruktion sowie der internationalen Diskussion zu Shulman's PCK (Pedagogical Content Knowledge) näher beleuchtete. Der Titel dieses Vortrags lautete „Zur Rolle des Faches Physik beim Lehren und Lernen von Physik". Am Tagungsdienstag folgte Justin Dillon von der University of Bristol mit seinem Beitrag: „The contribution of science education to the education of future citizens facing wicked problems: Issues of authenticity, values and pedagogy". Rainer Müller von der Technischen Universität Braunschweig referierte am folgenden Tag über "Die Quantenphysik im Spannungsfeld zwischen Fachlichkeit, empirischer Forschung und Schulpraxis". Der vierte Plenarvortrag „Von auftauchenden Sektperlen, verschwindenden Kristallformen und Sir Williams Bart" stammte von Klaus Roth von der Freien Universität Berlin und thematisierte chemisch-physikalische Grundlagen ausgewählter alltagsrelevanter Prozesse. Über die Plenarbeiträge hinaus trugen zahlreiche weitere Vorträge und Poster zum Tagungsthema bei.
Neben den Plenarreferierenden haben weitere Autorinnen und Autoren ihre Beiträge für den Tagungsband ausgearbeitet. Diese insgesamt 199 Beiträge repräsentieren die fachdidaktischen Arbeiten, die in Berlin im Rahmen von Gruppenvorträgen, Einzelvorträgen, Workshops und Postern präsentiert wurden. Allen Autorinnen und Autoren gilt mein ausdrücklicher Dank für die Mitarbeit an diesem Band.
Im Rückblick auf die hervorragend organisierte Tagung gilt mein herzlicher Dank den Organisatorinnen und Organisatoren, allen voran Rüdiger Tiemann, Petra Esperling und Jenna Koenen. Unterstützt von zahlreichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern haben Sie maßgeblich zum Gelingen der Tagung beigetragen. Ein besonderer Dank gilt ebenfalls der Humboldt-Universität zu Berlin als gastgebender Institution sowie der Bayer Science & Education Foundation und der VERBI Software Consult Sozialforschung GmbH als Sponsoren der Tagung, die großzügig die Durchführung der Tagung unterstützt haben. Ferner möchte ich Johanna Böhm herzlich für die Unterstützung der redaktionellen Arbeit an diesem Band danken.

Regensburg, im Februar 2016 CM

Karsten Rincke Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Sprecher des Vorstands

Einleitung

Ureigene Aufgabe der Lehre über die Lehre des Faches (Fachdidaktik) ist es, zu zeigen, wie Gegenstände des Faches für ausgewählte Adressatengruppen aufzuschließen und lernbar zu machen sind. Dabei stehen Fach und Fachdidaktik in einer Beziehung, die nie zur Ruhe kommt: Gehen wir bei unseren Überlegungen, wie der Gegenstand aufzuschließen sei, vom Fachlichen oder zuerst von den Adressatinnen und Adressaten aus? Auch im persönlichen Miteinander erleben die, die mit der Lehre von Chemie oder Physik befasst sind, ein wechselvolles Verhältnis zwischen dem Fach und seiner Didaktik, wenn etwa fachliche Ansprüche und die Frage, was lernbar sei und zur Bildung beitrage, in Gesprächen in Kollegien an Schulen oder Universitäten immer wieder neu ausbalanciert werden. In seinem Plenarvortrag *Zur Rolle des Faches Physik beim Lehren und Lernen von Physik* setzte sich Reinders Duit mit der wechselvollen Beziehung zwischen dem Fach und seiner Didaktik auseinander. Am Beispiel des Modells der Didaktischen Rekonstruktion zeigte er, wie Überlegungen zum Fach und solche zu den Möglichkeiten der Lernbarkeit und der Voraussetzungen, die Schülerinnen und Schüler in die Situation einbringen, einander bedingen und in unseren Überlegungen um die Vorherrschaft ringen. Als Ergebnis resultiert ein fachdidaktisch begründetes Unterrichtskonzept, das die Beziehung zwischen Fach und Fachdidaktik in eine produktive Spannung transformiert, der sich Schülerinnen und Schüler ausgesetzt sehen: Lernen soll ermöglicht sein durch ein Sich-Recken, so das alte Motiv.
Fachdidaktische Konzepte werden dabei nicht einfach durch einen Abgleich von allgemein akzeptierten fachlichen Wissensbeständen mit den Lernvoraussetzungen von Schülerinnen und Schülern gewonnen, wenngleich dieser Abgleich ein entscheidender Vorgang ist. Fachdidaktische Konzepte sind stets auch Abbild dessen, was als elementar im Sinne von Grund-legend und zur Bildung beitragend angesehen wird. Sie sind also auch Ergebnis von Hierarchisierungen und Bewertungen, die sich nicht innerhalb eines rein fachlichen Bezugsrahmens vornehmen lassen: Die Fachdidaktik zwingt gleichermaßen zur Nähe und zur Distanz zum Fach. Dass die damit verbundenen Aushandlungsprozesse eine scharfe Form annehmen können, illustrierte Reinders Duit durch die Bezugnahme auf die in den Jahren ab 2012 geführte Kontroverse um den Karlsruher Physikkurs.
Rainer Müller stellte in seinem Vortrag *Die Quantenphysik im Spannungsfeld zwischen Fachlichkeit, empirischer Forschung und Schulpraxis* zunächst das Münchner Konzept für den Unterricht über Quantenphysik vor, dessen Entwicklung über zwei Dekaden in die Vergangenheit reicht. An seinem Beispiel konnte er die oben erwähnte Bedeutung von Entscheidungen zu Hierarchisierungen und Bewertungen verdeutlichen, die auf der Seite der Gestalter eines Konzepts vorgenommen werden müssen – hier die Entscheidung, welche Aspekte der Quantenphysik als wesentlich angesehen und damit zum fachlichen Kern des Unterrichts emporgehoben werden. Das Münchner Konzept ist gut erprobt und, ursprünglich an Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe adressiert, auch für den Unterricht in der Mittelstufe transformiert worden. Rainer Müller arbeitete in seinem Vortrag jedoch auch heraus, dass die Anreicherung eines Konzepts mit allgemein als lernwirksam erkannten Aspekten nicht dazu führen muss, dass die Wirksamkeit eines Konzepts zunehme, sondern dass oft ein umgekehrter Effekt beobachtet werden kann. In seinem Vortrag entwickelte Rainer Müller eine Interpretation auf der Basis der Cognitive-Load-Theory, die die Hinzunahme solcher vermeintlich lernwirksamer Aspekte als kognitive Überlastung

erscheinen lassen und damit begreiflich machen. Auch der Versuch, Inhalte in authentische Kontexte einzurahmen, kann einem solchen Problem unterliegen.
Authentizität und Lernen stehen also offenbar in einer ähnlich spannungsvollen Beziehung wie Fach und Fachdidaktik. Justin Dillon arbeitete in seinem Vortrag *The contribution of science education to the education of future citizens facing wicked problems: Issues of authenticity, values and pedagogy* heraus, dass die bedeutungsvolle Bezugnahme auf authentische Kontexte ein wichtiges Element einer Naturwissenschaftsdidaktik sein muss, die einen Beitrag zur Grundbildung leistet und sich damit auch der Herausforderung stellt, junge Menschen auf die Bearbeitung komplexer Probleme unserer Zivilisation vorzubereiten: Der Klimawandel, der Rückgang der Biodiversität oder die Sicherung der Nahrungsmittelquellen bilden komplex strukturierte Problemlagen, die auch unter naturwissenschaftlicher Perspektive bearbeitet und bewertet werden müssen. Ein Unterricht, der hierzu eine Beziehung aufnimmt, wird einer breit geteilten Erwartung gerecht und läuft gleichzeitig Gefahr, die ohnehin komplexen Inhalte des Faches weiter zu verhüllen.
Justin Dillon setzte sich mit der Frage auseinander, was unter Authentizität verstanden werden kann und arbeitete in seinem Vortrag die Bedeutung von Museen für die Arbeit an lebensweltbezogenen Fragestellungen heraus. Im günstigen Fall können die Stärken inner- und außerschulischer Angebote gemeinsam das Lernen von Naturwissenschaft vorantreiben.
Klaus Roth nahm in seinem Vortrag das Auditorium "Von auftauchenden Sektperlen, verschwindenden Kristallformen und Sir Williams Bart" auf eine Reise, die zunächst in die Welt des rein Fachlichen zu zielen schien. Seine Berichte zu den nachgerade schicksalhaften Verzweiflungen einzelner Menschen oder großer Wirtschaftsunternehmen im Angesicht ihres Scheiterns beim Wachsen bestimmter Kristalle, zeigte: Auch bei gut verstandener Theorie können sich das einzelne Experiment oder eine Produktion im industriellen Maßstab, die eben noch kontrollierbar erschienen, unserem Zugriff entziehen, weil die Kontrolle von Parametern niemals perfekt gelingt. Die Frage, inwiefern Fachliches als verstanden gilt und inwiefern es sich damit auch der Kontrolle im Experiment öffnet, wurde zu einem anregenden und unterhaltsamen Motiv des Vortrags.
Das Thema der Tagung wurde weiterhin in zahlreichen Kurzvorträgen berührt. Hervorgehoben sei der Workshop *Fachlichkeit der Fachdidaktik - Standortbestimmung und Perspektiven* (Horst Schecker, Ilka Parchmann, Erich Starauschek), in dem sich zahlreiche engagierte Diskutanten mit ihren Perspektiven auf die Rolle des Fachs in der Fachdidaktik auseinandersetzten. Die Lebhaftigkeit, mit der hier diskutiert wurde, mag als Indiz dafür gewertet werden, dass das Thema der Tagung auf vielfältige Fragen bezogen werden kann, die in unserer Wissenschaftsgemeinschaft als für die Weiterentwicklung der Disziplin der Fachdidaktik relevant angesehen werden. Insgesamt bot die Tagung für die Auseinandersetzung mit solchen Fragen reichhaltige Anlässe.
Allen, die mit ihren Vorträgen und Postern, aber nicht weniger mit ihrer Aufmerksamkeit und ihren Fragen und Hinweisen zum Gelingen beigetragen haben, sei an dieser Stelle im Namen des Vorstands der GDCP ausdrücklich gedankt. Ein besonderer Dank gilt der örtlichen Tagungsleitung mit ihren Mitarbeitenden, die mit Engagement, Vorausschau und Fürsorge die gelingende Tagung überhaupt erst ermöglicht haben!

Reinders Duit IPN Kiel

Zur Rolle des Faches Physik beim Lehren und Lernen von Physik

Das zentrale Thema dieser Tagung lautet: *Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik*. Ich befasse mich mit den traditionellen Inhalten, den fachlichen Begriffen und Prinzipien, mit Vorstellungen *über* die Natur der Naturwissenschaften (*Nature of Science*) und schließlich mit Sichtweisen zur Rolle naturwissenschaftlichen Wissens im Alltag und im gesellschaftlichen Raum. Es geht mir um die folgenden Aspekte:

(1) Sehen sich Physiklehrkräfte vor allem als Anwälte des Faches oder der Schülerinnen und Schüler?

Man wird einwenden, dass sich Lehrkräfte immer in beiden Rollen sehen, nämlich als Vermittler fachlichen Wissens, das so aufzubereiten ist, dass Schülerinnen und Schüler es verstehen können und ihnen bewusst wird, warum und wozu ein bestimmter Inhalt gelernt werden soll. Folglich sind immer beide Aspekte beteiligt - mit unterschiedlicher Gewichtung allerdings.

(2) Fach und Didaktik des Faches – ein (bisweilen) schwieriges Verhältnis

Hier geht es um ein notorisch schwieriges und häufig konfliktbeladenes Abstimmen von fachlichen Aspekten (vertreten von Fachphysikern) und didaktischen sowie pädagogischen Gesichtspunkten (vertreten von Fachdidaktikern, Allgemeindidaktikern, Pädagogen, Erziehungswissenschaftlern und Psychologen). Diese Abstimmung ist nicht selten ein Kurs, der einer Entscheidung zwischen Pest und Cholera vergleichbar ist oder in einem anderen Bild ausgedrückt, ein Kurs zwischen Skylla und Charybdis. Der Kurs, der zum Beispiel zu einem tragfähigen Begriff der Energie führt, muss, so scheint es, in manchen Fällen „Umwege“ einschließen. Was als physikalisch falsch bezeichnet wird, hat nicht selten mit dem Bemühen zu tun, einen Weg zu finden, der gewissermaßen über „halbrichtige“ Zwischenstufen zum Begriff führt, der aus physikalischer Sicht richtig ist. Die Didaktik (einschließlich der Fachdidaktiken) hat sich intensiv mit diesem Problem befasst – und hat Konzepte wie *Elementarisierung*, *Didaktische Reduktion* oder *Didaktische Rekonstruktion* entwickelt, wie ihm begegnet werden kann.

(3) Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Didaktische Analysen zum fachlichen Verständnis naturwissenschaftlicher Begriffe sowie von Denk- und Arbeitsweisen

Dieses Modell wurde in der *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (ZfDN) im Jahre 1997 von Ulrich Kattmann (Didaktik der Biologie), Reinders Duit (Didaktik der Physik), Harald Gropengießer (Didaktik der Biologie) und Michael Komorek (Didaktik der Physik) publiziert (Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1997). Bei späteren Weiterentwicklungen des Modells kam Ilka Parchman (Didaktik der Chemie) als Mitautorin hinzu (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek, & Parchmann, 2012). Das Modell interpretiert die deutsche Didaktiktradition naturwissenschaftsdidaktisch. Es geht davon aus, dass der fachliche Inhalt (also Begriffe und Prinzipien, aber auch Sichtweisen zur Natur der Naturwissenschaften) nicht „direkt“ vermittelt werden kann, sondern einen Prozess der Didaktischen Rekonstruktion durchlaufen muss, bei dem die Analyse der fachlichen Sachstruktur mit Analysen der Schülerperspektiven eng verbunden ist. Es wird illustriert, wie das Modell als Orientierung für Unterrichtsplanung und empirische fachdidaktische Forschung im Sinne von *Design Based Research* (Cobb et al, 2003) dienen kann.

Sehen sich Physiklehrkräfte vor allem als Anwälte des Faches oder der Schülerinnen und Schüler?

Leider scheint es keine „belastbaren“ empirischen Untersuchungen zu geben, die verlässlich Auskunft darüber geben, wie sich die Physiklehrkräfte sehen und wie sich diese Sicht seit der Geburt der Fachdidaktiken Anfang der 1970er Jahre bis heute verändert hat. Ich muss deshalb in dieser Frage auf *„anekdotische“ Evidenz* zurückgreifen.

Anfangs der 1970er Jahre besuchten Walter Westphal (damals Leiter der Abteilung Didaktik der Physik des IPN) und ich eine Tagung der Fachleiter für Physik an Gymnasien. Wir diskutierten, in welcher Rolle sich Physiklehrer sehen bzw. sehen sollten: Vorwiegend als *Lehrer* oder als *Physiker* – pointiert, Lehrer mit Index Physiker oder Physiker mit Index Lehrer. Allein diese Unterscheidung zu machen, wurde empört zurückgewiesen und hat uns als Physikdidaktiker unter den Fachleitern sicher keine Pluspunkte gebracht. Erfahrungen in den *BiQua* Projekten und dem Projekt Physik im Kontext – mehr als 30 Jahre später – zeigen, dass sich die Zeiten inzwischen deutlich gewandelt haben. Die meisten Lehrkräfte sehen sich heute offenbar in beiden Rollen – allerdings mit unterschiedlichen Schwerpunkten.

Fach und Didaktik des Faches – ein (bisweilen) schwieriges Verhältnis

Seit der Geburt der modernen Fachdidaktik Ende der 1960er / Anfang der 1970er Jahre gibt es mehr oder weniger heftige Diskussionen über Bemühungen der Fachdidaktik, schwierige wissenschaftliche Zusammenhänge Schülerinnen und Schülern sowie Studentinnen und Studenten verständlich zu machen. Was aus Sicht der Fachphysik als falsch (oder zumindest bedenklich erscheint), erweist sich häufig als notwendiges bzw. sinnvolles, Zwischenstadium auf dem Wege zu einem vollen Verständnis physikalischer Begriffe und Prinzipien sowie Denk- und Arbeitsweisen dieser Wissenschaft. Physik, wie jede andere Wissenschaft auch, lässt sich nicht „direkt“ vermitteln, sondern es bedarf in der Regel einer schrittweisen Annäherung durch zunehmend „physikalischere“ Rekonstruktionen. Man belegt sie in der Fachdidaktik mit unterschiedlichen Termini, wie *Didaktische Reduktion*, *Elementarisierung* oder *Didaktische Rekonstruktion*. Was auf den ersten Blick als physikalisch falsch erscheint, erweist sich in vielen Fällen bei genauerer Analyse als ein notwendiger Zwischenschritt – auch wenn er zunächst als Umweg erscheint.

Ich erinnere mich noch sehr gut an eine heftige Auseinandersetzung in den 1980er Jahren mit einem einflussreichen Mitglied des Sachverständigenrats des IPN (einem Physiker) zu einem Physikkurs für die Sekundarstufe I, den wir entwickelt hatten. Ihm war nicht verständlich zu machen, dass Schülerinnen und Schülern in vielen Fällen die aktuelle physikalische Sicht nicht *direkt* vermittelt werden kann, sondern dass Zwischenschritte nötig sind, um am Ende eines meist langen Lernwegs zum vollen Verständnis der Physik durchzudringen. Ich erinnere mich weiterhin an eine Sitzung der physikalischen Fakultät der Universität Kiel (anlässlich einer Habilitation), in der ein führender Vertreter der Theorie nicht-linearer Systeme mir vorhielt, dass ich so komplizierte Versuche zur Illustration des chaotischen Verhaltens bestimmter deterministisch chaotischer Systeme entwickelt habe. Es reiche, die zentrale Gleichung anzusehen, dann erkenne man alles Wichtige. Schließlich möchte ich eine anders gelagerte Erinnerung anfügen. Walter Jung hatte mich aufgrund meiner Habilitationsschrift „Der Energiebegriff im Physikunterricht“ (Duit, 1986) zum deutschen „Energiepabst“ ernannt. Anlässlich einer Begutachtung, so wurde mir bekannt, habe ein Gutachter in seiner Stellungnahme geltend gemacht, dass die Arbeit gravierende Mängel habe. Ich vermute, dass bestimmte didaktische Reduktionen bzw. Rekonstruktionen zu diesem Urteil geführt haben.

Ein aktueller Konflikt von Fachphysik und Didaktik – Zur Diskussion über den Karlsruher Physikkurs

Eklatante Unterschiede zwischen Einschätzungen der Fachphysik und Fachdidaktik zeigten sich im Falle des Karlsruher Physikkurses. Am 28. Februar 2013 publizierte die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) ein „*Gutachten über den Karlsruher Physikkurs*“ (DPG, 2013), der u.a. die folgende Passage enthält:

„Der KPK vermittelt kein zutreffendes Weltbild. Zugunsten einer didaktischen Überzeugung führt er fragwürdige neue Konzepte ein, ignoriert oder verbiegt experimentelle Tatsachen und nimmt irreführende Analogien ebenso wie falsche Darstellungen in Kauf. Keine physikalische Ausbildung darf sich so etwas erlauben. Der KPK ist als Grundlage eines physikalischen Unterrichts ebenso ungeeignet wie als Leitlinie zur Formulierung physikalischer Lehr- und Bildungspläne. Wir empfehlen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft mit allem Nachdruck dafür einzutreten, dass der KPK nicht in der physikalischen Ausbildung verwendet wird.“

Ansprechpartner des Gutachtens war StD Rudolf Lehn, DPG-Vorstandsmitglied für das Ressort Schule. Zu den Mitgliedern der Gutachtergruppe zählten Physiker und Gymnasiallehrer für Physik. Ein Fachdidaktiker, der sich mit empirischen Untersuchungen zum Lehren und Lernen des KPK und dem internationalen Stand der fachdidaktischen Forschung zum Lehrern und Lernen der Physik auskennt, fehlt im Gutachterkreis. „Bemerkenswert“ ist z.B. die Auffassung eines der Gutachter, des Dortmunder Physikers Metin Tolan, zur Rolle der empirischen Lehr-Lern-Forschung (Tolan, 2014):

„In der Physik verzetteln sich die meisten Didaktiker in ‚Lehr-Lern-Forschung‘, die zum Ziel hat, herauszufinden, wie Schüler lernen. Dabei handelt es sich eher um ein Gebiet weit außerhalb der Physik, als um ein Gebiet der Physik, welches sich an den hohen Standards des Faches orientiert. Meistens sind die Ergebnisse dieser Lehr-Lern-Forschung entweder unbrauchbar oder trivial wie die Erkenntnis, dass im Physikunterricht mehr experimentiert werden sollte – wer hätte das gedacht bei einer empirischen Naturwissenschaft.“

Metin Tolan hat im Jahre 2003 den mit 50.000 € dotierten, von der DFG ausgeschriebenen Communikatorpreis gewonnen – für sein Engagement für physikalische Ideen in der Öffentlichkeit. Dabei geht es um seine weit bekannten Versuche, Sport- und Science-Fiction -Filme mit Hilfe der Physik zu erklären. Zweifellos ist dies ein interessantes Vorhaben, für viele Schülerinnen und Schüler sicher auch ein spannendes Unterfangen. Allerdings wäre es interessant zu evaluieren, inwieweit die Schülerinnen und Schüler verstehen, was Metin Tolan zu erreichen beabsichtigt.

Was den KPK angeht, so bin ich mit dem Kurs gut vertraut, habe an verschiedenen Veranstaltungen zum Kurs teilgenommen und habe eine kleine Interviewstudie zum Verständnis des Energiebegriffs im Rahmen des KPK durchgeführt (Kesidou & Duit, 1991). Dabei wurde deutlich, dass die nach dem KPK unterrichteten Schülerinnen und Schüler einen kleinen Vorteil hinsichtlich ihres Verständnisses des Energiebegriffs (verglichen mit traditionell unterrichteten Schülern) hatten. Die von mir betreute Dissertation von Erich Starauschek (Starauschek, 2001) kam zu einem ähnlich differenzierten Ergebnis. Im „Klappentext“ seiner Dissertation heißt es:
„Vergleichende Tests zeigen, dass die Lernergebnisse der Schüler, die nach dem Karlsruher Physikkurs unterrichtet werden, in der Mechanik und der Elektrizitätslehre den Ergebnissen der traditionell unterrichteten Schüler ähneln. In der Wärmelehre hingegen weisen die Ergebnisse beim Karlsruher Kurs häufiger als im traditionellen Unterricht auf

Konzeptwechselprozesse hin. Bei den Mädchen verändern sich auch Einstellungen zum Physikunterricht. In der Regel mögen Mädchen keinen Physikunterricht. Sie glauben, dass sie Physik nicht verstehen können. Mädchen, die nach dem KPK Kurs unterrichtet werden, sagen: Physik ist zwar das Fach, das ich am wenigsten mag. Im Unterricht bin ich aber gar nicht so schlecht, und das Physikbuch lässt sich gut gebrauchen."

Um nicht missverstanden zu werden: Es gibt für mich im KPK eine Reihe von problematischen Auffassungen und Konzeptualisierungen – wie zum Beispiel das Konzept des Impulsstroms als Pendant zum herkömmlichen Kraftbegriff. Weiterhin ist z.B. die Gleichsetzung des physikalischen Entropiebegriffs mit dem Alltagsbegriff Wärme nicht sinnvoll – einfach deshalb, weil das Wort *Wärme* im Alltag viele sehr unterschiedliche Bedeutungen hat. Unter ihnen gibt es, das sei zugestanden, auch „Anklänge" an den Entropiebegriff.

Als Physikdidaktiker, der sich seit den 1970er Jahren mit dem Lernen des Energiebegriffs beschäftigt hat, will ich betonen, dass ich durch die Auseinandersetzung mit dem KPK viel über den Energiebegriff und seine Vermittlung im Unterricht gelernt habe. Dies hat zur Ausschärfung meiner Sicht wesentlich beigetragen. Karsten Rincke und Christoph Strunk haben mit ihren aktuellen Beiträgen aus meiner Sicht wichtige Grundlagen für die weiteren – hoffentlich rationalen – Diskussionen zum KPK gelegt (s. Rincke, 2014; Strunk & Rincke (n.d.).

Elementarisierung – Didaktische Reduktion – Didaktische Rekonstruktion

Es ist bereits betont worden, dass fachliches Wissen nicht „direkt" an die Schülerinnen und Schüler weitergegeben werden kann, sondern dass dieses Wissen ausgehend von den „Alltagsvorstellungen" der Schülerinnen und Schüler in einem normalerweise langfristigen Prozess entwickelt werden muss. Dieser Prozess steht im Zentrum vieler didaktischer Bemühungen – mit durchaus unterschiedlichen Akzenten.

Der Terminus „Elementarisierung" geht auf Johann Heinrich Pestalozzi (1746 – 1827) zurück. Er meinte, es gäbe eine elementare, „naturgemäße", Methode, Lehrstoffe in Elemente zu zerlegen – eine Auffassung, der man sich aus heutiger Sicht nicht anschließen kann. Für eine detaillierte Übersicht über das Thema „*Elementarisierung und Didaktische Rekonstruktion*" sei auf das gleichnamige Kapitel aus der *Physikdidaktik* von Kircher, Girwidz und Häußler (2015; pp. 107 – 139) verwiesen.

Wolfgang Bleichroth (1991) hat sich umfassend mit dem Begriff Elementarisierung auseinander gesetzt und unterscheidet drei Aspekte: Elementarisierung (a) als *Vereinfachung*, (b) als *Bestimmung des Elementaren* und (c) als *Zerlegung in (methodische) Elemente*. Diese Unterscheidung wird im Wesentlichen von Hopf, Schecker, und Wiesner (2011) übernommen.

Walter Jung hat anfangs der 1970er Jahre auf einem IPN Seminar zum Thema „*Sachstrukturen im naturwissenschaftlichen Unterricht*" (Jung, 1972) die folgenden „*Arten der Vereinfachung*" vorgeschlagen, die ebenfalls nach wie vor zum Grundkanon fachdidaktischen Wissens zählen:

- Reduktion auf das Qualitative
- Vernachlässigung
- Rückgriff auf frühere historische Entwicklungsstufen
- Generalisierung
- Partikularisierung
- Vereinfachung von Begrifflichen Differenzierungen
- Reduktion auf das Elementare oder Prinzipielle

Der Terminus „*Didaktische Reduktion*“ wird, so scheint es, in der fachdidaktischen Diskussion bisweilen mit einer eher simplen Vereinfachung in Verbindung gebracht. Grüner (1967) verwendet diesen Terminus. Allerdings diskutiert er das enge Zusammenspiel von „*Fachlicher Richtigkeit*“, „*Fachlicher Ausbaufähigkeit*“ und „*Angemessenheit*“ für die Lernenden sehr detailliert.

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (MER)

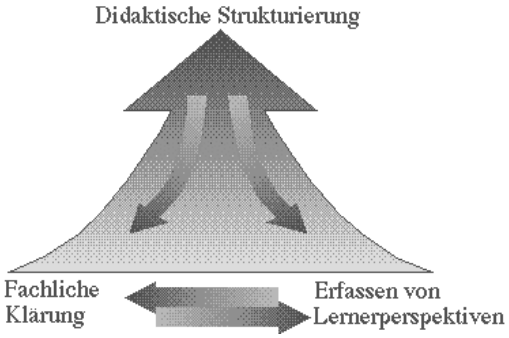


Abb. 1 Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek (1997,4)

Ulrich Kattmann (Universität Oldenburg) und Reinders Duit (IPN Kiel) haben das Modell Anfang der 1990er Jahre gemeinsam mit ihren damaligen Doktoranden Harald Gropengießer und Michael Komorek entwickelt. Ulrich Kattmann und Reinders Duit trafen sich in Arbeitskreisen zur Entwicklung von Projektanträgen an die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Ziel dieser von Jürgen Baumert und Manfred Prenzel auf den Weg gebrachten Initiative war es, eine enge Kooperation von Erziehungswissenschaft und Fachdidaktik zu etablieren. Sie führte einerseits zur Teilnahme von Deutschland an internationalen Vergleichsstudien wie TIMSS und PISA und andererseits zu groß angelegten Studien, wie BiQua (Bildungsqualität) und fachdidaktischen Projekten wie *Chemie im Kontext* und *Physik im Kontext*. Das „Programm“ des *Modells der didaktischen Rekonstruktion* wird in der Zusammenfassung des vorstehend genannten Artikels aus dem Jahr 1997 wie folgt skizziert:

Fachliche Klärung ist ein wichtiger Teil fachdidaktischer Arbeit, wenn es gilt, Unterricht über einen bestimmten Inhalt (wie Evolution, Photosynthese oder Energie) zu entwickeln. Nicht selten aber ist dieser Klärungsprozess vorwiegend oder gar vollständig von fachlichen Aspekten bestimmt. Weitere zentrale Bestimmungsstücke des Unterrichts wie seine Ziele oder die Perspektiven der Lernenden (u.a. ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen zum in Rede stehenden Inhalt und ihre Einstellungen und Interessen) werden bestenfalls in Betracht gezogen, wenn die fachliche Klärung abgeschlossen ist. Im Modell der Didaktischen Rekonstruktion, das wir hier zur Diskussion stellen, werden alle zentralen Bestimmungsstücke des Unterrichts in eine Balance gebracht. Hermeneutisch-analytische Forschung zur fachlichen Klärung sind eng verbunden mit empirischen Untersuchungen zu Schülerperspektiven (insbesondere zu ihren vorunterrichtlichen Vorstellungen und Lernprozessen) und mit der Konstruktion von Unterricht.

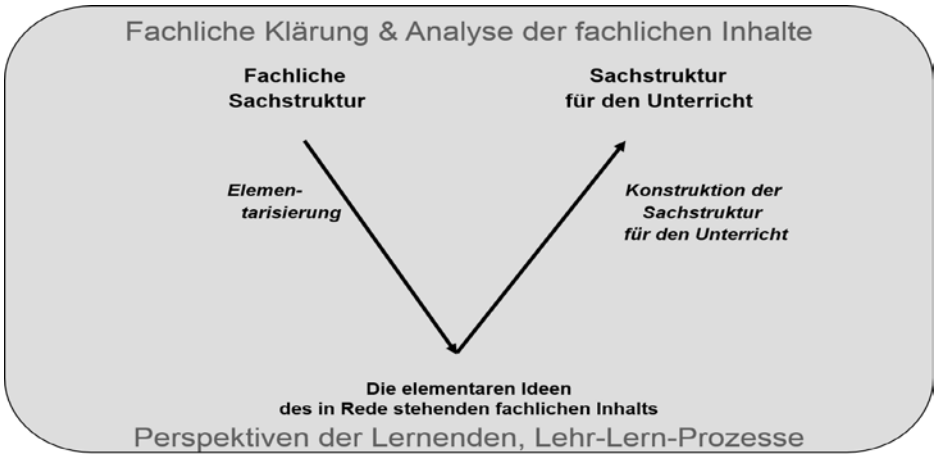


Abb. 2

Zentrale Ideen des MER sind in Abb. 2 zusammengefasst (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek, & Parchmann, 2012). Es gilt, in einem ersten Schritt die „elementaren Ideen“ des in Rede stehenden Inhalts zu identifizieren und in einem zweiten Schritt zur Konstruktion der Sachstruktur *für* den Unterricht zu nutzen. Peter Fensham sieht den Clou des MER wie folgt: „ … *the necessity to rethink science content and to view it also as problematic – and not only the way content is taught and to reconstruct it from educational perspectives* (Fensham, 1991).

Das MER ist zunächst als Modell zur Unterrichtsplanung entwickelt worden. Es kann aber auch – ganz analog – als Modell zur Planung der Lehrerbildung dienen (van Dijk & Kattmann, 2007). Zu beachten ist, dass es sich beim MER um ein *theoretisches* Modell handelt. Es muss stimmig – auf dem Hintergrund theoretischer Positionen zum Lehren und Lernen – sein. Es lässt sich allerdings empirisch nicht im strengen Sinne bestätigen.

Das Modell basiert auf *moderat konstruktivistischen* Sichtweisen vom Lehren und Lernen, fußt auf der großen Zahl von Studien zu „Schülervorstellungen“ (s. Bibliographie STCSE, 2008 – mit rund 8.000 Einträgen) und es handelt sich um „*Entwicklungsforschung*“ im Sinne von *Design Based Research* (z.B. Cobb et al., 2003). Es kann genutzt werden, um *zentrale Aufgabenfelder fachdidaktischer Forschung* zu kennzeichnen (Duit, 2007):

- Fachliche Klärung: Kritische Analyse des Fachlichen; Elementarisierungen
- Didaktische Analyse: Untersuchungen zu den Zielen des Unterricht
- Lehr-Lern-Forschung
- Forschungsbasierte Entwicklung & Evaluation
- Fachdidaktische Curriculumforschung

Es basiert schließlich auf der deutschen *Didaktiktradition*, d.h. integriert zum Beispiel wesentliche Aspekte von *Klafkis Ansatz der Didaktischen Analyse* (Klafki, 1969) und dem *Strukturmomentemodell der Berliner Schule* (Heimann, Otto und Schulz, 1969) und damit auf zwei „klassischen“ Ansätzen der deutschen Didaktik. Während sich Klafki’s Ansatz im Wesentlichen auf die Ziele von Unterricht und Schule bezieht, geht es beim Strukturmomente-Modell der Berliner Schule um das Zusammenspiel von Zielen, Inhalten, Methoden und Medien des Unterrichts. Für kritische Anmerkungen und Analysen zur deutschen Didaktiktradition aus internationaler Sicht sei auf die Arbeiten von Wickmann

(2014) sowie Duschl, Maeng & Sezen (2011) verwiesen. Zu beachten ist, dass der in Deutschland gängige Terminus *Sachstruktur* (der *fachlichen* Sachstruktur wie der Sachstruktur *für den Unterricht*) auf der internationalen Ebene häufig auf Verständnisschwierigkeiten stößt und deshalb im internationalen Raum ausführlich erläutert werden muss.

Wie bereits erwähnt, ist das MER in den frühen 1990er Jahren entwickelt worden. Es gab zunächst einige Einwände und Vorbehalte auf Seiten der Erziehungswissenschaft. Die erste Publikation zum Modell in der *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (*ZfDN*) im Jahre 1997 ist mit rund 290 Zitaten bei Google Scholar zur meist zitierten Arbeit dieser Zeitschrift geworden. Englisch-sprachige Publikationen (1996 und 2005) erreichten 94 bzw. 146 Zitationen. Im deutsch-sprachigen Raum ist das Modell zum „Standard" im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik geworden. Im Promotionsprogramm PRODID der Universität Oldenburg[1] hat es als theoretische Grundlage eines langjährigen Programms mit insgesamt 45 Arbeiten zur Didaktischen Rekonstruktion quer durch alle Schulfächer gedient. Insgesamt betrachtet, ist das MER als theoretische Grundlage für eine Reihe von fachdidaktischen Studien gewählt worden. Einige Beispiele sind: Hahn und Prediger (2008) haben einen Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion der Analysis vorgelegt, Theyßen (1999) und Neumann (2004) haben das MER verwendet, um physikalische Praktika zu analysieren, Reinfried, Mathis & Kattmann (2009) um Unterricht im Bereich der Geografie zu planen. Diethelm, Hubwieser und Klaus (2012) verwendeten das Modell als Grundlage ihres Ansatzes für „Computer Science Education", Wilhelm (2012) als theoretische Grundlage seines Ansatzes zum kompetenzorientierten Unterricht.

Transposition Didactique

Wie bereits erwähnt, hat Wickmann (2014) eine umfangreiche Analyse von Varianten europäischer Didaktikansätze diskutiert. Unter ihnen spielt das französische Konzept „*Transposition Didactique*" (Chevallard, 2007) eine besondere Rolle. Achiam (2014) hat die zentralen Gedanken des Konzepts in der folgenden Grafik zusammengefasst:

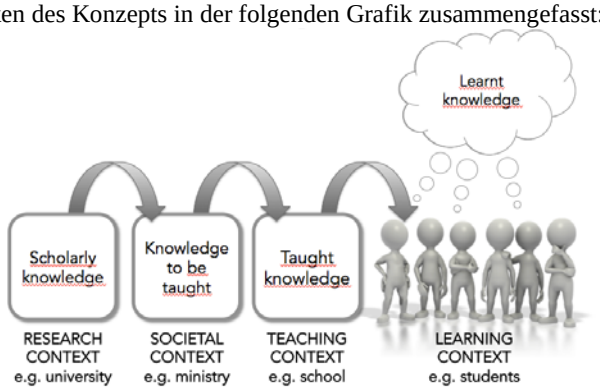


Abb. 3

Der Kerngedanke ist derselbe wie beim Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Fachliches Wissen kann nicht direkt vermittelt werden, sondern muss so an die Adressaten angepasst werden, dass eine Chance zum Verständnis besteht.

[1] https://www.uni-oldenburg.de/diz/promotionsprogramme/prodid-didaktische-rekonstruktion/

Zusammenfassung und Ausblick

Im hier vorliegenden Beitrag geht es um das alte Problem, dass fachliche Begriffe und Prinzipien nicht direkt, quasi Eins-Zu-Eins an Lernende vermittelt werden können, sondern dass in aller Regel didaktische Rekonstruktionen nötig sind, um sie den Lernenden verständlich zu machen. In Kürze: *Lernen bedeutet nicht Übernahme von fachlichem Wissen, sondern Neukonstruktion der Lernenden*. Es liegt eine große Anzahl von Untersuchungen vor, wie mit Hilfe des Modells der Didaktischen Rekonstruktion (MER) zu naturwissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien Unterricht entwickelt und evaluiert werden kann. Allerdings gibt es bisher kein Werk, das für die wichtigsten Begriffe, Prinzipien und Sichtweisen zur Natur der Naturwissenschaften und Aspekten des PCK Hinweise und Anregungen für die Schulpraxis gibt, wie der Prozess der Didaktischen Rekonstruktion ablaufen kann und darauf fußende konkrete Anregungen für die Unterrichtspraxis bereitstellt.

Peter Labudde und Kornelia Möller (2012) haben in einem Übersichtsartikel zum „*Naturwissenschaftlichen Unterricht*“ in der *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften* zur Rolle des Modells der Didaktischen Rekonstruktion das folgende Fazit gezogen:

“Das Modell wurde vielfach aufgegriffen: Der Artikel von Kattmann et al. gehört zu den meist zitierten deutschsprachigen fachdidaktischen Publikationen und dient vielen Forschungsarbeiten als methodische Grundlage. Auch die Professionalisierung von Lehrpersonen im Rahmen der Aus- und Weiterbildung erhielt durch das Modell wichtige Impulse.”

“Aus der Forschungsperspektive bestehen folgende Desiderata: Die Ausdifferenzierung des Modells; das Einbeziehen weiterer Perspektiven, z.B. von Zielen, Kompetenzen, Unterrichtsmethoden, Sozialformen und Beurteilungsformen; die Implementation der didaktischen Rekonstruktion in die Curricula der Lehreraus- und Weiterbildung und die Evaluation der Wirkung rekonstruierter Unterrichtsszenarien.”

Diesem Fazit ist aus meiner Sicht nichts hinzuzufügen. Es wäre sehr zu wünschen, dass sich an der Weiterentwicklung des MER Kolleginnen und Kollegen beteiligen, die nicht zum Kreis der „Erfinder“ des Modells zählen.

Literatur

Achiam, M. (2014). Didactic transposition: From theoretical notion to research programme. Paper presented at the biannual ESERA (European Science Education Research Association) Doctoral Summer School. August 25-29, Kappadokya, Turkey.

Chevellard, Y. (2007). Readjusting didactics to a changing epistemology. *European Educational Research Journal, Volume* 2, 131-134.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher,* 32, 1, 9-13.

Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Unterricht Physik*, März 1991.

Diethelm, I., Hubwieser, P., & Klaus, R. (2012). *Students, teachers and phenomena: Educational reconstruction for computer science education.* Proceedings of the 12th Kolo Calling International Conference on Computing Education Research (pp. 164-173). New York, USA.

Duit, R. (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Kiel: IPN.

Duit, R. (2007). Zum Stand der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum. Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. In D. Höttecke, Hrsg, *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich* (pp. 81-97). Gesellschaft für die Didaktik der Naturwissenschaften (GDCP), Band 27. Berlin: Lit Verlag.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – a framework for improving teaching and learning science. In Jorde, D. & Dillon, J., Eds.,

Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective, 2012. Rotterdam: Sense Publ., 13-37.

Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences. A review and analysis. *Studies in Science Education*, 47:2, 123 – 182.

DPG – Deutsche Physikalische Gesellschaft (2013). *Gutachten über den Karlsruher Physikkurs*. Bad Honnef: DPG.

Fensham, P. (1991). Science content as problematic – issues for research. In H. Behrend et al., Eds., *Research in science education – past present, and future* (pp. 27-41). Dordrecht, The Netherlands.

Grüner, G. (1967). Die didaktische Reduktion als Kernstück der Didaktik**.** *Die Deutsche Schule.*

Hahn, S. & Prediger, S. (2008). Bestand und Änderung – Ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion der Analysis. *Journal für Mathematikdidaktik*, 29, pp. 163-198.

Heimann,P., Otto, G., & Schulz, W. (1969). *Unterricht – Analyse und Planung* (4. Aufl.), Hannover: Schroedel.

Hopf, M., Schecker, H., & Wiesner, H. (2011). *Physikdidaktik* Kompakt. Aulis Verlag in der Stark Verlagsgesellschaft.

Jung, W. (1972). *Fachliche Zulässigkeit aus didaktischer Sicht*. Arbeitspapier. IPN Seminar 2 zum Thema „Sachstrukturen im naturwissenschaftlichen Unterricht".

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, Heft 3, 3-18.

Kesidou, S., Duit, R. Wärme, Energie, Irreversibilität - Schülervorstellungen im herkömmlichen Unterricht und im Karlsruher Ansatz. *physica didactica* 18, Heft 2/3, 1991, 57-75.

Klafki, W. (1969). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung. In H. Roth & A. Blumental, Hrsg., *Auswahl, Didaktische Analyse* (pp. 5-34). Hannover: Schroedel.

Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P., Hrsg. (2015). *Physikdidaktik – Theorie und Praxis. Kap. 4 „Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion"* (pp. 107 – 140). Berlin-Heidelberg: Springer.

Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 11-36.

Neumann, K. (2004). *Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*. Berlin: Logos Verlag.

Reinfried, S., Mathis, C., & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27 (3), 404-414.

Rincke, K. (2014). *Die Deutsche Physikalische Gesellschaft und ihr Verhältnis zur Didaktik der Physik. Fünf Thesen und ihre Resonanz*. Arbeitspapier: Institut für Didaktik der Physik der Universität Regensburg (http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:355-epub-310161).

Starauschek, E. (2001). *Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs: Ergebnisse einer Evaluationsstudie*. Berlin: Logos Verlag (Einband/Rückseite).

STCSE (2008). *Bibliography: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. IPN – Institute for Science and Mathematics Education, Kiel.

Strunk, C. & Rincke, K. (2014). Zum Gutachten der Deutschen Physikalischen Gesellschaft über den Karlsruher Physikkurs. Arbeitspapier: Institut für Didaktik der Physik der Universität Regensburg (http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:355-epub-300368).

Theysen, H. (1999). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin: Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines addressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*. Berlin: Logos Verlag.

Tolan, M. (2014). Das Lehren der Anderen. *Nachrichten aus der Chemie*, 62, Heft 4, April 2014, p. 399.

Van Dijk, E., & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 23, 885-897.

Wickmann, P.O. (2014). Teaching-Learning-Progressions – An international perspective. In Lederman, H. & Abell, S., Eds., *Research on science education*, Vol.II, pp. 145-163. New York: Routledge.

Wilhelm, M. (2012). Kompetenzorientierten Unterricht konzipieren – am Beispiel der Naturwissenschaften. Pädagogische Hochschule Luzern. http://www.researchgate.net/publication/259189428.

Rainer Müller TU Braunschweig

Die Quantenphysik im Spannungsfeld zwischen Fachlichkeit, empirischer Forschung und Schulpraxis

Die Quantenphysik ist ein Teilgebiet der Physik, das für die Fachdidaktik schon immer besondere Herausforderungen bereithielt. Dies hat mehrere Gründe. Erstens ist sie unbestritten eines der fachlich schwierigeren Gebiete der Physik; in ihrem Abstraktionsgrad vielleicht nur noch von der Thermodynamik übertroffen. Zweitens galt sie über viele Jahrzehnte als in wesentlichen Teilen begrifflich unverstanden, und zwar gerade in den Bereichen (wie z. B. dem Messprozess), die für eine Auseinandersetzung in der Schule besonders interessant sind. Und schließlich ist die Anbindung an die Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler schwierig: Es fehlen anschauliche Erfahrungen aus dem Alltag, an die man anknüpfen könnte, und quantenmechanische Experimente für die Schule sind rar, weil sie in der Regel ein Vakuum oder tiefe Temperaturen erfordern. Trotz dieser pessimistischen Zustandsbeschreibung besteht jedoch Anlass zu Hoffnung. Wie im vorliegenden Beitrag dargelegt werden soll, befindet sich die Didaktik der Quantenphysik gerade in einer Umbruchsituation, in der durch das neue Paradigma der Quanteninformation viele der beschriebenen Probleme gelindert werden können.

Ausgangspositionen

Ein bis heute ungelöstes fachdidaktisches Problem besteht darin, dass keine Einigkeit darüber erzielt werden konnte, welches die Inhalte und Kompetenzen sein sollten, die im Quantenphysik-Unterricht der Oberstufe vermittelt werden sollen (zur Legitimation des Quantenphysik-Unterrichts vgl. Müller, 2016). In den veröffentlichten Unterrichtsvorschlägen lassen sich im Wesentlichen vier verschiedene Zugangstypen identifizieren (vgl. Müller, 2003):

(1) *Historischer Zugang*: Hier ist hauptsächlich der „traditionelle Quantenphysik-Unterricht“ zu nennen, der sich über viele Jahre in der Schulpraxis tradiert hat und auf historischen Experimenten wie dem Photoeffekt aufbaut.

(2) *Konzentration auf die Prinzipien des quantenmechanischen Formalismus*: Der von Feynman (1992) vorgestellte Zeigerformalismus hat mehrere Versuche nach sich gezogen, diesen relativ einfach handhabbaren Formalismus auch für die Schule nutzbar zu machen (Küblbeck, 1997, Schön & Werner, 1998, Gehrmann & Rode, 1999). Auch das Berliner Unterrichtskonzept (Fischler & Lichtfeldt, 1994), das einen „Minimalzugang“ zur Quantenphysik bereitstellen will, ist am ehesten in diese Kategorie einzuordnen.

(3) *Quantenmechanik als Kontext*: Hier wird die Quantenmechanik in Kontexten, z. B. aus Technik oder Chemie, betrachtet. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang vor allem das Visual Quantum Mechanics Project von Zollman (Zollman, Rebello & Hogg, 2002). Auch das Bremer Unterrichtskonzept (Niedderer, 1992), das einen starken Bezug zu Atommodellen und damit zur Chemie herstellt, fällt in diese Kategorie.

(4) Beschäftigung mit den begrifflichen Fragen der Quantenphysik: Schließlich kann man in einem Unterrichtsgang zur Quantenphysik das Augenmerk auf die Interpretationsfragen legen – ein Unterfangen, das dadurch erschwert wird, dass die Interpretation der Quantenphysik auch in der Fachphysik noch heftig und kontrovers diskutiert wird. Hier setzt das Münchener Unterrichtskonzept (milq) an, dessen Entwicklung in den vergangenen fast 20 Jahren im Folgenden nachgezeichnet werden soll.

milq – Stationen eines Unterrichtskonzepts

Das milq-Konzept wurde seit Mitte der 1990er Jahre in München entwickelt und später an verschiedenen Standorten weiterentwickelt. Im Sinne eines Design-Based-Research-Ansatzes wurde es in verschiedenen Zyklen immer wieder neu überarbeitet und empirisch erprobt. Mit seiner Entstehung verknüpfte Namen sind Wiesner, Müller und Schorn in München, Engelhardt in Frankfurt, Küblbeck in Ludwigsburg, Dammaschke und Strahl in Braunschweig. Im milq-Konzept stehen die begrifflichen Fragen der Quantenphysik im Mittelpunkt. Den Schülerinnen und Schülern soll die Möglichkeit gegeben werden, sich mit dem Weltbild der modernen Physik auseinanderzusetzen. Das Konzept bezieht sich damit auf das Legitimationsargument für Physikunterricht, das im BLK-Gutachten von 1997 ausgesprochen wird: *„[Die] naturwissenschaftlichen Fächer [beziehen] ihre Daseinsberechtigung aus dem Umstand, dass sie unterschiedliche, wechselseitig nicht ersetzbare Wege des Weltverstehens ermöglichen. [...]. Die Physik hat wie keine andere Naturwissenschaft unsere Vorstellung von der Welt beeinflusst, [...] von dem, was ‚die Welt zusammenhält'"* (BLK, 1997). Dieser Grundansatz – eine wesentliche Aufgabe des Physikunterrichts darin zu sehen, die Begegnung mit der Physik als einer kulturellen Errungenschaft, die unser Verständnis der Welt prägt, zu ermöglichen – ist allen der folgenden Ausprägungen und Stationen gemeinsam, die das Konzept im Laufe der Zeit erfahren hat.

Station 1: Das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenphysik

Aus heutiger Perspektive ist es nötig, darauf hinzuweisen, dass die Entwicklung des Münchener Unterrichtskonzepts unter dem Paradigma der fachdidaktischen Forschung zu *Schülervorstellungen* stattfand. Das bedeutet: Im Vordergrund stand nicht allein der Gedanke des Kompetenzerwerbs (der natürlich auch immer angestrebt wurde), sondern die Auseinandersetzung mit den Vorstellungen, die die Schülerinnen und Schüler in den Unterricht bereits mitbringen und die durch den Unterricht in Richtung auf physikalisch angemessene Vorstellungen verändert werden sollen. Es liegt auf der Hand, dass Schülerinnen und Schüler aus ihrem Alltag keine Erfahrungen mit Quantenobjekten mitbringen und dass ihr Weltbild weitgehend von der klassischen Physik geprägt ist. Im Münchener Unterrichtskonzept (Müller & Wiesner, 2002) werden daher diejenigen Aspekte der Quantenphysik herausgestellt, die gegenüber diesen klassischen Vorstellungen das „ganz Neue" darstellen (z. B. das inhärent statistische und nichtdeterministische Verhalten von Quantenobjekten und das Nichtbesitzen von klassisch wohlbestimmten Eigenschaften wie Ort und Bahn).

Im Einklang damit wurde bei der Entwicklung des Konzepts großer Wert darauf gelegt, eine klare Deutung der Quantenphysik zu vermitteln. Begriffliche Klarheit stand im Vordergrund – schon allein deshalb, weil die Vermittlung quantenmechanisch adäquater Vorstellungen unter weitgehendem Verzicht auf den mathematischen Formalismus erfolgen muss. Die Leitlinien des Münchener Unterrichtskonzepts waren die folgenden:

- Es wird von bekannten Schülervorstellungen ausgegangen.
- Es werden Begriffe zur Verfügung gestellt, die ein qualitatives Verständnis der neuartigen Phänomene ermöglichen (z. B. Präparation von Eigenschaften).
- Es wird mit Simulationsprogrammen zu prototypischen Experimenten der Quantenphysik (Doppelspalt, Mach-Zehnder-Interferometer) gearbeitet.

Anlage und Evaluation des Münchener Unterrichtskonzepts sind in (Müller, 2003) umfassend dokumentiert. An dieser Stelle soll deshalb nur ein kurzer Überblick gegeben werden. Kernstück des Unterrichtskonzepts ist der qualitative Basiskurs, in dem die Grundprinzipien der Quantenmechanik anhand von interaktiven Simulationen vermittelt werden, die den Schülerinnen und Schülern auf ihren Computern zur Verfügung stehen.

Abb. 1: Aufbau des qualitativen Basiskurses

Im Sinne einer didaktischen Spirale werden die Grundprinzipien der Quantenphysik zweimal auf sich steigerndem begrifflichen Niveau durchlaufen (Abb. 1): zuerst mit Photonen im Mach-Zehnder-Interferometer, dann noch einmal mit Elektronen im Doppelspaltexperiment. Darauf aufbauend enthält der etwa 100-seitige Schülertext einen quantitativen Aufbaukurs, der für Leistungskurse gedacht war und der eine erste Einführung in die Grundzüge des quantenmechanischen Formalismus enthält. Dieser Teil des Konzepts wurde später nicht weiterverfolgt.

Um die Verbreitung des Unterrichtskonzepts zu erleichtern, wurde mit „milq“ eine umfangreiche Internetseite geschaffen, auf der die Materialien und die Simulations-programme zur Verfügung gestellt werden sowie eine „Führung“ durch den Kurs angeboten wird, bei der an zahlreichen Stellen durch ergänzende Links Hinweise zu fachlichen und unterrichtlichen Aspekten gegeben werden. Das inzwischen noch weiter ausgebaute Angebot ist unter www.milq-physik.de verfügbar.

Evaluation des Münchener Unterrichtskonzepts

Die zentrale empirische Frage bei der Entwicklung eines Unterrichtskonzept lautet: Werden die angestrebten Ziele erreicht? Im Fall der Quantenphysik ist diese Frage besonders schwierig zu beantworten, weil es – anders als in anderen Gebieten der Physik – bis heute keine gemeinsamen Standards gibt, auf die sich eine nationale oder internationale fachdidaktische Community geeinigt hätte. Es sind also selbstgesteckte Ziele, die in der Evaluation geprüft werden, und damit wird der Vergleich mit anderen Zugängen schwierig. Natürlich lässt sich mit qualitativen oder quantitativen Methoden feststellen, ob ein Erwerb von Wissen, Kompetenzen oder Vorstellungen stattgefunden hat. Dies ist aber eine recht banale Feststellung: Unterricht, der ganz ohne Wirkung auf die Lernenden bleibt, erscheint nur schwer vorstellbar. Das Ausmaß des Wissens-, Vorstellungs- oder Kompetenzerwerbs soll also quantifiziert werden, und dies bedeutet immer Vergleichen – entweder mit einem

akzeptierten Standard oder mit einer Vergleichsgruppe. Da es in der Quantenphysik keinen akzeptierten Standard gibt und im vorliegenden Fall jede Vergleichsgruppe nach anderen Zielsetzungen unterrichtet wurde, erscheint die Situation schwierig. Allenfalls eine qualitative oder quantitative Experten-Einschätzung der Schülerleistungen scheint möglich.

In der Evaluation des Münchener Unterrichtskonzepts wurde ein Mix aus qualitativen und quantitativen Methoden eingesetzt, um dieser Problematik zu begegnen. Mit Schülerinnen und Schülern aus Bayern, Hessen und Baden-Württemberg, die Grund- und Leistungskurse der Jahrgangsstufe 13 besuchten, wurden folgende Untersuchungen durchgeführt (dokumentiert in Müller, 2003):

- Akzeptanzbefragungen (Teaching Experiments; N = 8)
- Interviews zu Vorstellungen über Quantenphysik (N = 23)
- Fragebogen zu Vorstellungen (N = 60)
- zusätzlich Klausurergebnisse, mündliche Noten etc.

In den Akzeptanzbefragungen, die während der Entwicklung des Konzepts stattfanden, wurde überprüft, inwieweit die Argumentation am Doppelspaltexperiment (statistisches Verhalten, Welle-Teilchen-Problematik, Nichtbesitzen der Eigenschaft Ort) für Schülerinnen und Schüler verständlich ist. Den Probanden wurden in Einzelinterviews mit Hilfe des Simulationsprogramms Erklärungen zu den genannten Themen angeboten, die sie im Anschluss wiedergeben und erläutern sollten. Die Ergebnisse waren in hohem Maße erfreulich. Ernsthafte Verständnisschwierigkeiten konnten praktisch nicht festgestellt werden. Auf eine systematische Auswertung der Befragungen wurde daher verzichtet.

In der eigentlichen Erprobungsphase, die mit zwei Grundkursen und drei Leistungskursen durchgeführt wurde, kamen teilstrukturierte Interviews zum Einsatz, um die von den Schülerinnen und Schüler aufgebauten Vorstellungen nach Abschluss der Unterrichtseinheit qualitativ zu erfassen. Die Interviews umfassten die Themen *Wahrscheinlichkeitsdeutung*, *Atomvorstellung*, *Unbestimmtheitsrelation*, *Präparationsbegriff*, *Ortseigenschaft*, *Messpostulat* und *Überlagerungszustände*. Wie die Auswertung zeigt (Müller, 2003) konnten die Schülerinnen und Schüler zu fast allen der untersuchten Themen als gut zu bewertende quantenmechanische Argumentationen und Begründungen geben (mit einer Einschränkung im Bereich Ortseigenschaft, wo etwa ein Drittel der Probanden keine adäquate Argumentation geben konnte). Details der Auswertung mit Interviewauszügen finden sich in (Müller, 2003).

Um die Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler auch quantitativ zu untersuchen, wurde ein Vorstellungs-Fragebogen entworfen, der nach Abschluss der Unterrichtseinheit ausgefüllt wurde. Neben Fragen mit offener Antwortmöglichkeit enthielt er Aussagen zu den Themen *Atomvorstellung*, *Determinismus*, *Eigenschaftsbegriff* und *Unbestimmtheitsrelation*, die auf einer fünfstufigen Likert-Skala von 1 (trifft ganz genau zu) bis 5 (trifft gar nicht zu) beurteilt werden sollten. Um der oben angesprochenen Problematik des fehlenden Konsenses über die Zielsetzungen des Quantenphysik-Unterrichts zu begegnen, wurden 13 von 29 Items aus Tests *anderer* Autoren übernommen. Damit sollte sichergestellt werden, dass auch diejenigen Inhalte abgebildet werden, die von einem größeren Kreis fachdidaktischer Autoren als wesentliche Aussagen der Quantenmechanik angesehen werden. Im Einzelnen wurden Items aus Arbeiten von Ireson (Ireson, 2000) und Leisen (Leisen, 1999) übernommen, die zu den im Münchener Unterrichtskonzept behandelten Inhalten kompatibel waren.

	Versuchsgruppe	Vergleichsgruppe	Effektstärke
Atomvorstellung (6 Items)	+60,9	+40,8	0,65**
Determinismus (9 Items)	+51,6	+37,4	0,47*
Eigenschaftsbegriff (3 Items)	+71,6	+41,9	0,83***
Unbestimmtheitsrelation (10 Items)	+51,5	+30,2	0,92***
Gesamtindex (29 Items)	+55,8	+35,2	0,97***

Tabelle 1: Ergebnisse des Vorstellungsfragebogens für Versuchsgruppe und studentische Vergleichsgruppe

Wie weit die Ansichten über die in der Quantenphysik zu vermittelnden Inhalte dennoch auseinandergehen, zeigt der Vergleich mit dem mehrere Jahre später entwickelten „Quantum Mechanics Conceptual Survey“ (McKagan, Perkins & Wiemann, 2010), der auf völlig andere Aspekte der Quantenphysik (wie den Verlauf von Wellenfunktionen oder Energieniveaus) eingeht. Zwischen diesem Test und dem milq-Vorstellungsfragebogen existiert nur eine sehr geringe Schnittmenge an vergleichbaren Items.

Der Vorstellungsfragebogen wurde von 60 Schülerinnen und Schülern aus Bayern, Hessen und Baden-Württemberg der Jahrgangsstufe 13 (GK und LK) ausgefüllt, die nach dem Münchener Unterrichtskonzept unterrichtet worden waren. Aus den insgesamt 29 Items des Fragebogens wurden vier Indizes gebildet, entsprechend den vier genannten Themenbereichen. Zusätzlich wurde durch Mittelung über alle 29 Items ein Gesamtindex berechnet, der die quantenmechanische Adäquatheit der Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler mit einer einzigen Zahl erfassen und so ein Beurteilungskriterium für den Erfolg des Unterrichtskonzepts darstellen soll (Details in Müller, 2003). Sowohl der Gesamtindex als auch die Teilindizes wurden so skaliert, dass der Wert +100 für vollkommen adäquate quantenmechanische Vorstellungen steht, während –100 für gänzlich inadäquate Vorstellungen steht. In der Auswertung ergab sich für den Mittelwert des Gesamtindex für die untersuchte Schülergruppe ein Wert von +55,8 mit einer Standardabweichung von 19,5. Ein solch hoher Wert kann als Anzeichen dafür interpretieren werden, dass die Schülerinnen und Schüler im Verlauf des Unterrichtes erfolgreich die erwünschten quantenmechanischen Vorstellungen aufgebaut haben.

Trotz der nun schon mehrfach angesprochenen Vergleichbarkeitsproblematik wurde zur quantitativen Einschätzung der im Unterricht erzielten Resultate die Versuchsgruppe mit einer Gruppe von „Lernenden mit guten Physikkenntnissen“ verglichen. Dabei handelte es sich um 35 Studierende der LMU München (hauptsächlich Diplomstudiengang Physik), die die Vorlesung Physik II besuchten, noch keine universitäre Quantenphysik gehört hatten und in der Schule Physik in Grund- oder Leistungskurs besucht hatten. Es handelte sich somit um eine selektierte Gruppe, bei denen man zumindest nicht unterdurchschnittliche Leistungen erwarten konnte. Die Vorstellungen dieser Gruppe wurden mit denen der nach dem Münchener Unterrichtskonzept unterrichteten Schülerinnen und Schüler verglichen. Der Mittelwert des Vorstellungs-Gesamtindex lag in dieser Vergleichsgruppe bei +35,2, also um 20,6 Punkte niedriger als bei der Erprobungsgruppe. Der Unterschied ist statistisch höchst signifikant ($p < 0{,}1\%$). Die Effektstärke d beträgt 0,97; es handelt sich also um einen ausgesprochen großen Effekt. Auch die Unterschiede in den Einzelbereichen sind durchweg signifikant bis höchst signifikant mit mittleren bis großen Effektstärken (Tabelle 1).

Station 2: Wesenszüge der Quantenphysik
Eine nächste Entwicklungsstufe des milq-Konzepts war die Formulierung der „Wesenszüge der Quantenphysik“. Josef Küblbeck wies aus der Praxis des Umgangs mit milq darauf hin, dass es vorteilhaft wäre, den Schülerinnen und Schülern die Kernaussagen des Konzepts in prägnanter Form – gewissermaßen als Merksätze – zur Verfügung zu stellen. Küblbeck und Müller identifizierten daraufhin die folgenden vier Wesenszüge, die dem milq-Konzept zugrunde liegen und die nach unserer Auffassung auch tatsächlich das „Wesentliche“ der Quantenmechanik wiedergeben (Küblbeck & Müller, 2002):

- *Wesenszug 1 (Statistisches Verhalten)*: In der Quantenmechanik sind im Allgemeinen nur statistische Vorhersagen möglich.
- *Wesenszug 2 (Fähigkeit zur Interferenz)*: 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“.
- *Wesenszug 3 (Eindeutige Messergebnisse)*: Auch wenn ein Quantenobjekt in einem Zustand keinen festen Wert der gemessenen Größe hat, findet man immer ein eindeutiges Messergebnis (dies ist das Messpostulat der Quantenmechanik).
- *Wesenszug 4 (Komplementarität)*: Beispielhafte Formulierungen sind: „Welcher-Weg-Information und Interferenzmuster schließen sich aus“ oder „Quantenobjekte können nicht auf Ort und Impuls gleichzeitig präpariert werden.“

Nicht im milq-Konzept integriert, aber aus heutiger Sicht ebenfalls „wesentlich“ in der Quantenmechanik ist das Auftreten von verschränkten Quantenzuständen bei Systemen aus mehreren Quantenobjekten. In neueren didaktischen Konzeptionen, die die Quantenphysik über den Aspekt der Quanteninformation erschließen wollen, ist die Verschränkung von zentraler Bedeutung.

Station 3: Milq in der 10. Jahrgangsstufe
Seit 2004 ist das Thema „Wellenlehre und Einblick in die Quantenphysik“ im bayerischen Lehrplan für Gymnasien in der Jahrgangsstufe 10 verankert. Als Reaktion auf diese Neuerung wurde eine Abwandlung des milq-Konzepts für diese Jahrgangsstufe von Bernadette Schorn an der Universität München entwickelt und umfassend evaluiert (Wiesner & Schorn, 2015; Schorn, 2015). Das Ziel war, den Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I erste Einblicke in die Unterschiede zwischen klassischer Physik und Quantenphysik zu vermitteln. Im Mittelpunkt stand dabei der quantenmechanische Eigenschaftsbegriff, und zwar speziell die Einsicht, dass man Quantenobjekten nicht permanent (unabhängig von einer Messung) klassisch wohldefinierte Eigenschaften wie Ort oder Geschwindigkeit zuordnen kann.

Da in der Sekundarstufe I die Wellenlehre noch nicht vorausgesetzt werden kann, wird vor der Quantenphysik eine kurze Einführung in dieses Thema gegeben. Die Unterrichtseinheit von Schorn folgt damit der folgenden Gliederung: Wellen – Doppelspaltexperiment – Messen und Besitzen von Eigenschaften – Unbestimmtheitsrelation.

Der Kurs wurde an fünf bayerischen Gymnasien mit insgesamt 351 Schülerinnen und Schülern im Alter von 15 bis 18 Jahren evaluiert. Dabei wurden Fragebögen (Wissenstests sowie Fragen zu Interessantheit und Verständlichkeit der Inhalte) und Interviews eingesetzt (Schorn, 2015). Wegen der mangelnden Vergleichbarkeit wurde auf ein Kontroll-gruppendesign verzichtet. Die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler wurden in einem Vortest erhoben. Während des Kurses wurden in regelmäßigen Abständen insgesamt fünf Fragebögen mit inhaltlichen Fragen zu den behandelten Themen bearbeitet. Im letzten

Fragebogen sowie in den Interviews, die sich an die Unterrichtseinheit anschlossen, wurden Wissensdaten über die behandelten Themen, Interesse und Einschätzung des eigenen Lernerfolgs erhoben. Fünf Monate nach dem Unterricht wurde ein unangekündigter Nachtest durchgeführt.

Die Untersuchungsergebnisse sind erfreulich: Im Wissenstest erreichten die Schülerinnen und Schüler im Durchschnitt 73% der Höchstpunktzahl (und immerhin noch 56% im Nachtest). Bei der Beurteilung von Interessantheit und Verständlichkeit der Unterrichtseinheit wurden mittlere bis leicht positive Werte erreicht (Schorn, 2015).

Station 4: Schülerprogramm zur Quantenreflexion (SPQR)
In den zuvor dargestellten Entwicklungsstationen war das milq-Konzept in der Hauptsache an den Inhalten, also an der didaktisch rekonstruierten Sachstruktur der Quantenphysik, orientiert. Methodische Aspekte blieben fast völlig außer Acht. Deshalb sollte in einem weiteren Schritt auch dieser Bereich didaktisch einbezogen werden. Das „Schülerprogramm zur Quantenreflexion (SPQR)“, das von Thomas Dammaschke seit 2010 an der TU Braunschweig entwickelt wurde, verfolgte zwei Zielsetzungen: (1) *Schulpraktische Anpassung*: Die Inhalte von milq sollten an die Erfordernisse des niedersächsischen Kerncurriculums und der EPA angepasst werden. (2) *Methodische Anreicherung*: Das Augenmerk wurde stärker als bisher auf methodische Aspekte gelegt. Die Unterrichtseinheit wurde als Blended E-Learning mit Partnerarbeit und Plenumsphasen konzipiert und im Unterricht erprobt. Die Materialien zum Unterrichtskonzept sind auf der milq-Plattform abrufbar.

Die Schülerinnen und Schüler arbeiteten in der Unterrichtseinheit selbständig und in Partnerarbeit am Computer. In einzeln einsetzbaren Modulen setzten sie sich mit strukturierten Online-Aufgaben auseinander, oft im Umgang mit Simulationsprogrammen. Dabei wurden Merksätze, gestufte Hilfen und Anregungen zu Selbstevaluation zur Verfügung gestellt. Die erarbeiteten Ergebnisse wurden in Plenumsphasen vorgestellt und diskutiert. Lernprodukt der Unterrichtseinheit war ein individuelles Quanten-Portfolio.

An der Evaluation des Konzepts nahmen insgesamt 110 Schülerinnen und Schüler aus Braunschweiger Gymnasien teil, davon 3 Kurse auf erhöhtem Niveau (N=60) in der Erprobungsgruppe und 3 Kurse (gemischt, N=50) in der traditionell unterrichteten Kontrollgruppe. Untersucht wurden die quantenmechanischen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler (milq-Vorstellungsfragebogen), die intrinsische Motivation (KIM, Kurztest intrinsische Motivation (Wilde et al., 2009)) sowie die Selbstwirksamkeitserwartung (Schwarzer & Jerusalem, 1999). In keiner der untersuchten Variablen konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Erprobungs- und Kontrollgruppe festgestellt werden. Offenbar ist diese Variante des milq-Konzepts dem traditionellen Unterricht weder in Bezug auf Motivation noch auf Lernerfolg überlegen.

Reflexion: Cognitive Load
Treten wir an dieser Stelle zurück und reflektieren das letzte Ergebnis. In SPQR wurde ein inhaltlich vielfach erfolgreich erprobtes Konzept um methodische Aspekte angereichert, die – nach allem was wir zu wissen glauben – lernförderlich sein sollten. Es mutet schon überraschend an, wenn die Kombination aus beidem sich empirisch als *nicht* erfolgreicher erweist als traditioneller Unterricht.

Aus einer umfassenderen Perspektive ergibt sich ein differenzierteres Bild. Der Befund steht nämlich nicht alleine. In einer ganzen Reihe von (wegen mangelnden Erfolgs oft unveröffentlichten) Untersuchungen ist zu beobachten, dass die Hinzunahme intuitiv hilf-

reicher und pädagogisch begründeter methodischer Maßnahmen den Lernerfolg nicht im erwarteten Ausmaß steigert. Man muss dazu nicht nur auf die in Teilen doch überraschenden Ergebnisse der Hattie-Studie verweisen. Allein in der Braunschweiger Arbeitsgruppe zeigte sich ein solcher Effekt in mehreren Untersuchungen (meist Masterarbeiten): neben SPQR bei bestimmten Arten von kontextorientierten Aufgaben sowie beim Einsatz unterstützender Zusatzfragen beim Aufgabenlösen.

Auffallend ist, dass sich in den erwähnten Studien ein gemeinsames Muster finden lässt: Zwei Maßnahmen, die jeweils für sich genommen vorteilhaft sind, wirken nachteilig, wenn sie kombiniert werden. Es gilt gleichsam: „Gut + gut = schlecht“. In dieser Gemeinsamkeit der empirischen Befunde scheint sich ein allgemeiner Zusammenhang abzuzeichnen.

Nach meiner Meinung liefern die psychologischen Theorien von Cognitive Load und begrenztem Arbeitsgedächtnis einen vielversprechenden Rahmen zur Interpretation dieses allgemeinen Zusammenhangs. Nach der Cognitive Load Theory (Sweller 1994; Schnotz & Kürschner, 2007) wird der Wissenserwerb durch die begrenzte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses bei der Informationsverarbeitung und -speicherung behindert. Diese Begrenzung der Arbeitsgedächtnis-Kapazität ist schon in den 1950er Jahren durch eine Arbeit von Miller (Miller, 1956) als „magical number seven“ bekannt geworden (die Zahl der unabhängigen Informationseinheiten, die man kurzzeitig gleichzeitig im Gedächtnis behalten kann). In unserem Zusammenhang, in dem es weniger um Speicherung als um Verarbeitung von Information geht, ist die Metapher der Bälle, die ein Jongleur gleichzeitig in der Luft halten kann, treffender. Während er wenige Bälle mit Leichtigkeit in der Luft halten kann, misslingt die gesamte Aufgabe, wenn er mit zu vielen Bällen gleichzeitig umgehen muss. Eine analoge Situation liegt in einer Unterrichtssituation vor, in der z. B. eine Aufgabe gelöst werden soll. Die Schwierigkeit der eigentlichen Aufgabe erzeugt eine gewisse kognitive Belastung (Instrinsic Cognitive Load). Andere Faktoren, die hinzukommen, erzeugen eine zusätzliche kognitive Belastung (Extrinsic Cognitive Load). Übersteigt die Summe aus beiden einen individuellen Grenzwert, kann die Aufgabe nicht mehr gelöst werden.

Im fachdidaktischen Zusammenhang kann die extrinsische kognitive Belastung auf eine Vielzahl von Faktoren zurückgehen, insbesondere auch – und das ist der zentrale Punkt – auf „eigentlich vorteilhafte“ Faktoren: Unterstützende Hinweise zur Metakognition beim Lösen von Aufgaben können ebenso dazugehören wie authentizitätserzeugende zusätzliche Informationen in kontextorientierten Zugängen. Insbesondere moderne kompetenzorientierte Methoden erzeugen erhebliche extrinsische kognitive Belastung, weil dabei ein hohes Maß an Selbstorganisation und Kommunikation mit Mitschülern erforderlich ist.

Die Cognitive Load Theory erscheint in diesem Licht als eine Rahmentheorie, die – ähnlich wie die spezielle Relativitätstheorie in der Fachphysik – Grenzen und Leitlinien für die fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeit vorgibt (für einen verwandten Ansatz vgl. (Redish, 2014)). Damit stünde ein theoriegeleiteter Ansatz für Untersuchungen offen. Generell rücken in diesem Paradigma nichtlineare Effekte, wie Sättigungs- oder Schwelleneffekte, die im fachdidaktischen Denken bisher keine große Rolle spielen, stärker ins Zentrum des Interesses. Auch Entwicklungseffekte (Lernen) können beschrieben werden. Durch Routinebildung können Schemata erlernt werden, so dass z. B. das Auflösen einer quadratischen Gleichung oder das Anwenden des Energiesatzes für einen geübten Problemlöser weniger kognitive Belastung erzeugt als für einen Anfänger. Dieser Prozess wird als „Chunking“ bezeichnet (Miller, 1956). Dieser Mechanismus betont noch einmal die im Physikunterricht allzusehr vernachlässigte Rolle des Übens und der Routinebildung.

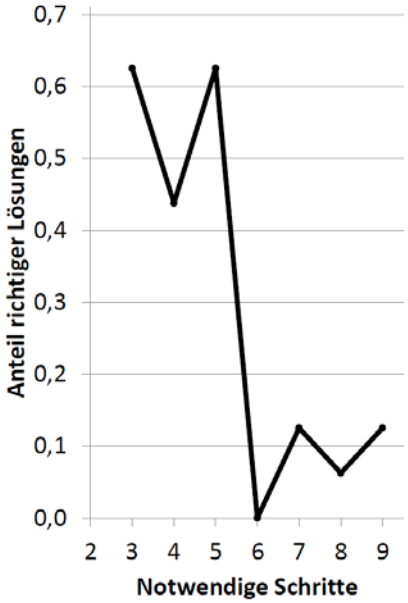


Abb. 2: Einfluss der Komplexität beim Lösen von Physikaufgaben: Häufigkeit richtiger Lösungen in Abhängigkeit von der Zahl der notwendigen Lösungsschritte

Eine Vorhersage des Cognitive-Load-Ansatzes ist etwa das Folgende: Wenn man sich für Zugänge mit hoher extrinsischer kognitiver Belastung entscheidet (z. B. weil man kompetenzorientiert oder in authentischen Kontexten unterrichten möchte), so sollte die intrinsische kognitive Belastung so niedrig wie möglich gehalten werden. Einfach ausgedrückt: Kontext- oder kompetenzorientierter Unterricht sollte dann am besten funktionieren, wenn die zugrundeliegende Aufgabe sehr einfach ist. Bezeichnenderweise liegen z. B. der Studie, die im Bereich der kontextorientierten Aufgaben die höchsten Lernerfolge vorweisen konnte (Kuhn, 2010), äußerst einfache Aufgabenstellungen zugrunde.

Einen ganz ähnlichen Ansatz wie den hier geschilderten verfolgten Johnstone und El-Banna bereits 1986 in der Chemiedidaktik (Johnstone & El-Banna, 1986). Ihre empirische Studie wurde in einer Masterarbeit in die Physikdidaktik übertragen (Stindt, Strahl & Müller, 2014). In einer Untersuchung mit 16 Lehramtsstudierenden wurde der Einfluss der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses auf den Erfolg beim Lösen physikalischer Aufgaben ermittelt. Die Studierenden bearbeiteten mehrere Aufgaben unterschiedlicher Komplexität. Ermittelt wurde die Anzahl der richtigen Lösungen in Abhängigkeit von der Komplexität der Aufgabe. Als einfachstes denkbares Maß für die Komplexität wurde die Zahl der Lösungsschritte Z gewählt. Trotz dieses denkbar kruden Komplexitätsmaßes ist das Ergebnis aufschlussreich (Abb. 2): Während bei geringer Komplexität die Lösewahrscheinlichkeit relativ hoch ist (50%–60%), bricht sie bei Erreichen einer gewissen Schwelle (Z = 6) drastisch ein und liegt darüber nur bei ca. 10%. Das bedeutet: Schon kleine Veränderungen der Komplexität einer Aufgabe können ihre Lösungswahrscheinlichkeit drastisch verändern. Die Existenz solcher Schwelleneffekte ist im Cognitive-Load-Paradigma auf natürliche Weise erklärbar.

Quanteninformation

Wie sieht die Zukunft in der Didaktik der Quantenphysik aus? Viele Anzeichen sprechen dafür, dass die Quanteninformation eine wesentliche Rolle spielen wird. Dabei handelt es sich um ein modernes Forschungsthema, das in der Fachwissenschaft etwa Mitte der 1990er Jahre aktuell wurde. Die Schlagworte Quantencomputer, Qubit und Quantenkryptographie haben den Weg in die breite Öffentlichkeit gefunden und tauchen immer wieder in Zeitungsartikeln und populärwissenschaftlichen Büchern auf. In Deutschland gibt es inzwischen mehrere physikdidaktische Arbeitsgruppen, die sich mit Themen aus der Quanteninformation beschäftigen. Einen guten Überblick gibt das im Januar 2016 erscheinende Themenheft „Quanteninformation“ der Zeitschrift „Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule“.

Die Methoden, Ansätze und Ergebnisse der Quanteninformation sind ein Beleg für den Paradigmenwechsel, der sich in den vergangenen drei Jahrzehnten – allmählich und daher von vielen unbemerkt – in unserer Sichtweise auf die Quantenmechanik vollzogen hat. Dabei ist die Theorie ganz unverändert geblieben, nur unsere Perspektive hat sich gewandelt.

Vor dreißig Jahren, also 1985, hätte ein beträchtlicher Teil der Experten der Aussage zugestimmt, dass grundlegende Aspekte der Quantenmechanik unverstanden seien, insbesondere der Messprozess. Das Feynman-Zitat „I think I can safely say that nobody understands quantum mechanics” (Feynman, 1965) ist nur der berühmteste Beleg für diese Einschätzung. In der Einleitung zu einem damaligen Standardwerk über den quantenmechanischen Messprozess heißt es: „Why there is no textbook on the measurement side of quantum theory is clear to anyone who participates in a seminar on the subject, and even clearer to one who gives a course on it: puzzlement!” (Wheeler & Zurek, 1983). Auch waren Begriffe wie Verschränkung oder Bell’sche Ungleichung zwar geläufig, galten aber als randständige Themen, mit denen sich am ehesten Philosophen und Esoteriker beschäftigten.

Diese Situation hat sich gründlich geändert. Sowohl experimentelle als auch begriffliche Fortschritte haben dazu geführt, dass die Effekte, die früher als irritierend und geheimnisvoll angesehen wurden, heutzutage nicht nur als verstanden gelten, sondern sogar in technischen Anwendungen genutzt werden. Einsteins „spukhafte Fernwirkungen“ sind in ein „Ingenieurs-Stadium“ eingetreten und werden in realen, kommerziellen Geräten genutzt. In experimenteller Hinsicht waren für diese Entwicklung die Experimente mit einzelnen Quantenobjekten verantwortlich, die früher nur als Gedankenexperimente vorstellbar waren und die verstärkt seit etwa 1990 realisiert werden konnten. In begrifflicher Hinsicht haben vor allem die Theorie der Dekohärenz und die Quanteninformation zu einer veränderten Sichtweise der Quantenmechanik beigetragen.

Die Quanteninformation hat in didaktischer Hinsicht mehrere Vorzüge:

- Sie setzt direkt an den nichtklassischen Merkmalen der Quantenphysik an – was für die oben genannten Ziele förderlich ist.
- Sie erfordert begrifflich saubere Formulierungen (z. B. in Bezug auf Präparation, Messung oder die Unbestimmtheitsrelation) und kann daher als fruchtbare Ausgangsbasis für die didaktische Entwicklungsarbeit dienen.
- Sie beschäftigt sich mit den einfachst denkbaren Systemen: Physikalisch wird ein Qubit durch ein quantenmechanisches Zwei-Zustands-System realisiert.
- Sie ist experimentell zugänglich. Viele Experimente basieren auf den Polarisationszuständen des Lichts, für die man weder ein Vakuum noch tiefe Temperaturen benötigt. Einzelphotonen-Detektoren sind derzeit noch teuer, aber auch hier sind vielversprechende Entwicklungen zu beobachten.

- Verzichtet man auf den Anspruch, mit einzelnen Photonen zu experimentieren, so kann man sogar mit Material experimentieren, dass in jeder Schulsammlung vorhanden ist, d. h. mit optischen Bänken, Polarisationsfiltern etc. (Reisch & Franz, 2016).

Auf Hochschulebene wurde zur Quanteninformation an der TU Braunschweig von Torsten Franz das Projekt quanth realisiert (www.quanth-physik.de), das sich an Lehramts- und Fachstudierende richtet. Es enthält Online-Lektionen zu vier Themenbereichen: (1) Quantenphysik von Einzelsystemen (statistische Interpretation, Unschärferelation), (2) Quantenphysik von Mehrteilchensystemen (Verschränkung, Bell'sches Theorem), (3) Quantenkryptographie und (4) Quantencomputer. Insbesondere der Themenbereich Quantenkryptographie entpuppt sich dabei als vielversprechender und motivierender Inhaltsbereich – nicht zuletzt wegen der Verknüpfung mit der aktuellen Geheimdienst-Abhörproblematik. Ein erster Versuch, das Thema für den Unterricht der Jahrgangsstufe 11 aufzubereiten (in vier Einzelstunden), verlief sehr erfolgreich (Reisch & Franz, 2016).

Für die Zukunft des Quantenphysik-Unterrichts lässt sich also der folgende Ausblick geben:

- Die Quantenphysik bleibt die gleiche wie früher. Aber sie wird unter einer neuen Perspektive gesehen – der Perspektive der Quanteninformation.
- Die Quantenphysik des 21. Jahrhunderts scheint einfacher zu sein als die des 20. Jahrhunderts. Sowohl begrifflich als auch experimentell beschäftigt sie sich mit einfacheren Systemen. Statt der physikalisch komplizierten Atomphysik rücken einfachere Systeme in den Fokus, vor allem die Polarisationszustände des Lichts.
- Damit eröffnen sich neue experimentelle Möglichkeiten, die zunehmend auch finanzierbar werden.
- Im Zusammenhang mit der Quanteninformation werden neue sinnvolle und authentische Aufgabenstellungen für Schülerinnen und Schüler erkennbar – nicht mehr nur die sattsam bekannten Variationen von Photoeffekt und Franck-Hertz-Versuch. Einen Vorgeschmack (auf Universitätsniveau) bieten die „Challenges" in den interaktiven Simulationen von Antje Kohnle an der University of St Andrews (www.st-andrews.ac.uk/physics/quvis/).
- Andere Verknüpfungen zu verwandten Fächern als bisher zeichnen sich ab. Statt der Chemie (wie bisher in der Atomphysik) werden sich künftig eher Bezüge zur Informatik (Informationsbegriff, Kryptographie) und Mathematik (Stochastik) anbieten.

Alles in allem zeichnet sich mit der Quanteninformation ein vielversprechendes Forschungs- und Entwicklungsfeld ab. Es ist zu hoffen, dass die Physikdidaktik die Herausforderung annimmt und sie in fruchtbare Angebote für den Quantenphysik-Unterricht umsetzt.

Literatur

BLK (Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung) (1997). Heft 60: Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts". Bonn: BLK. Online verfügbar unter: www.blk-bonn.de/materialien.htm.

Feynman, R. P. (1992). QED – die seltsame Theorie des Lichts und der Materie. München: Piper.

Feynman, R. P. (1965). The Character of Physical Law. Boston: MIT Press, S. 129.

Fischler, H., & Lichtfeldt, M. (1994). Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Quantenphysik. Physik in der Schule 32, 276-280.

Gehrmann, K., Rode, M., (1999). Welcher-Weg-Information, Quantenradierer und quantenmechanisches Fundamentalprinzip – Analogieversuche für den Unterricht. Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule, 48 (8), 28-33.

Ireson, G. (2000). The Quantum Understanding of Pre-University Physics Students. Phys. Educ. 35, 15-21.

Johnstone, A. H., & El-Banna, H. (1986). Capacities, demands and processes – a predictive model for science education. Education in Chemistry, 23, S. 80-84.

Leisen, J. (1999). Sinnstiftung und Verstehen: Motivation und Interesse als eine unterrichtspraktische Daueraufgabe. In: Brechel R. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie, Alsbach: Leuchtturm-Verlag, 45-64.

Küblbeck, J. (1997). Modellbildung in der Physik. Landesinstitut für Erziehung und Unterricht Stuttgart.
Küblbeck, J., & Müller, R. (2002). Die Wesenszüge der Quantenphysik – Modelle, Bilder, Experimente. Köln: Aulis. Abrufbar unter www.quantenphysik-schule.de/literatur.htm oder www.milq-physik.de.
Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
McKagan, S. B., Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2010). Design and validation of the Quantum Mechanics Conceptual Survey, Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 6, 020121.
Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. Psychological review, 63 (2), 81.
Müller, R., & Wiesner, H. (2002).Teaching quantum mechanics on an introductory level. Am. J. Phys. 70, 200-209.
Müller, R. (2003). Quantenphysik in der Schule. Berlin: Logos-Verlag.
Müller, R. (2008). Das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenphysik. Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 57 (6), 19-25.
Müller, R. (2016). Legitimation des Quantenphysik-Unterrichts. Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule (in Vorbereitung).
Niedderer, H. (1992). Atomphysik mit anschaulichem Quantenmodell, in: Fischler H. (Hrsg.): Quantenphysik in der Schule. Kiel: IPN, 88-113.
Schön, L., & Werner, J. (1998). Vom Licht zum Atom. In: Brechel, R. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie. Alsbach: Leuchtturm-Verlag, 304-306.
Redish, E. F. (2014). Oersted Lecture 2013: How should we think about how our students think?. Am. J. Phys. 82, 537-551.
Reisch, C., & Franz, T. (2016). Quantenkryptographie. Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 65 (1), S. 11-16.
Schorn, B. (2015). Quantenphysik in der Schule. Eine Unterrichtskonzeption zur Einführung in die Quantenphysik für die 10. Jahrgangsstufe. Dissertation, TU Dresden.
Schnotz, W., & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. Educational Psychology Review, 19 (4), 469-508.
Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (Hrsg.) (1999). Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Berlin: Freie Universität Berlin.
Stindt, F., Strahl, A., & Müller, R. (2014). Chunks in Chemie-und Physikaufgaben-Zusammenhang zwischen Gedächtniskapazität und Aufgabenkomplexität. PhyDid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. Learning and Instruction, 4 (4), 295-312.
Wiesner, H., & Schorn, B. (2015). Das Münchener Internetprojekt – zur Lehrerfortbildung (milq) in der 10. Jahrgangsstufe, Praxis der Naturwissenschaften/Physik in der Schule 64 (4), 22-29.
Wheeler, J. A., & Zurek, W. H. (1983). Quantum theory and measurement. Princeton: Princeton University Press.
Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 31–45.
Zollman, D. A., Rebello, N. S., & Hogg, K. (2002). Quantum mechanics for everyone: Hands-on activities integrated with technology. American Journal of Physics, 70, 252-259.

Horst Schecker[1] [1]Universität Bremen
Ilka Parchmann[2] [2] Universität Kiel (IPN)
Erich Starauschek[3] [3] Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Fachlichkeit der Fachdidaktik - Standortbestimmung und Perspektiven (Workshop)

Im Jahr 2014 fand nach einer Pause von zwölf Jahren erstmals wieder eine Schwerpunkttagung der GDCP mit einem fachdidaktisch-fachinhaltlichen Thema statt. An der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg wurden neue und bewährte fachliche und fachdidaktische Konzepte sowie der Stand der Forschung zum Lernen der Elektrizitätslehre (Sekundarstufe I) diskutiert. Schwerpunkttagungen, bzw. GDCP-Zwischentagungen zu fachlich-fachdidaktischen Themen gab es von ca. 1990 bis 2002. Die lange Lücke bis 2014 korrespondiert mit der Feststellung, dass Themen der fachlichen Elementarisierung innerhalb oder außerhalb einer didaktischen Rekonstruktion auch auf den Jahrestagungen der Gesellschaft an Bedeutung verloren haben. Seit dem „PISA-Schock“ scheint eines der zentralen Elemente der Fachdidaktik aus dem Blick zu geraten: Das fachinhaltliche und themenbezogene Lernen der Schüler/-innen – und auch das der Studierenden. Die Stärkung der lernpsychologischen und empirischen Perspektive im Selbstverständnis der wissenschaftlichen Physik- und Chemiedidaktik und die damit verbundene Rezeption der Methoden empirischer sozialwissenschaftlicher Forschung waren nach einer langen konzeptionell-didaktisch geprägten Phase notwendige Schritte zur wissenschaftlichen Weiterentwicklung. Inzwischen ist jedoch zu fragen, ob das Pendel der Forschungsaktivitäten zu weit in Richtung einer empirischen Bildungsforschung geschwungen ist, in der die Spezifika der fachdidaktischen Perspektive nicht mehr genügend deutlich werden.
Diese Überlegungen waren Anlass für die Einladung zu dem Workshop, in dem eine Bestandsaufnahme erfolgte und Perspektiven diskutiert wurden. An der zweistündigen Veranstaltung nahmen mehr als 30 Kolleginnen und Kollegen teil, die ein sehr breites Spektrum an Forschungsschwerpunkten vertraten. Um die Diskussion anzuregen, gaben die Organisatoren drei Statements ab, die sie jeweils in eine These zuspitzten.

Eingangsstatements
Horst Schecker stellte in seinem Statement eine ad hoc Analyse der thematischen Schwerpunkte von 184 Dissertationen vor, die in der Gelben Reihe des Logos-Verlags zwischen 1998 und 2015 erschienen sind. In der Gelben Reihe, herausgegeben von Hans Niedderer, Helmut Fischler u. Elke Sumfleth, erscheint die überwiegende Zahl der physik- und chemiedidaktischen Qualifikationsschriften.

Zeitraum	1998-2004	2005-2015
Anzahl der Qualifikationsschriften	40	144
Thematische Schwerpunkte (Doppel-Nennungen möglich)		
Entwicklung und Evaluation fachlicher Darstellungen	30%	8%
Entwicklung und Evaluation instruktionaler Maßnahmen	23%	43%
Lernprozessanalysen	33%	10%
Kompetenzmodellierung	8%	17%
Testentwicklung	3%	19%

Tab. 1: Thematische Schwerpunkte von Qualifikationsschriften in den „Studien zum Physik- und Chemielernen“ („Gelbe Reihe“) des Logos-Verlags

Grundlage der Analyse waren die Kurzfassungen der Arbeiten, ergänzt um deren Inhaltsverzeichnisse. Auch unter der Einschränkung, dass diese Aufstellung auf einer persönlichen Durchsicht beruht (ohne qualitative Inhaltsanalyse oder Doppelkodierungen), wird eine Schwerpunktverlagerung von der Analyse fachlicher Lernprozesse und fachinhaltlichen Interventionen hin zu unterrichtsmethodischen Interventionen und zur psychometrisch gestützten Kompetenzmodellierung deutlich. Schecker schloss sein Statement mit der These „*Wir brauchen eine Intensivierung der inhaltsbezogenen fachlichen Entwicklungsforschung mit dem Ziel themenspezifischer Leitlinien für den Unterricht*".

Erich Starauschek erinnerte in seinem Statement zunächst daran, dass zu jeder Fachdisziplin auch die Pflege ihrer Wissenssysteme und deren Externalisierung gehöre: Jedem Fach sei damit eine implizite Fachdidaktik inhärent, und damit auch die Aufgabe der Tradierung, d.h. des Lehrens und Lernens ihres fachspezifischen Wissensbestandes. Dies umfasse z.B. in der Physik die Reflexion und Anpassung der Begrifflichkeiten, die mathematischen Darstellungen, die Neubewertung der Relevanz von Inhalten und der Präsentation der Inhalte. Als klassisches Beispiel für diese implizite Fachdidaktik, die der Sachlogik folgt, nannte er ‚die Mechanik' von Ernst Mach (1883).
Eine erste Phase des Konsenses in den deutschen Naturwissenschaftsdidaktiken, der sich über zwei Jahrzehnte in Abgrenzung zu konzeptionell-didaktischen Arbeiten herausgebildet habe, sei Ende der 1990er Jahre zu Ende gegangen. Während vorher die Einschätzung von Lernwirksamkeit überwiegend auf den subjektiven Erfahrungen der Lehrenden oder der Fachdidaktiker beruhte, habe in dieser Phase ein gewisses Maß an Einigkeit über die Notwendigkeit der Verbindung der empirischen Erforschung fachlicher Lernprozesse mit der (Re-) Konstruktion von Inhalten, den Sachstrukturen, bestanden. Dieser Ansatz habe im Modell der Didaktischen Rekonstruktion eine erste Fassung gefunden. Die Entwicklung hin zur Erforschung domänenspezifischer Lehr-Lern-Prozesse sei auch von einer Reihe von Psychologen (z.B. Schnotz, Spada) als eigene Entwicklung anerkannt worden.
Die Untersuchung des Lehrens und Lernens komplexer domänenspezifischer Wissenssysteme und den Bedingungen der Anwendung dieses Wissens sei zudem ein Alleinstellungsmerkmal einer forschenden Fachdidaktik, in der profunde fachwissenschaftliche Kenntnisse und sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden sowie psychologische Grundlagen miteinander verbunden werden sollten. Der Verlust eines dieser Aspekte könne auf Dauer die Weiterentwicklung oder auch den Bestand einer wissenschaftlichen Fachdidaktik und einer eigenen wissenschaftlichen Identität gefährden. Der Verzicht auf sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden erschwere die Abgrenzung vom Fach und seiner impliziten Fachdidaktik, der Verlust des Fachlichen mache die Abgrenzung von der methodisch geprägten empirischen Bildungsforschung oder auch Bereichen der Kognitionspsychologie fast unmöglich. Noch ungelöst scheine die Frage, wie die Naturwissenschaftsdidaktiken dieses Kompetenzprofil verlässlich erreichen könnten.
Starauschek formulierte abschließend die These „*Ein oder sogar das Kerngeschäft der wissenschaftlichen Fach-Didaktik ist die Untersuchung der Bedingungen zum Aufbau bzw. Lernen komplexer Physik-/Chemie-/Fach- Wissenssysteme auf allen Vermittlungsniveaus*".

Ilka Parchmann hatte für ihr Statement Projektdatenbanken bzw. Websites der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung durchgesehen, und zwar mit der Brille: „Welches Bild könnten Bildungspolitiker oder andere Entscheidungsträger von der Ausrichtung fachdidaktischer Forschung gewinnen?". Auch hier wurde der Eindruck bestärkt, dass bei den fachdidaktischen Projekten, die in der letzten Zeit von diesen Institutionen gefördert und angeführt wurden, ein Bezug zu Fragen der fachlichen Darstellung und fachmethodischen Vermittlung naturwissenschaftlicher Thematiken kaum noch zu erkennen sei. Auch Erfahrungen mit Gutachten erweckten den Eindruck, dass

anspruchsvoll-themenbezogene Arbeiten aufgrund der Begutachtung durch Nichtfachdidaktiker primär unter methodischen Gesichtspunkten bewertet würden, unabhängig von der Passung auf inhaltliche und/oder unterrichtliche Anforderungen. Die Fachdidaktiken könnten damit rein als Zulieferer von Inhalten für Projekte wahrgenommen werden, die ebenso von Lernpsychologen bearbeitet werden könnten. Parchmann verdichtete ihre Ausführungen in der These „*Das Originäre der einzelnen Fach-Didaktiken bildet sich aktuell in Förderprojekten bzw. -programmen nicht ab. Damit steht die Frage im Raum, ob die Existenzberechtigung der Fachdidaktiken in der hochschulpolitischen Wahrnehmung zunehmend allein durch die Lehre gerechtfertigt wird.*“

Plenumsdiskussion
Es schloss sich eine Diskussion im Plenum an. Geteilt wurde die kritische Einschätzung, dass ein Großteil der Kategorien empirischer fachdidaktischer Analysen auch von Psychologen angewendet werden könnten. Der Anteil originär fachlichen und fachdidaktischen Wissens sei zu gering. Gleichzeitig wurde über Aussagen von Lernpsychologen berichtet, sie seien auf die Expertise der Fachdidaktik angewiesen, selbst bei fachlich einfachen Themen wie „Schwimmen und Sinken“. Fachdidaktik habe aber auch einen Theorieaspekt aus sich heraus. Den müsse man stärker herausstellen. Gleichzeitig sei die Fachdidaktik hinsichtlich der methodischen Exzellenz auf die Psychologen angewiesen, wodurch unvermeidbar eine Nähe zur Psychologie erwachse. Psychologen wollten dabei nicht auf methodische Beratung begrenzt werden, sondern eine integrale Funktion in den Projekten einnehmen. Es wurde auf ein Symposium von Achtenhagen und anderen mit dem Titel „Die zentrale Rolle der Inhalte in der Lehr-Lern-Forschung“ auf der AEPF-Tagung im Herbst 2015 hingewiesen. Achtenhagen fordere die durchgehende Berücksichtigung der Inhalte (Triade von Curriculum, Unterricht, Assessment).

Gefordert wurden mehr unterrichtsorientierte Projekte, die nach Design-Based Research gestaltet sind. Fachdidaktik müsse die Rolle einer Anwendungswissenschaft des Fachunterrichts zukommen. Kritisiert wurde die unzureichende Grundausstattung der Arbeitsgruppen, die zu einer Abhängigkeit von Drittmitteln führe. Damit würden auch die Themen der Forschung von den Fördermöglichkeiten getrieben. Hinsichtlich der „Gelben Reihe“ wurde die kritische Frage gestellt, wie viele der dort publizierten Arbeiten eigentlich mit ihren Ergebnissen in die fachdidaktische Lehre einflössen.

Die Perspektive der Schulpraxis müsse in den fachdidaktischen Arbeitsgruppen stärker berücksichtigt werden. Es sei inzwischen ein Problem, gute Referenten zu finden, die vor einer Gruppe von 100 Lehrern Relevantes vorstellen könnten. Der Disziplin mangele es an einem belastbaren Erkenntnisstand, um für die Praxis wirklich Leitlinien formulieren zu können. Dafür gebe es u.A. zu wenige Replikationsstudien. Der Wunsch nach Originalität in neuen Projekten müsse zugunsten der Absicherung des Erkenntnisstands zurückstehen. Es wurde zur Zurückhaltung bei Unterrichtsempfehlungen geraten und auf das Risiko verwiesen, dass leichte Veränderungen in den Rahmenbedingungen zu anderen Wirkungen führen könnten.

Gruppenarbeit
An die Plenumsdiskussion schloss sich eine Gruppenarbeitsphase an. Gruppe 1 diskutierte über mögliche Merkmale der Ausrichtung eines fiktiv angenommenen BMBF-Förderprogramms „Fachbezogene Bildungsforschung“. Das Domänenspezifische müsse dabei im Vordergrund stehen. Es dürfe aber nicht darum gehen, viele kleine domänenspezifische Projekte durchzuführen, die nicht ‚miteinander sprechen und einander zuhören‘. Als Stichworte fielen z.B. Fachkulturforschung, Scaffolding in verschiedenen Lernkulturen, fachübergreifende Curriculumtheorie und -entwicklung, Modi der Weltbegegnung. Wünschens-

wert seien auch eine begriffliche Homogenisierung in den Naturwissenschaftsdidaktiken, z.B. beim Energiebegriff, und die Untersuchung möglicher Auswirkungen auf Lehr- und Lernprozesse. Das Bewusstsein der Spezifika der eigenen fachlichen Perspektive könne sich aus der Begegnung mit anderen Perspektiven herausbilden: Differenz erzeugen statt Perspektiven zusammenführen. Kritisch wurde angemerkt, dass bei zu viel Koordination und Kooperation über verschiedene Fächer hinweg, das Fachspezifische aus dem Blick geraten könne.

Gruppe 2 erörterte mögliche Themen einer ebenso fiktiven Ausschreibung des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft mit dem Titel „Fachkompetenz als Grundlage für berufliche und tertiäre Bildung“. Es könne darin z.B. um die Frage gehen, wie viel und welches fachinhaltliche und fachmethodische Wissen, das in der Sekundarstufe I zu erwerben ist, in der beruflichen Ausbildung tatsächlich reaktiviert wird bzw. hilfreich wäre, um den Einstieg in naturwissenschafts- und technikaffine berufliche Ausbildungen zu erleichtern. Auf die Analyse müsste dann die Konstruktion und Evaluation entsprechender Konzeptionen des naturwissenschaftlichen Unterrichts folgen. In solchen Programmen komme der Kooperation mit der Berufsbildungsforschung große Bedeutung zu.

In Gruppe 3 wurden Ideen für Einzelprojekte ausgetauscht, wie man in den oben genannten fiktiven Förderschienen verortet werden könnte. In dieser Gruppe wurden Nachwuchswissenschaftler/-innen eingeladen, ihre Vorschläge für mögliche Projektideen und eigene Schwerpunkte einzubringen. Diese reichten von Analysen der fachbezogenen Spezifika in fachübergreifenden Unterrichtsansätzen (Welchen besonderen methodischen Beitrag leistet die Physik in einem Projekt zur Nachhaltigkeit? Welche spezifisch chemiedidaktischen Ansätze werden für inklusive Bildung genutzt? Welche fachbezogenen theoretischen Analysen tragen zur Konzeption eines Unterrichtsthemas bei?) über eine unterrichtsnahe Entwicklungsforschung bis hin zu außerunterrichtlichen, medienbezogenen Untersuchungen und forschungsbasierten Darstellungen fachlicher Charakteristika.

Abschließend wurde große Zustimmung zu einer Weiterführung der Diskussion der Fachlichkeit in der Fachdidaktik geäußert, sowohl mit Blick auf zukünftige GDCP-Tagungen als auch hinsichtlich der Unterstützung möglicher Förderschwerpunkte und -programme.

Literatur

Niedderer, H., Fischler, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.). Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos-Verlag.

Rincke, K. (2014). Die Deutsche Physikalische Gesellschaft und ihr Verhältnis zur Didaktik der Physik. Fünf Thesen und ein Aufruf zum Dialog. Regensburger Dialoge, (1), 9. Universität Regensburg, Didaktik der Physik. http://www.physik.uni-regensburg.de/forschung/rincke/Allgemeines/thesen_rincke14.pdf (30.9.2015)

Mach, E. (1883). Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Leipzig: Brockhaus.

Christian Maurer
Karsten Rincke
Universität Regensburg

Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen

Grundlagen

Für diese Untersuchung war die Frage nach der Strukturiertheit einzelner Unterrichtssequenzen grundlegend. Der Begriff der Strukturiertheit wird dabei in der Fachliteratur nicht einheitlich verwendet. Nach Lipowsky (2009) lassen sich drei Bedeutungsfacetten der Strukturiertheit unterscheiden. Zur Facette der kognitionspsychologisch verstandenen Strukturiertheit kann über spezifische Maßnahmen und Handlungen zum Aufbau einer komplexen und geordneten Wissensstruktur beigetragen werden. Für die Facette der Strukturiertheit auf der Verhaltensebene ist primär die Steuerung des Verhaltens der Lernenden und für die Facette der didaktischen Strukturiertheit die Sequenzierung des Unterrichts bezüglich der inhaltlichen Ausgestaltung sowie eine erkennbare Phrasierung des Ablaufs maßgebend. Letztgenannter Teilaspekt der didaktischen Strukturiertheit bildet den Schwerpunkt dieser Arbeit. Allgemein betrachtet stellt die Strukturiertheit eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale von Unterricht dar. Insbesondere Schüler mit geringerem Vorwissen profitieren von gut strukturiertem Unterricht (Helmke 2009). Verschiedene zur didaktischen Strukturiertheit beitragende Verfahren (z.B. Direct Instruction oder Problem-Based Learning) weisen einen insgesamt positiven Einfluss auf den Lernerfolg auf. Die Ausprägung dieses Einflusses ist dabei allerdings unterschiedlich stark. Zudem variiert der Einfluss dieser Elemente, wenn verschiedene Sachinhalte, Fächer oder Lehrziele betrachtet werden. So scheint sich das Problem-Based Learning weniger für den Aufbau neuer Wissenselemente zu eignen, für deren Anwendung hingegen schon (Hattie 2014). Offen bleibt jedoch die Frage, welche Sequenzierung für eine spezifisch zu planende Unterrichtstunde mit konkretem Sachinhalt und Lehrziel die lernwirksamste ist. Es existieren dabei einzelne theoretische Modelle die eine Sequenzierung abhängig vom jeweiligen Lehrziel vorgeben. Zwei dieser Modelle wurden für diese vergleichende Studie als theoretischer Rahmen zur Konzeption der Interventionsstunden ausgewählt. Dies ist zum einen das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren (FeU) nach Schmidkunz und Lindemann (1992), welches zwischen der Erarbeitung neuer („induktiver Zweig“) und der Anwendung bekannter Inhalte („deduktiver Zweig“) differenziert. Zum anderen wurde die physikspezifische Modifikation der Basismodelltheorie (BMT) nach Wackermann (2008) (ursprünglich: Oser & Baeriswyl (2001)) verwendet, welche bei der Vorgabe der Sequenzierung ebenfalls die Lehrziele der Erarbeitung neuer (Konzeptaufbau und Lernen durch Eigenerfahrung), die Anwendung bekannter Inhalte (Problemlösen), sowie die Überarbeitung vorhandener Konzepte (Konzeptwechsel) unterscheidet.

Untersuchungsdesign

Die Studie wurde als explorative, quasi-experimentelle Laborstudie konzipiert. Insgesamt beteiligten sich 796 Schüler aus 32 Schulklassen (10. Jahrgangsstufe, bayr. Gymnasien) an der Studie. Vor und nach der Intervention wurde der Wissensstand der Studienteilnehmer zum Impuls mit einem Wissenstest (Split-half Reliabilität 0.72) erhoben. Zusätzlich wurden Qualitätsmerkmale (Aspekte der Strukturiertheit, Grundlegende Bedürfnisse, kogn. Aktivierung) der Interventionsstunden mittels eines Schülerfragebogens erfasst, einige organisatorische Variablen und die kognitiven Grundfähigkeiten kontrolliert. Außerdem wurde untersucht, wie die Schüler das Interesse und die motivierende Wirkung der Lehrkraft (Versuchsleiter) in beiden Interventionsgruppen wahrnehmen. Zu den gewählten theoretischen Modellen (FeU u. BMT) wurden zwei 90 minütige Interventionsstunden zum Thema Impuls kon-

zipiert. Beide Interventionsstunden waren hinsichtlich des Sachinhalts, der eingesetzten Methoden und Medien vergleichbar. Sogar einige Abschnitte der Detail-Sequenzierung waren nahezu identisch (Hahn 2014). Unterschiede ergaben sich in der Erarbeitung und der Verarbeitung der Inhalte. Die Vorgabe des FeU sieht eine Abstraktion aller Erkenntnisse aus den Experimenten und eine Anwendung der Inhalte nicht um zu üben, sondern mit dem Ziel Querverbindungen aufzubauen vor. Die basismodellkonforme Sequenzierung resultierte im gewählten Beispiel in einer Generalisierung einzelner Inhalte direkt aus den Experimenten, verbunden mit einer zusätzlichen Darstellung weiterführender Inhalte durch die Lehrkraft. Die Anwendung dieser Inhalte erfolgte einerseits um diese zu dekontextualisieren, aber auch um den Umgang mit den neuen Inhalten einzuüben. Zusätzlich sieht die BMT eine innerfachliche Vernetzung der neuen Kenntnisse vor.

Forschungsfragen

- Führen unterschiedliche Sequenzierungen auch zu einem unterschiedlichen Maß der wahrgenommenen Strukturierung, der kognitiven Aktivierung oder der grundlegenden Bedürfnisse (Selbstbestimmungstheorie der Motivation nach Decy & Ryan 2004)
- Sind unterschiedliche Sequenzierungen unterschiedlich lernwirksam?
- Sind unterschiedlichen Sequenzierungen auch hinsichtlich einzelner Teilgruppen der Lernenden unterschiedlich lernwirksam?

Ergebnisse

Weder das durch die Schüler wahrgenommene Interesse der Lehrkraft, dessen motivierende Wirkung, noch die Ergebnisse der Schüler im Wissenstest (22 Items) vor der Intervention weisen für die Interventionsgruppen FeU und BMT (vgl. Abb. 1 links) signifikante Unterschiede auf. Die Wissenstestwerte nach der Intervention (vgl. Abb. 1 rechts) zeigen innerhalb der Gruppen jeweils einen signifikanten Lernzuwachs und zwischen den Interventionsgruppen einen höchst signifikanten Unterschied im Lernzuwachs (Differenz aus Vor- und Nachtestmittelwerten; T-test, $p<0.001$, $t(744)= -3.1$, $d= -0.30$). Dieser Effekt bleibt unverändert, werden die erhobenen Kontrollvariablen (Kovarianzanalyse, $p<0.001$, $F=19.9$, $\omega^2=0.023$) und die hierarchische Datenstruktur (Mehrebenenanalyse, $p<0.001$, $t= -2.9$, $d= -0.32$) einkalkuliert. Bei der Kovarianzanalyse und der Mehrebenenanalyse wurde dabei das Nachtestergebnis als abhängige Variable unter Kontrolle des Vortestergebnisses verwendet. Die BMT-Intervention führte folglich zu einer signifikant besseren Schülerleistung.

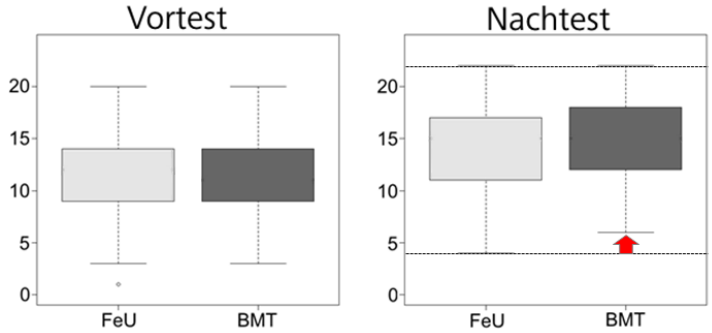


Abb. 1: Vergleich der Gruppenmittelwerte im Wissenstest vor und nach der Intervention.

Zudem unterscheidet sich die Varianz der Nachtestwerte signifikant zwischen den Interventionsgruppen. Die Intervention weist eine unterschiedlich starke Wirkung bei Teilgruppen der Stichprobe auf. Unterricht nach den Vorgaben der BMT ist besonders wirksam bei Schülern mit geringem Vorwissen, ohne Schüler mit gutem Vorwissen zu benachteiligen. Das Vortestergebnis erweist sich dabei als signifikanter Moderator des Interventionseffektes.

Diese Unterschiede in der Stärke des Interventionseffektes scheinen dabei auch einen Einfluss auf die Einschätzung der erhobenen Qualitätsmerkmale zu nehmen. So zeigen sich bei der gesamten Stichprobe keine systematischen Unterschiede in den Schülereinschätzungen zwischen den Interventionsgruppen, bei der Teilgruppe der Schüler, welche im Vortest um mehr als eine Standardabweichung geringere Testwerte als das arithmetische Mittel aufwiesen, hingegen schon. Schüler dieser Teilgruppe bewerteten den Unterricht nach dem FeU in der Mehrzahl der erfassten Kategorien (teilweise marginal) signifikant schlechter als den basismodellkonformen Unterricht.

Diskussion

Insgesamt zeigt sich der Unterricht nach der Basismodelltheorie damit an diesem Beispiel lernwirksamer als der nach dem Forschend-entwickelndem Unterrichtsverfahren konzipierte. Unter Berücksichtigung der (nur geringen) Unterschiede zwischen den Interventionen scheinen demnach bereits Details in der Unterrichtsstrukturierung einen wesentlichen Einfluss auf die Unterrichtsqualität zu haben. Die vorhandenen Unterschiede (siehe Abschnitt Untersuchungsdesign) zwischen den Interventionsstunden sind mögliche Ursachen für die hier berichteten Ergebnisse. Vor diesem Hintergrund erscheint eine verstärkte Integration von Elementen zur innerfachlichen Vernetzung erstrebenswert zu sein. Ähnliche Ergebnisse zeigen sich auch in einer Teilstudie des QuIP-Projekts bei Helaakoski&Viiri (2014), die eine positive Korrelation von Elementen zur innerfachlichen Vernetzung mit der Schülerleistung nachweisen konnten. Die Schülerleistung von Schülern mit geringerem Vorwissen wird in dieser Studie dabei besonders positiv beeinflusst durch basismodellkonformen Unterricht ohne negative Auswirkungen auf Schüler mit sehr hohem Vorwissen aufzuweisen. Letztgenannter Aspekt steht in guter Übereinstimmung zu den Ergebnissen der Untersuchung zur Wirkung der Basismodelle von Simon Zander (2015). Somit deutet sich an, dass dieser Aspekt ein spezifisches Charakteristikum der BMT sein könnte und diese helfen kann eine Überforderung von Schülern zu vermeiden. In Kombination mit den Ergebnissen vorangegangener Studien scheint die BMT insgesamt eine vielversprechende theoretische Vorgabe zur Strukturierung von Unterricht zu sein. (u.a. Wackermann 2008, Zander 2015).

Literatur

Deci, E. & Ryan, R. (1993) *Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik*. Zeitschrift für Pädagogik, 39 (2), 223-238

Eva Hahn (2014) *Der Vergleich lernprozessorientierter Strukturmodelle* (Schriftliche Hausarbeit). Universität Regensburg, Fachdidaktik Physik.

Jussi Helaakoski, & Jouni Viiri, (2014). *Quality of Instruction in Physics- Comparing Finland, Germany and Switzerland.* In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri(Hrsg.), (S. 93-110). Waxmann, Münster, New York.

Andreas Helmke. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität – Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Erhard Friedrich Verlag GmbH. Seelze-Velber.

Frank Lipowsky. (2009). Pädagogische Psychologie. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), (S. S.73-101). Springer Verlag

Fritz Oser & Franz Baeriswyl. (2001). *Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning*. Handbook of research on Teaching. Richardson, Virginia. Washington D.C.

Heinz Schmidkunz und Helmut Lindemann. (1992). *Das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren – Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht.* Westarp Wissenschaften. Verlag der Universitätsbuchhandlung. Magdeburg

Rainer Wackermann. (2008). *Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer*. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH

Simon Zander, Heiko Krabbe, Hans E. Fischer (2015). Guter Physikunterricht für schwächere Schülerinnen und Schüler. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität -Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Bd. 35, S. 390-392). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN.

Jan-Philipp Burde
Thomas Wilhelm
Goethe-Universität Frankfurt

Erkenntnisse aus Teaching Experiments zum Elektronengasmodell

Motivation

Viele Schülerinnen und Schüler besitzen auch nach der Sekundarstufe I trotz guter und intensiver unterrichtlicher Bemühungen kein grundlegendes Verständnis von einfachen elektrischen Stromkreisen. Insbesondere wissen sie nicht, was die elektrische Spannung ist, welche Rolle sie in Stromkreisen spielt und wie man sich die Spannung vorstellen kann. Stattdessen wird die elektrische Spannung häufig als Eigenschaft bzw. als Bestandteil des elektrischen Stroms gesehen (Stichwort „Stromspannung“), der die Vorstellung der meisten Schüler zu Stromkreisen dominiert (Rhöneck, 1986). Dies ist nicht nur bedauerlich, weil die Spannung eine der physikalischen Größen darstellt, welche im Alltag der Schüler eine große Bedeutung haben, sondern auch, weil ohne die Spannung ein elementares Verständnis der Elektrizitätslehre unmöglich ist.

Die Spannung ist allerdings keine einfache physikalische Größe, da sie die Differenz zweier Potenzialwerte darstellt und sich immer auf zwei Punkte in einem Stromkreis bezieht. Sie ist damit komplexer als das elektrische Potenzial, das einem Punkt bzw. einem Leiterabschnitt zugeordnet werden kann. Paradoxerweise wird von den Schülern insbesondere im Anfangsunterricht aber häufig erwartet, ein Verständnis für die Spannung zu entwickeln, ohne die dahinterstehende Größe selbst, nämlich das Potenzial, zu kennen, geschweige denn zu verstehen (Herrmann & Schmälzle, 1984, S.477). Das hier vorgeschlagene Elektronengasmodell stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, eine entsprechend anschauliche Erklärung für das Potenzial zu liefern, indem es das elektrische Potenzial mit dem Luftdruck bzw. „elektrischen Druck“ vergleicht.

Das Elektronengasmodell

Aufbauend auf der von Clement & Steinberg (2002) erfolgreich erprobten Luftdruckanalogie besteht die Idee zunächst darin, den Schülern auf Grundlage ihrer intuitiven Luftdruckvorstellung bewusst zu machen, dass Luftströmungen immer eine Folge von Luftdruckunterschieden sind. Dieses Verständnis wird dann auf elektrische Stromkreise übertragen, indem analog zum Luftdruck ein „elektrischer Druck“ in Leitern postuliert wird. Die Idee hinter dem „elektrischen Druck“ ist, dass sich Elektronen in Metallen in Teilchenform befinden und sich dort frei bewegen können. Da die Elektronen negativ geladen sind, werden sie durch Abstoßung so weit wie möglich auseinandergetrieben, weshalb sie den ihnen zur Verfügung stehenden Raum im gesamten Leiter gleichmäßig ausfüllen. Im Leiter kommt es aufgrund der gegenseitigen Coulomb-Abstoßung der Elektronen zu einem von der Elektronendichte abhängigen elektrischen Druck (für eine fachliche Auseinandersetzung sei auf Burde et al. (2014a) verwiesen).

Ursächlich für die Ungleichverteilung der Elektronen im Leiter ist dabei die Batterie, die an ihren Polen bzw. in den mit ihren Polen verbundenen Leiterstücken einen konstanten elektrischen Überdruck (Minuspol) bzw. Unterdruck (Pluspol) erzeugt, indem sie ähnlich einer Pumpe Elektronen vom Plus- zum Minuspol pumpt. Durch Gleichsetzen des elektrischen Drucks mit dem elektrischen Potenzial kann die Spannung so als elektrischer Druckunterschied interpretiert werden, welcher genauso die Ursache für den elektrischen Strom ist wie Luftdruckunterschiede die Ursache für Luftströmungen sind.

Beschreibung der „Teaching Experiments“
Insgesamt neun Schüler einer sechsten Gymnasialschulklasse bekamen in individuell durchgeführten „Teaching Experiments“ eine Einführung in die elementare Elektrizitätslehre. Die Interviews, die alle einen zeitlichen Umfang von etwa drei Schulstunden hatten, wurden dabei mit zufällig ausgewählten Schülern unterschiedlicher Leistungsniveaus durchgeführt, wobei keiner der Schüler nennenswerte Vorkenntnisse in Bezug auf die Elektrizitätslehre hatte. Ziel der Interviews war es herauszufinden, welche Visualisierung des Potenzials die Schüler als am verständlichsten empfinden (siehe hierzu Burde et al., 2014b), inwiefern die Grundideen hinter dem Elektronengasmodell von den Schülern akzeptiert und verstanden werden und mit welchen Lernschwierigkeiten in einem Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells zu rechnen ist.
Es zeigte sich, dass die Schüler die dem Elektronengasmodell zugrundeliegenden Konzepte wie die Elektrostatik und Atomvorstellung akzeptieren und verstehen. Insbesondere besitzen bzw. entwickeln sie zügig ein für das Elektronengasmodell ausreichendes Luftdruckverständnis im Sinne von „komprimierte Luft steht unter Druck, drückt gegen die Wände und hat das Bestreben sich auszudehnen“, da sie hierzu in der Regel bereits an Alltagserfahrungen z.B. mit Luftpumpen oder Fußbällen anknüpfen können. Der anschließend nötige Transfer ihres Luftdruckverständnisses auf den in Stromkreisen herrschenden „elektrischen Druck“ stellt für die Schüler keine nennenswerten Schwierigkeiten dar. In direkter Analogie zum Luftdruckunterschied, der die Ursache für Luftströmungen darstellt, begreifen die Schüler dann die Spannung intuitiv als elektrischen Druckunterschied, der die Ursache für Elektronenströmungen, d.h. den elektrischen Strom, darstellt.

Bekannte Lernschwierigkeiten
In den Teaching Experiments traten auch eine Reihe bekannter und neuer Fehlvorstellungen und Lernschwierigkeiten auf, die einerseits wertvolle Erkenntnisse in Hinblick auf die Entwicklung eines vollwertigen Unterrichtskonzepts lieferten, andererseits aber vor dem Hintergrund des mit drei Schulstunden knapp bemessenen Zeitrahmens und der für die Schüler vielen neuen Inhalte ohne Übungs- und Vertiefungsphasen nicht überraschend sind.
Zu den aufgetretenen bekannten Lernschwierigkeiten zählt u.a. die sequentielle Argumentation (Closset, 1984), wonach Schüler nicht den Systemcharakter von Stromkreisen erkennen, sondern glauben, der Elektronenstrom habe seinen Anfang im Minuspol der Batterie und ströme von dort aus durch den Stromkreis in Richtung Pluspol. In Folge argumentierten einige Schüler bei Reihenschaltungen, dass die Lämpchen nacheinander angehen müssten oder dass sich Widerstandsänderungen im „hinteren“ Teil des Stromkreises nicht auf die Stromstärke im „vorderen“ Teil auswirken würden. Auch vertraten drei Schüler die bekannte und weit verbreitete Stromverbrauchsvorstellung (Rhöneck, 1986), wonach Elektronen in Widerständen oder Lämpchen verbraucht oder an den Atomrümpfen hängenbleiben würden. Einige Schüler vertraten ferner die inverse Widerstandsvorstellung (Rhöneck, 1986), wonach ein größerer Widerstand mehr Strom benötige und daher eine Erhöhung der Stromstärke im Stromkreis zu Folge habe.

Neu gefundene Lernschwierigkeiten
Aus physikdidaktischer Perspektive besonders interessant sind allerdings die neu aufgetretenen, modellspezifischen Lernschwierigkeiten. So führt die bereits bekannte Fehlvorstellung einer Batterie als Konstantstrom- statt Konstantspannungsquelle im Elektronengasmodell dazu, dass viele Schüler zunächst einen direkten Zusammenhang zwischen Leitervolumen und dem im Leiter herrschenden Potenzial sehen. In der Vorstellung der Schüler steht den Elektronen bei einem größeren Leiter mehr Platz zur Verfügung, weshalb der „elektrische Druck“ bzw. das elektrische Potenzial in diesem absinken müsse. Konkret zeigte sich diese

Fehlvorstellung, wenn neben ein bisheriges Lämpchen ein weiteres, gleichartiges Lämpchen parallel geschaltet wird, wie im linken Teil der Abbildung 1 zu sehen ist.

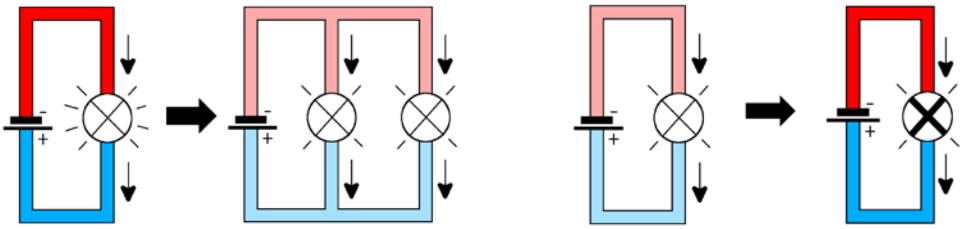


Abb. 1: Fehlvorstellung, wonach der elektrische Druckunterschied bei Vergrößerung des Volumens absinken (links) bzw. bei Vergrößerung des Widerstands ansteigen müsse (rechts).

In einer anderen Ausprägung führt die Konstantstromvorstellung dazu, dass Schüler eine Abhängigkeit zwischen dem im Stromkreis verwendeten Widerstand und dem im Leiter herrschenden Potenzial sehen. Wie im rechten Teil der Abbildung 1 illustriert, wird dabei angenommen, dass der elektrische Druck im Leiterstück, das mit dem Minuspol der Batterie verbunden ist, zunehmen müsse, wenn der Widerstand im Stromkreis vergrößert wird. Dahinter steht die Idee, dass ein größerer Widerstand zu einem größeren Elektronenrückstau im Leiterstück führe und damit dort auch der elektrische Druck bzw. das elektrische Potenzial ansteigen müsse.
Bei Parallelschaltungen scheinen manche Schüler ferner Probleme zu haben, konzeptionell zwischen dem elektrischen Druck und der Stromstärke in einem Leiterabschnitt zu differenzieren. Konkret wird von ihnen angenommen, dass in allen Bereichen gleichen elektrischen Drucks auch die Stromstärke gleich groß sein müsste.

Ausblick

In den durchgeführten Teaching Experiments hat sich das Elektronengasmodell als vielversprechender Ansatz zur Einführung in die elementare Elektrizitätslehre erwiesen, da es den meisten Schülern gelingt, ein intuitives und unabhängiges Spannungskonzept auf der Grundlage ihrer Alltagserfahrungen mit dem Luftdruck zu entwickeln. Aufbauend auf den mit Hilfe der Teaching Experiments gewonnen Erkenntnissen wurde ein Unterrichtskonzept nach dem Elektronengasmodell inklusive passender Unterrichtsmaterialen entwickelt, das nun im realen Unterricht u.a. mit Hilfe des von Urban-Woldron entwickelten E-Lehre-Tests (Urban-Woldron, 2013) evaluiert wird.

Literatur

Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand, Naturwissenschaften im Unterricht-Physik, 34 (1986) 13, S.108-112.

Herrmann, F.; Schmälzle, P. (1984). Das elektrische Potential im Unterricht der Sekundarstufe I. In: MNU 37 (1984) 8, S.476-482.

Clement, J. J.; Steinberg, M. S. (2002). Step-Wise Evolution of Mental Models of Electric Circuits: A „Learning-Aloud“ Case Study. In: The Journal of The Learning Sciences, 11 (2002) 4, S.389-452.

Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Wiesner, H. (2014a). Das Elektronengasmodell in der Sekundarstufe I. In: PhyDid-B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Frankfurt 2014, www.phydid.de

Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Wiesner, H. (2014b). Das Elektronengasmodell und Möglichkeiten seiner Visualisierung. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Heterogenität und Diversität. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014, 35 (2015), S. 438 – 440.

Closset, J. L. (1984). Woher stammen bestimmte „Fehler” von Schülern und Studenten aus dem Bereich der Elektrizitätslehre? Kann man sie beheben? Der Physikunterricht 18 (1984) 2, S.21–31.

Urban-Woldron, H. (2013). Das Verständnis in der Elektrizitätslehre überprüfen - In: Bernholt, S. (Hrsg.): Inquiry-based learning - Forschendes Lernen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 (2013) 33, S.209 – 211.

Sebastian Peters Universität Oldenburg
Michael Komorek

Evaluation theoriebasiert konzipierter Lernmaterialien

Lernmaterialien, und unter ihnen insbesondere Schulbüchern, kommen im Unterricht vielfältigste Funktionen zu. Sie können – eine entsprechende Qualität vorausgesetzt – nicht nur als Stützsystem für das möglichst eigenständige Lernen von Schülerinnen und Schülern fungieren, sondern auch als Lehr- und Lernunterstützung aufseiten der Lehrkräfte (Schmit 2014). Wenngleich die unterrichtliche Bedeutung von Lernmaterialien unstrittig erscheint, „muss man von einer völligen Unterrepräsentation der empirischen Lehrwerksforschung sprechen“ (Einsiedler 2011, 59). Ausgehend von Arbeiten an der Universität Oldenburg, die sich mit der Analyse von Schulbüchern befasst haben (Kiper et al. 2010; Schmit 2014), lässt sich konstatieren, dass auch Physikschulbücher die an sie gestellten Ansprüche nur unzureichend einzulösen vermögen.
Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse wurde ein *Rahmenmodell* formuliert, das verschiedene Wissensbestände zur Konzeption von Lernmaterialien integriert und systematisiert (Peters et al. 2013). Auf Basis des Modells wurden insgesamt drei *kompetenzorientierte Lernmaterialvarianten* (kurz: LMV 1-3) zur Einführung in die kinematische Bewegungsbeschreibung für die Klassenstufen 7 und 8 konzipiert, die den Geschwindigkeitsbegriff als vektorielle Größe einführen. Diese wurden im Rahmen einer *konstruktiven Entwicklungsstudie* (Zech & Wellenreuther 1992) mit zwei Forschungsphasen evaluiert und schrittweise optimiert. Der intendierte Output des Projektes besteht in Lernmaterialien,

- die in Abhängigkeit von unterschiedlichen *Lernvoraussetzungen* mit hoher Wahrscheinlichkeit zum Erwerb explizit formulierter Kompetenzen führen,
- die aufgrund ihrer Struktur und Gestaltung zu einer hohen schülerseitigen *Akzeptanz* führen und
- die – zusammen mit entsprechend aufbereiteten Hinweisen – auch als Lernmaterialien für Lehrkräfte fungieren können.

Eine zusammenfassende Darstellung des Forschungs- und Entwicklungsprozesses findet sich bereits bei Peters & Komorek (2015). Dieser Beitrag ergänzt einzelne Hintergrundüberlegungen, Studienergebnisse und Schlussfolgerungen.

Laborstudien zur Konzeption und Optimierung der Lernmaterialien und Instrumente

Die in dem Rahmenmodell inkludierten Theorien liefern ihrem Wesen nach allgemeine Aussagen über Zusammenhänge, die es zunächst in *technologische Regel* zu überführen galt, z.B.: „Um den *Aufmerksamkeitsteilungseffekt* (*split-attention effect*) zu verringern, soll eine räumliche Distanz zwischen Abbildungen und zugehörigen Textelementen vermieden werden, indem Textelemente in Abbildungen integriert werden.“ Da auch technologische Regeln dieser Art generalisierend formuliert sind, wurde im Prozess der Konzeption bei jedweder Identifikation der Notwendigkeit ihrer Anwendung ein *Handlungsentwurf* formuliert, der die jeweilige Umsetzung konkretisierte. Die Frage, ob ein bestimmter Handlungsentwurf eine angemessene Operationalisierung der jeweiligen technologischen Regel darstellt, führte zu einer *Äquivalenzprüfung* (Kiper & Mischke 2009, 22f). Diese Prüfung wurde durch die beteiligten Wissenschaftler während der Erstkonzeption zunächst diskursiv-analytisch vorgenommen. Anschließend wurde der Entwurf der LMV 1 im Rahmen einer Laborstudie mit Siebtklässlerinnen und -klässlern verschiedener Oldenburger Gymnasien evaluiert. Hierbei wurden – in Abhängigkeit von jeweils aktuellen Evaluationszielen – die Aufgabenbearbeitungen im Lernmaterial, bei der Bearbeitung

gestellte Fragen (Videographie) sowie Daten aus akzeptanz- und lernwirksamkeitsbezogenen Interviews und Tests herangezogenen, um Lernhindernisse zu identifizieren, weitere Äquivalenzprüfungen vorzunehmen und Handlungsentwürfe zu optimieren. Die eingesetzten Instrumente der Datenerhebung wurden in dieser Phase ebenfalls schrittweise weiterentwickelt.
Im Fortgang der Laborstudie wurden durch systematische Reduktion des Umfangs an Erklärungen in Form von Lehrtexten und Abbildungen sowie durch Reduktion der Aufgabendichte zwei weitere LMV abgeleitet (mittlere Ausprägung: LMV 2; geringste Ausprägung: LMV 3) und in demselben Setting evaluiert. Über dieses Vorgehen sollten *adaptive Lernangebote* bereitgestellt werden, die unterschiedliche Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigen.
Die umrissene Laborstudie wurde mit insgesamt N = 75 Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Sie lieferte neben spezifischen Hinweisen auf einzelne Lernhindernisse auch aufschlussreiche Erkenntnisse über die schülerseitige Akzeptanz der drei LMV, wie die nachfolgenden Schülerantworten zu den LMV 1 und 3 exemplarisch verdeutlichen.

LMV 1	„Da war alles ganz gut erklärt, dass man es auch beibehält, dass man es auch versteht. Und die Aufgaben haben gepasst.“
	„Es war gut, dass zu jeder Aufgabe ein Bild war. [...] Das war auch ein bisschen mehr. Also, da konnte man sich das besser vorstellen. Da war das leichter.“
LMV 3	„Mir hat nicht so gut gefallen, dass das zum Teil so doll erklärt wurde. Zum Beispiel, dass da ein Text ist und da eine Tabelle und das ist überflüssig. [...] Und da muss man nicht drei Beispiele und dafür fast eine Seite brauchen.“

Die dritte Schüleraussage verweist hier – in Verbindung mit den jeweiligen Leistungsergebnissen – auf die Hypothese, dass Schülerinnen und Schüler mit besonders günstigen Lernvoraussetzungen im Fach Physik auch mit einem deutlich geringeren Grad an instruktionaler Unterstützung, wie er in LMV 3 angelegt wurde, erfolgreich lernen können.

Studie im Drei-Gruppen-Plan zum systematischen Vergleich der drei Lernmaterialvarianten

Im Anschluss an die Laborstudie wurden die drei LMV einer Vergleichsstudie mit N = 55 Schülerinnen und Schüler zweier 8. Klassen einer Realschule unterzogen (Drei-Gruppen-Plan mit Randomisierung). Einzelne Ergebnisse wurden bereits bei Peters et al. (2013) vorgestellt. Während die fragebogenbasierte Erhebung eine hohe schülerseitige Akzeptanz bezüglich aller drei LMV und ihrer Gestaltungsprinzipien offenbarte, fielen die Leistungsergebnisse auf Basis des kompetenzorientierten Leistungstests insgesamt ernüchternd aus, wobei die LMV 3 im absoluten Vergleich die höchste Lernwirksamkeit aufwies. Bei statistischer Berücksichtigung des fachspezifischen Leistungsvermögens ließ sich jedoch die Hypothese bestätigen, dass Schülerinnen und Schüler mit geringeren Lernvoraussetzungen besser mit der LMV 1 lernen können.
Die als unzureichend eingeschätzte Lernwirksamkeit der drei LMV wurde zum Anlass genommen, die Bearbeitungs- bzw. Lösungsstrukturen zu den Leistungstest-Aufgaben einer feinmaschigen Analyse zu unterziehen (Herbers 2012). Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt exemplarisch das Analyseergebnis zu einer Testaufgabe, bei der die Schülerinnen und Schüler die durchschnittliche Schnelligkeit zweier Läufer auf der Grundlage der Bewegungsverläufe in einem gegebenen t-s-Diagramm bestimmen sollten. Über diesen Zugang konnten Begriffe und Zusammenhänge identifiziert werden, die durch die bisherige Konzeption noch nicht hinreichend konsolidiert wurden. Auf Basis der gewonnenen

Erkenntnisse wurden die LMV 1 und 3 erneut überarbeitet und es wurde ein ergänzendes Heft mit Übungsaufgaben konzipiert. Die LMV 2 wurde aus forschungspragmatischen Gründen verworfen, da die geringen Mittelwertunterschiede in der Lernwirksamkeit – auch bei Berücksichtigung weiterer Faktoren – keine Beibehaltung rechtfertigten.

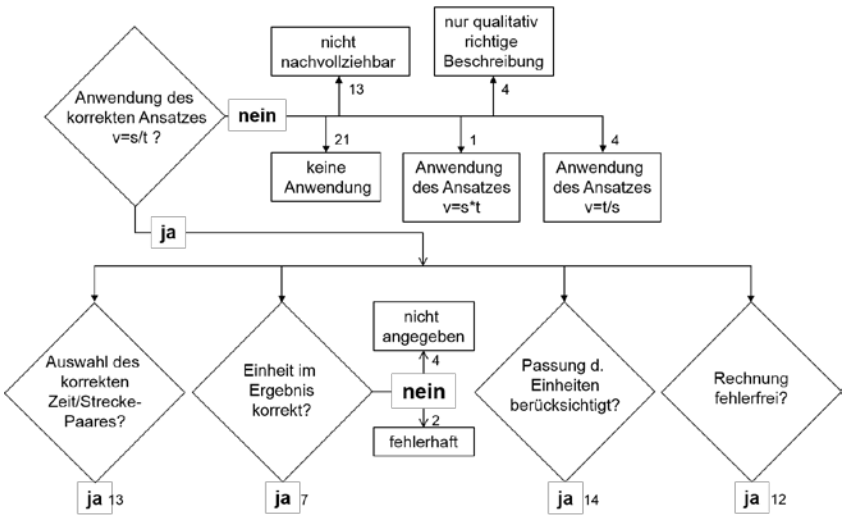


Abb. 1: Analyse der Bearbeitung einer Leistungstest-Aufgabe (Herbers 2012, 50)

Ausblick

Forschungsseitig besteht der Output des Projektes in einem Beitrag zu der Diskussion über fachdidaktische Entwicklungsforschung, wobei sich der gewählte Zugang aufgrund der Systematisierung einer Vielzahl relevanter Wissensbestände aus unterschiedlichen Domänen von vergleichbaren Ansätzen abhebt. Mit Blick auf eine *Unterrichtsentwicklung* im Fach Physik werden die evaluierten LMV 1 und 2, ergänzt um didaktisch-methodische Hinweise, bereitgestellt. Schlussendlich wird eine elementarisierte Form des Rahmenmodells – unter Berücksichtigung von Forschungsergebnissen zur *Lehrerprofessionalisierung* – in ein Konzept für die Lehrerbildung überführt, das auf die systematische Auswahl, Anpassung und eigenständige Anfertigung von Lernmaterialien abhebt.

Literatur

Einsiedler, W. (2011). Was ist didaktische Entwicklungsforschung? In W. Einsiedler (Hrsg.), Unterrichtsentwicklung und Didaktische Entwicklungsforschung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 41-70

Herbers, C. (2012). Die Entwicklung von Aufgaben zur Konsolidierung von Wissen auf Basis empirischer und analytischer Untersuchungen. Masterarbeit am Institut für Physik der Universität Oldenburg

Kiper, H. & Mischke, W. (2009). Unterrichtsplanung. Weinheim [u.a.]. Belz

Kiper, H.; Meints, W.; Peters, S.; Schlump, S. & Schmit, S. (Hrsg.) (2010). Lernaufgaben und Lernmaterialien im kompetenzorientierten Unterricht. Stuttgart: Kohlhammer

Peters, S.; Schmit, S. & Komorek, M. (2013). Didaktisch designte Lernmaterialien für den Physikunterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN, 428-430

Peters, S. & Komorek, M. (2015). Lernmaterialien zur Einführung in die Bewegungsbeschreibung. In: Bernholt, S. (Hrsg.), Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN, 453-455

Schmit, S. (2014). Schulbücher als Lehr- und Lernmaterialien. Das Thema 'Bewegungsbeschreibung' in Physikschulbüchern der Sekundarstufe I. Berlin: Logos

Zech, F. & Wellenreuther, M. (1992). Konstruktive Entwicklungsforschung: Eine zentrale Aufgabe der Mathematikdidaktik. Journal für Mathematikdidaktik 13, 2/3, 143-198

Simone Abels Universität Wien

Inklusion und Chemiedidaktik – eine Annäherung

Um mit heterogenen Lernvoraussetzungen von SchülerInnen im Chemieunterricht umzugehen, braucht es geeignete fachdidaktische Ansätze. In der Literatur werden zwei Wege unterschieden: „inclusive pedagogical approaches“ und „additional needs approaches“ (Florian & Black-Hawkins, 2011). Erstere ermöglichen aufgrund ihrer offenen didaktischen Gestaltung die Teilhabe und Selbstbestimmung aller SchülerInnen ohne vorherige Kategorisierung, während letztere sich an die meisten SchülerInnen bzw. an den Durchschnittsschüler wenden und zusätzlich Differenzierung für ein paar Lernende erfordern. Inklusive pädagogische Ansätze sind an den folgenden Kriterien erkennbar:

- “Students choose how, where, when and with whom they learn
- Teachers create options and consult with each student about how they can help
- Teachers create the conditions that support students to work with different groups
- Classroom teacher consults with colleagues including those in learning support to share ideas about teaching and learning
- Students are trusted to make good decisions about their learning” (Florian & Black-Hawkins, 2011, S. 821)

Feyerer und Prammer (2003) nennen Projekte, Stationslernen, Freiarbeit und Werkstattarbeit als inklusive Ansätze für die Sekundarstufe, also reformpädagogisch bzw. konstruktivistisch orientierte Ansätze. Meijer (2010, o.S.) weist allgemeiner daraufhin, dass „[t]argeted goals, alternative routes for learning, flexible instruction and the abundance of homogenous ways of grouping enhance inclusive education.” Verantwortungsübernahme durch die SchülerInnen, Lernen lernen und Problemlösen sieht er als weitere förderliche Aspekte (ebd.).
Häufig sind Binnendifferenzierung und Individualisierung auf der Basis der Diagnostik von Lernvoraussetzungen empfohlene Herangehensweisen in inklusiven Settings. Es stellt sich jedoch die Frage, inwiefern diese Herangehensweisen Kategorisierungen und Defizitbestimmungen erst erfordern oder sogar befördern. Die Intention der Differenzierung sollte zumindest hinterfragt werden: geht es um ein offenes Lernangebot oder um eine kategorielle Zuweisung zu einer Leistungsgruppe? (Abels & Minnerop-Haeler, accepted) Bei Differenzierungen sollte nicht einfach ein ‚mehr oder weniger‘, ‚komplexer oder einfacher‘ angestrebt werden, sondern die individuellen Lernprozesse werden in den Blick genommen und die ganz unterschiedlichen Lernschwierigkeiten sind herauszuarbeiten, um überhaupt gezielt und erfolgreich differenzieren zu können (vgl. Michels, 2015). Diese Lernschwierigkeiten können genauso individuell wie fachlich oder systemisch bedingt sein.
Differenzierung und Individualisierung stellt insbesondere FachlehrerInnen in der Sekundarstufe, die dafür in Pädagogik und Fachdidaktik bisher nicht ausgebildet wurden, vor enorme Herausforderungen. Sie müssen zudem nicht nur ihr Fach beherrschen, sondern die speziellen Aneignungsmodi ihres Faches und darin liegende Lernhindernisse durchschauen. Auch der Schülervorstellungsforschung kommt damit besondere Bedeutung zu.
Aufgrund der Ergebnisse meines Forschungsprojekts (s. z. B. Abels, 2015) komme ich zu dem Schluss, dass der Ansatz der „inclusive pedagogical approaches“ für ChemielehrerInnen unter bestimmten Bedingungen sogar leichter umsetzbar wäre als „additional needs approaches“ und dass der Ansatz zudem der Vision von Inklusion näher käme.

Diversität willkommen heißen im Naturwissenschaftsunterricht

In meinem Forschungsprojekt kontrastiere ich eine konstruktivistisch orientierte, fächerübergreifende Lernwerkstatt, bei der SchülerInnen ihren eigenen Forschungsfragen

nachgehen, die also auf offenem Forschenden Lernen basiert, mit Chemieunterricht. Beides findet an einer sog. Inklusiven Mittelschule (Klasse 5-8) statt, an der SchülerInnen mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf gemeinsam unterrichtet werden, so dass die Schule de facto integrativ ist, nicht inklusiv (Abels, 2015). Der Chemieunterricht der achten Klassen findet in Halbgruppen zu je neun bis zehn SchülerInnen statt. Es wird zwischen Unterrichtsgesprächen und schüleraktiven Experimentierphasen gewechselt. Die Experimente sind unterschiedlich stark strukturiert, entweder werden Versuchsanleitungen vorgegeben (Forschendes Lernen Level 1) oder Fragestellungen und eine Auswahl an Material bereitgestellt (Forschendes Lernen Level 2; vgl. Blanchard et al., 2010). Die Lernumgebungen werden teilnehmend beobachtet und videographiert mit einem Fokus auf der Lernbegleitung durch die LehrerInnen. Die Kontraste werden systematisch nach der Grounded Theory herausgearbeitet (Charmaz, 2006).

Im Fallvergleich fällt auf, wie stark die Lernbegleitung der Chemielehrerin von systemischen Bedingungen beeinflusst ist, z. B. von dem 50-Minuten-Rhythmus, dem nur wöchentlich stattfindenden Chemieunterricht, vielen Stundenausfällen, curricularen Vorgaben, Notengebung und Sicherheitsvorkehrungen, die der Grund sind, dass SchülerInnen mit Förderschwerpunkt ‚Geistige Entwicklung' nicht am Chemieunterricht teilnehmen. Es kommt beispielsweise während eines vom Schüler überlegten Versuchsaufbaus zur Destillation (inquiry level 2) zu Lehreraussagen wie:

„du verzettelst dich schon wieder, ihr brauchts ihr habts nur mehr a Viertelstund" (30.10.2013, Video 01, 03:58)

Gerade in den offeneren Phasen des Forschenden Lernens (Level 2), bei der viele SchülerInnen durch die Handlungsorientierung partizipieren können, oder bei Unterrichtsgesprächen, in denen die Chemielehrerin intensiv die Aktivierung von Schülervorstellungen verfolgt, bleibt oft nicht ausreichend Zeit, die Ideen der SchülerInnen an die fachlichen Konzepte rückzubinden und die Stunde in Bezug auf das fachliche Lernziel abzuschließen.

Diese systemisch bedingten Beschränkungen sind in der Lernbegleitung des offenen Formats der Lernwerkstatt (Forschendes Lernen Level 3), das von der gleichen Chemielehrerin und einer Biologielehrerin gestaltet wird, nicht gegeben. Drei Tage lang arbeiten die SchülerInnen an eigenen Fragestellungen zu einem vorgegebenen Oberthema (z. B. Wasser, der Mensch, Licht und Farbe, Insekten). Hier fällt auf, wie stark um die erfolgreiche Partizipation aller SchülerInnen unabhängig des Leistungsniveaus gerungen wird. Anstatt innerhalb einer bestimmten Zeit auf EIN fachliches Lernziel hinarbeiten zu müssen, können die Lehrerinnen die Zeit nutzen, um die individuellen Lernprozesse zu unterstützen. Sie bieten eine Struktur und offerieren Möglichkeiten der Auseinandersetzung zu den von den SchülerInnen gewählten Schwerpunkten. Dieses flexible, prozessbegleitende, weitestgehend selbstbestimmte Lernen (vgl. Häcker, 2007) an einem „gemeinsamen Gegenstand" (Feuser, 2013) in den individuellen „Zone[n] der nächsten Entwicklung" (Vygotsky, 1978) macht die Lernwerkstatt zu einem inklusiven Format.

Allerdings werden in der Lernwerkstatt so gut wie keine Themen aus der Chemie bearbeitet. In 13 beobachteten Lernwerkstätten hat je eine Gruppe aus zwei siebten Klassen die gleiche Fragestellung gewählt (Woraus besteht Honig?), so dass nach einem entscheidenden Input durch eine Lernbegleiterin systematisches Experimentieren möglich war (z. B. die Durchführung von Zuckernachweisen). Das Dilemma wird deutlich: Wie sollen Chemielehrkräfte zum einen das Curriculum, zum anderen aber die Ansprüche inklusiven Unterrichts erfüllen?

Inklusive Chemiedidaktik

Chemiedidaktik als Querschnittswissenschaft „setzt sich damit auseinander, wie man Lernenden Inhalte, Bedingungen, Notwendigkeit und Wesen der Chemie nahebringen kann. Im Zentrum steht also der lernende Mensch. Es interessiert uns daher in erster Linie, welche Bedingungen für das Lernen von Chemie besonders förderlich sind." (Lembens, 2009, S. 7)

Seitz (2006, o.S.) umschreibt inklusive Didaktik als „‚Didaktik der Potentialität‘, in der alle Kinder die selbstverständliche Chance erhalten, ihre individuellen Begabungsreserven auszuschöpfen und sich selbst in sozialer Eingebundenheit an der 'Sache' weiterzuentwickeln“ und zwar in einer Schule für alle. Reich (2014, S. 51) schreibt, „Inklusive Didaktik ist konstruktivistische Didaktik” und damit ist sie „interaktionistisch, inhaltlich kritisch/verantwortlich, eine Balance zwischen Instruktionen und Konstruktionen suchend“ (ebd., S. 58). Reich (2014, S. 51) meint auch, dass die Bestimmung fachdidaktischer Modelle durch Fachinhalte „die neuen Aufgaben der Inklusion, die auch die Beziehungsseite, eine umfassende Förderung und Förderdiagnostik unterschiedlicher Lernender, neue Formen der Beurteilung, der Beratung, der Gestaltung der Lernumgebungen usw. betreffen,“ schwächt.

„Inklusive Didaktik muss neuen inklusiven Fachdidaktiken helfen, eine ganzheitliche Sicht zu wahren und hinreichend Vorkehrungen und Grundsätze zur Verfügung stellen, die dann in der fachlichen Umsetzung beachtet und fortgeführt werden.“ (ebd.)

Zusammenführend heißt das, dass Inklusive Chemiedidaktik besser als bisherige didaktische Theorien und Ansätze eine Vereinbarung finden muss zwischen Sache und Individuum. Solange die Curricula nicht ausreichend zieldifferentes und selbstbestimmtes Lernen ermöglichen, besteht vor allem die Chance der Kooperation im bestehenden System, so dass fachliches und inklusives Lernen einander nicht ausschließen:

„Subject-specific teaching could implement inquiry successively (level 0 to 2) and develop prior knowledge so that students can come with their open questions into the Lernwerkstatt. Of course, Lernwerkstatt should then not be offered just once a year.” (Abels, 2015, S. 90)

Fachliche Konzepte, die in der Lernwerkstatt nicht gezielt bearbeitet werden können, können dann im Chemieunterricht aufgegriffen und entlang der gewählten Themen der Kleingruppen gezielt erarbeitet werden.

Literatur

Abels, S. (2015). Scaffolding Inquiry-Based Science and Chemistry Education in Inclusive Classrooms. In N. L. Yates (Ed.), New Developments in Science Education Research. New York City: Nova, 77 – 96

Abels, S. & Minnerop-Haeler, E. (accepted). Lernwerkstatt – An Inclusive Approach in Science Education. In S. Markic & S. Abels (Eds.), Inclusive Science Education. New York City: Nova

Blanchard, M., Southerland, S., Osborne, J., Sampson, V., Annetta, L. & Granger, E. (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

Charmaz, K. (2006). Constructing Grounded Theory: A Practical Guide Through Qualitative Analysis. London: Sage

Feuser, G. (2013). Die „Kooperation am gemeinsamen Gegenstand“. Behinderte Menschen, 3, o.S.

Feyerer, E. & Prammer, W. (2003). Gemeinsamer Unterricht in der Sekundarstufe 1. Anregungen für eine integrative Praxis. Weinheim, Basel, Berlin: Beltz

Florian, L. & Black-Hawkins, K. (2011). Exploring inclusive pedagogy. British Educational Research Journal, 37 (5), 813-828

Häcker, T. (2007). Portfolio – ein Medium im Spannungsfeld zwischen Optimierung und Humanisierung des Lernens. In M. Gläser-Zikuda & T. Hascher (Eds.), Lernprozesse dokumentieren, reflektieren und beurteilen. Lerntagebuch und Portfolio in Forschung und Praxis. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 63 - 85

Lembens, A. (2009). Stolpersteine beim Lehren und Lernen von Chemie – Herausforderungen für die Fachdidaktik. IMST Newsletter, 8 (28), 7-9

Meijer, C. J. W. (2010). Special Needs Education in Europe: Inclusive Policies and Practices. Zeitschrift für Inklusion, 4 (2), o.S., http://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/136/136

Michels, I. (2015). „Die Haltung entscheidet“ – Differenziert unterrichten: Was passiert im Kopf des Lernenden? bildungSPEZIAL, 2, 8-10

Reich, K. (2014). Inklusive Didaktik. Bausteine für eine inklusive Schule. Weinheim und Basel: Beltz

Seitz, S. (2006). Inklusive Didaktik: Die Frage nach dem ‚Kern der Sache‘. Zeitschrift für Inklusion, 1 (1), o.S., http://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/184/184

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. MA: Harvard University Press

Patrick Löffler
Alexander Kauertz

Universität Koblenz-Landau

Modellanwendung in Problemlöseaufgaben: Wie wirkt Kontext?

Obwohl eine Kontextualisierung von Problemen im Sinne der neuen Aufgabenkultur als wünschenswert gilt, gibt es keine eindeutigen Befunde zum Einfluss von Kontext auf die Performanz von Lernenden bei Problemlöseaufgaben: Während einerseits beobachtet werden kann wie kontextualisiertes Lernen Transfer erschwert (Taasoobshirazi & Carr, 2008), gibt es im Gegensatz dazu auch Hinweise auf ein besseres konzeptuelles Verständnis (Tsai, 2000). Bennet, Lubben und Hogarth (2007) kommen in ihrer Meta-Studie zu dem Schluss, dass Kontext zumindest keinen negativen Einfluss auf das naturwissenschaftliche Lernen hat, wohl aber eine positive Einstellung zu den Naturwissenschaften fördern kann. Die unklare Wirkung von Kontext auf die Leistung im Problemlöseprozess lässt sich zum Teil dadurch erklären, dass Kontexte mit unterschiedlichen, meist unscharf definierten Merkmalen charakterisiert werden. Nach Mestre (2002) bestehen kontextualisierte Aufgaben aus zwei Ebenen: Die Oberflächenebene beinhaltet eine realistische Problemgeschichte, deren Elemente mit Elementen der Modellebene in Verbindung gebracht werden müssen. Während die Elemente der Oberflächenebene reale Objekte/Ereignisse bzw. deren Eigenschaften sind, besteht die Modellebene aus *Fakten* bzw. *Zusammenhängen* (Kauertz, 2008). Löffler und Kauertz (2015) definieren auf der Oberflächenebene *Kontextualisiertheit* als Merkmal, welches die Anzahl der für die Lösung irrelevanten Elemente beschreibt: Enthält die Oberflächenebene ausschließlich Elemente, die zur Lösung unbedingt nötig sind, bzw. nur wenig mehr Elemente, ist die *Kontextualisierung* niedrig, ansonsten hoch. Auf der Modellebene lässt sich die *Komplexität* (Kauertz, 2008) als schwierigkeitserzeugender Aspekt anhand der Lösungsstruktur (in Abb. 1 eingekreist) bestimmen. Besteht die Lösung aus der Nennung einzelner *Fakten* ist die Komplexität niedrig, besteht die Lösung aus mehreren *Zusammenhängen* ist sie hoch. Darüber hinaus kann *Transparenz* (Löffler & Kauertz, 2014) als Eigenschaft der Verbindung der Ebenen definiert werden: Sind Elemente der Lösungsstruktur bereits in die Oberflächenebene eingebunden, so ist die *Transparenz* der Aufgabe hoch, umgekehrt ist sie dann niedrig, wenn die Oberflächenebene Modellelemente enthält, die ihren Ursprung außerhalb der Lösungsstruktur haben (Bsp. in Abb. 1).

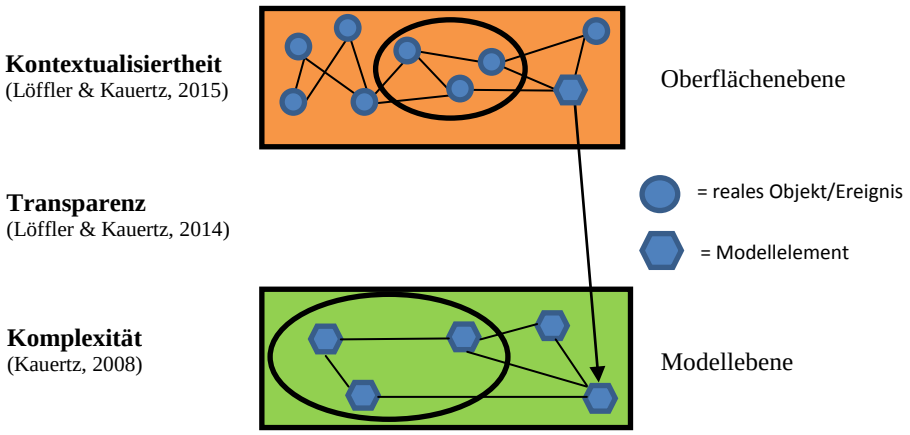


Abbildung 1: Beispiel im Kontextmodell – Hohe Kontextualisiertheit, hohe Komplexität, niedrige Transparenz

In der Studie wird nun der Zusammenhang zwischen den drei Kontextmerkmalen *Kontextualisiertheit*, *Transparenz* sowie *Komplexität* und der Leistung im Problemlöseprozess untersucht. Dies wird in folgenden Hypothesen konkretisiert:

Eine hohe Transparenz kann die Nutzung passender Konzepte begünstigen (Löffler & Kauertz, 2014). Daher müsste gelten:

H1: Die Leistung bei hoher Transparenz ist besser als die Leistung bei niedriger Transparenz.

Niedrige Komplexität kann die Aufgabenschwierigkeit verringern (Kauertz, 2008). Daher wäre zu erwarten:

H2: Die Leistung bei niedriger Komplexität ist höher als die Leistung bei hoher Komplexität.

Eine stark unterschiedliche Oberflächenebene kann für Novizen zu unterschiedlichen Bearbeitungsansätzen führen (Mestre, 2002). Daraus folgt:

H3: Die Leistung bei hoher Kontextualisiertheit unterscheidet sich von der Leistung bei niedriger Kontextualisiertheit.

Methode

Die Studie wird mit 211 Zehntklässlern der gymnasialen Mittelstufe durchgeführt (106m, 105w, Ø 15,4 Jahre). Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten jeweils eine von acht Varianten einer Aufgabe aus der Thermodynamik (Löffler & Kauertz, 2014), die sich in den dichotomen Variablen Transparenz, Kontextualisiertheit und Komplexität unterscheiden (2x2x2 – Design). Als Kovariate werden kognitive Fähigkeiten mit Subskalen des IST 2000R (Liepmann et al., 2001) sowie konzeptuelles Vorwissen im Bereich Wärmelehre gemessen. Dazu wird eine ins Deutsche übersetzte Version des „Thermal Concept Evaluation“ – Tests (Yeo & Zadnick, 2001) verwendet. Die Leistung im Problemlöseprozess wird mit einem Fragebogen im „Offene Antwort“ – Format gemessen (adaptiert nach Charles et. al., 1987) ($\alpha_C = .62$, $n = 133$).

Ergebnisse und Diskussion

In der durchgeführten Regressionsanalyse konnte ein kleiner Effekt des Merkmals *Transparenz* auf die Leistung im Problemlöseprozess beobachtet werden ($\beta = .13$, $p = .019$, $\eta^2 = .03$). Allerdings zeigte sich weder ein signifikanter Einfluss des Kontextmerkmals *Komplexität*, noch von *Kontextualisiertheit*. Dies ist zunächst ein überraschendes Ergebnis, da die stark verschiedene Oberflächenebene in den beiden Ausprägungen von *Kontextualisiertheit* Unterschiede im Erfolg der Bearbeitung ebenso erwarten ließe, wie die unterschiedlichen Komplexitätsniveaus der geforderten Lösung. Die Beobachtung ist allerdings konform mit den Ergebnissen von Bennett, Lubben und Hogarth (2007), wonach Kontext keinen Einfluss auf die Leistung hat. Eine weitere Erklärung für den fehlenden Effekt von *Kontextualisiertheit* und *Komplexität* ist die Operationalisierung der Performanz: Da der gesamte Problemlöseprozess bewertet wurde, kann ein Effekt auf einzelne Schritte darin zu schwach sein, um auf der Prozessebene nachweisbar zu sein. In der Studie von Pozas (2015), die dieselben kontextualisierten Problemlöseaufgaben nutzte, konnten Effekte affektiver Variablen beobachtet werden, die ebenfalls zur Erklärung dienen können: Das Merkmal *Kontextualisiertheit* verhindert in der Ausprägung *hoch* einen Interessensabfall

über die Bearbeitungsdauer der Aufgabe. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, dass durch die Interaktion der drei Kontextmerkmale ein Coping-Modus aktiviert wird: Ängstlichkeit, ausgelöst durch eine als hoch empfundene Aufgabenschwierigkeit, wird dabei durch eine als interessant angesehene Aufgabe kompensiert.

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. doi:10.1002/sce.20186

Charles, R., Lester, F. K., & O'Daffer, P. G. (1987). *How to evaluate progress in problem solving* (2nd ed.). *NCTM "How to …" series*. Reston, Va: National Council of Teachers of Mathematics.

Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos.

Liepmann, D. (2007). *Intelligenz-Struktur-Test 2000 R* (2nd ed.). Göttingen; Wien u.a: Hogrefe Verl. f. Psychologie.

Löffler, P., & Kauertz, A. (2014). Applying physics models in context-based tasks in physics education. In C. Constantinou, N. Papadouris, & A. Hadjigeorgiou (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. (Strand 10, pp. 171–179). Nicosia, Cyprus. Retrieved from http://www.esera.org/media/esera2013/Patrick_Lo%CC%88ffler_19Dec2013.pdf

Löffler, P. & Kauertz, A. (2015). Modellanwendung in kontextualisierten Problemlöseaufgaben. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 648-650). Kiel: IPN.

Mestre, J. P. (2002). Probing adults' conceptual understanding and transfer of learning via problem posing. Journal of Applied Developmental Psychology, 23(1), 9–50. doi:10.1016/S0193-3973(01)00101-0

Pozas, M. (2015, September). Motivationale und metakognitive Effekte von Kontexten. Posterpräsentation bei der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Berlin.

Taasoobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A Review and Critique of Context-Based Physics Instruction and Assessment. *Educational Research Review, 3*(2), 155–167.

Tsai, C.-C. (2000). The effects of STS-oriented instruction on female tenth graders' cognitive structure outcomes and the role of student scientific epistemological beliefs. *International Journal of Science Education, 22*(10), 1099–1115. doi:10.1080/095006900429466

Yeo, S. (2001). Introductory thermal concept evaluation: assessing students' understanding. *The Physics Teacher, 39*(8), 496. doi:10.1119/1.1424603

Anja Lembens Universität Wien
Simone Abels

Mit Mysteries zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht – das Projekt

Im FP7 EU-Projekt ‚Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated' (TEMI)[1] wurden neben Materialien für den Unterricht auch ein Fortbildungsprogramm für LehrerInnen der Sekundarstufe entwickelt. In diesem und einem zweiten Beitrag (Puddu, Lembens & Abels in diesem Band) sollen ausgewählte Ziele und zugrundeliegende theoretische Konzepte des Programmes vorgestellt werden. Ein wichtiges Ziel des Projekts ist es, SchülerInnen über Mysteries für naturwissenschaftlichen Unterricht und für Forschendes Lernen zu begeistern. Dies geschieht über systematische LehrerInnenfortbildungen, in denen Lehrende einerseits in die Theorien Forschenden Lernens (z. B. Level des Forschenden Lernens und das 5E-Modell) eingeführt werden, andererseits erhalten sie Gelegenheit, Forschendes Lernen selbst zu erfahren, gemeinsam Unterricht zu planen und erste Anwendungen im eigenen Unterricht mit den KollegInnen der Fortbildungsgruppe und den FortbildnerInnen zu diskutieren und weiterzuentwickeln.
Im TEMI-Projekt konzentrieren wir uns auf vier Innovationen für naturwissenschaftlichen Unterricht (McOwen & Olivotto, 2015):

1. Wecken von Neugierde über Mysteries
2. Forschendes Lernen mit abgestufter Übergabe von Verantwortung an die Lernenden (Level des Forschenden Lernens)
3. Lehren und Lernen entlang des 5E-Modells für Forschendes Lernen
4. Naturwissenschaftliche Phänomene motivierend präsentieren

In diesem Beitrag werden die Innovationen 1 (Was ist ein Mystery?) und 2 (abgestufte Übernahme von Verantwortung durch die Lernenden beim Forschenden Lernen) vorgestellt. Im zweiten Beitrag in diesem Band (Puddu, Lembens & Abels) stehen die Innovationen 3 und 4 im Vordergrund.

Was ist ein Mystery?

„Findings suggested the use of a wonder framework generated an increased interest and more positive views regarding science content" (Gilbert, 2013, S. 6). Bei TEMI wird dieser ‚Wonder'-Aspekt gezielt genutzt, um SchülerInnen für Forschendes Lernen zu begeistern. Ein (naturwissenschaftliches) Phänomen, das Staunen hervorruft und nicht sofort mit dem vorhandenen Wissen erklärt werden kann, wird bei TEMI als Mystery bezeichnet. Mysteries sollen das Bedürfnis des ‚Wissenwollens' wecken, wodurch Fragen aufgeworfen werden, die forschend bearbeitet werden können. Damit ermöglichen Mysteries einen motivierenden Einstieg in das Forschende Lernen. Ob ein Phänomen als mysteriös empfunden wird, hängt jedoch stark davon ab, welche Vorerfahrungen und welches Vorwissen eine Person hat. Nicht alle Phänomene eignen sich für den Einstieg ins Forschende Lernen. Folgende Kennzeichen sollten bei der Planung und Auswahl berücksichtigt werden.
Ein Mystery ist dann geeignet, wenn:

- Neugierde geweckt wird und Lernende motiviert werden, eigene Fragen zu stellen.
- es wissenschaftlich untersucht und erklärt werden kann und an die Fähigkeiten der Lernenden anschließt.

[1] Das Projekt läuft seit Februar 2013 bis Juli 2016 und wird von der Europäischen Union unter der Grant Agreement Nummer 321403 gefördert. Weitere Informationen unter http://teachingmysteries.eu/at (05.10.2015).

- naturwissenschaftliche Kenntnisse und Methoden beim Bearbeiten der Mysteries benutzt werden können.
- Mysteries als überraschende, widersprüchliche Ereignisse einen Konzeptwandel bei den Lernenden anregen.
- affektiv ansprechende Lerngelegenheiten bereitgestellt werden können.
- wichtige Teile des Curriculums abgedeckt werden, um die investierte Zeit zu rechtfertigen.
- die Zeit zwischen Mystery und seiner Auflösung überschaubar ist (1-2 Schulstunden).

(vgl. http://teachingmysteries.eu/at/ueber-uns/ [13.10.2015])

Die Partner im TEMI-Projekt haben inzwischen zahlreiche Mysteries und dazu passende, das Forschende Lernen fördernde Materialien für den Unterricht entwickelt. Diese Materialien sind über die lokalen Homepages der PartnerInnen herunterladbar (http://teachingmysteries.eu/en/home/ [13.10.2015]). Für den deutschsprachigen Bereich ist u.a. ein Sonderheft mit einführenden Basisartikeln, sechs ausgewählten Mysteries sowie Vorschlägen für die Implementation im Unterricht erschienen (http://www.vcoe.or.at/files/sonderheft2015_1b.pdf [13.10.2015]).

Forschendes Lernen mit abgestufter Verantwortungsübernahme der Lernenden

Forschendes Lernen soll SchülerInnen einerseits das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte ermöglichen und andererseits Gelegenheiten bieten, naturwissenschaftliche Untersuchungen selbst durchzuführen sowie die Vorgehensweise bei solchen Untersuchungen zu reflektieren. Ziel ist es, durch erfahrungsbasiertes Lernen die Entwicklung eines angemessenen Verständnisses von Naturwissenschaft und den Aufbau von Kompetenzen anzuregen (vgl. Abrams, Southerland & Evans, 2008). Forschendes Lernen gibt Raum für individuelle Zugänge und eignet sich daher besonders, um SchülerInnen aller Altersstufen für das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte zu begeistern. Sowohl leistungsschwächere als auch leistungsstärkere SchülerInnen können durch differenzierte Lernbegleitung gefördert werden, da sowohl stark strukturierte als auch sehr offene Zugänge möglich sind (Abels, Puddu & Lembens, 2014). Die folgende Abbildung 1 zeigt zentrale Aspekte Forschenden Lernens, die je nach Offenheit der Lernsituation in die Verantwortung der SchülerInnen gegeben werden können.

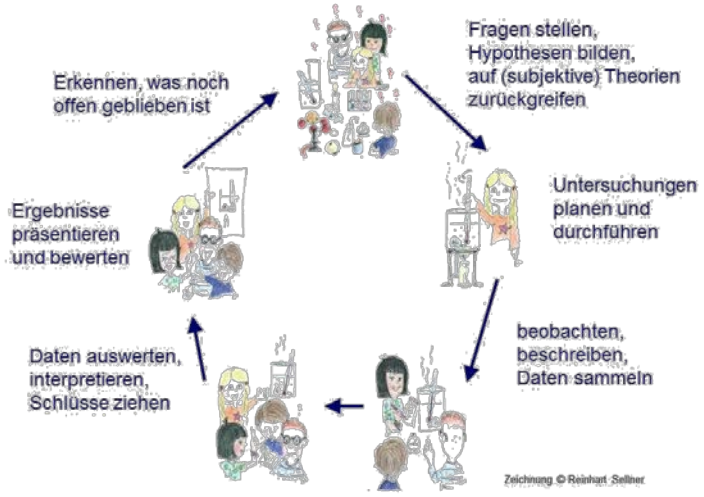


Abb. 1. Aspekte Forschenden Lernens (Abels, Lautner & Lembens, 2014, S. 14)

Zu beachten ist, dass reale Forschung nie in einem derart linearen Zirkel ablaufen, sondern über viele Umwege, Rückwege und Irrwege. Dies sollte den Lernenden auch so vermittelt werden, indem konstruktiv mit unerwarteten Zugängen und Ergebnissen umgegangen wird.
Wichtig ist, dass SchülerInnen, für die das Forschende Lernen noch ungewohnt ist, nicht überfordert werden und sie die notwendigen Kompetenzen Schritt für Schritt erwerben können. Dafür hat sich eine schrittweise Öffnung bewährt, die folgendem Schema folgt.

	Quelle der Fragestellung	Datenerhebungs-methoden	Interpretation der Ergebnisse
Level 0: bestätigend	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson
Level 1: strukturiert	Lehrperson	Lehrperson	Offen für SchülerInnen
Level 2: geleitet	Lehrperson	Offen für SchülerInnen	Offen für SchülerInnen
Level 3: offen	Offen für SchülerInnen	Offen für SchülerInnen	Offen für SchülerInnen

Abb. 2. Stufenweise Verantwortungsübernahme beim Forschenden Lernen (übersetzt nach Blanchard et al., 2010, S. 581)

Entlang der Level von 0 bis 3 wird schrittweise die Verantwortung für die Interpretation der Ergebnisse, über die Erhebung der Daten bis zur Formulierung von Forschungsfragen von der Lehrperson an die Lernenden abgegeben. Auf Level 0 sind alle Schritte von der Fragestellung bis zur Interpretation der Ergebnisse vorgegeben. Hier wird besonders das Lesen und Befolgen von Anleitungen geübt, auch können neue Methoden und Geräte kennengelernt werden. Auf Level 1 erhalten die Lernenden eine Versuchsanleitung und sollen selbst die Beobachtungen und Messungen sowie die Ergebnisinterpretation vornehmen. Auf Level 2 wird nur die Fragestellung vorgegeben. Die SchülerInnen sind aufgefordert, Hypothesen zu bilden, dazu passende Versuche zu planen und durchzuführen sowie die Ergebnisse in Beziehung zu ihren Hypothesen setzen. Auf Level 3 liegen alle Schritte, einschließlich der Formulierung einer Forschungsfrage in den Händen der SchülerInnen. Insbesondere dieser Schritt des Fragenfindens und -formulierens hat sich als besonders schwierige Aufgabe erwiesen (Hofstein, Navon, Kipnis & Mamlok-Naaman, 2005), weshalb Materialien im TEMI-Projekt vorranging auf Level 2 gestaltet sind.

Literatur

Abels, S., Lautner, G. & Lembens, A. (2014). Mit „Mysteries“ zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht. *Chemie & Schule, 29*(3), 14-15.

Abels, S., Puddu, S. & Lembens, A. (2014). Wann flockt die Milch im Kaffee? Mit „Mysteries“ zu differenziertem Forschenden Lernen im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie, 25*(142), 37-41.

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

Blanchard, M., Southerland, S., Osborne, J., Sampson, V., Annetta, L. & Granger, E. (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.

Gilbert, A. (2013). Using the notion of 'wonder' to develop positive conceptions of science with future primary teachers. *Science Education International, 24*(1), 6-32.

Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M. & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(07), 791-806.

McOwen, P. & Olivotto, C. (2015). Unterrichten nach TEMI. Wie die Verwendung von Mysteries das Lernen in den Naturwissenschaften unterstützen kann. Online: http://teachingmysteries.eu/wp-content/themes/temi/pdf/Temi_teaching_guidebook.pdf (06.10.2015)

Sandra Puddu Universität Wien
Anja Lembens
Simone Abels

TEMI – ein Fortbildungsprogramm für NaturwissenschaftslehrerInnen

TEMI steht für ‚Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated'. Im Rahmen dieses FP7 EU-Projektes[1] wurde neben Materialien für den Unterricht auch ein Fortbildungsprogramm für LehrerInnen der Sekundarstufe entwickelt. In den zweitägigen Fortbildungen werden NaturwissenschaftslehrerInnen unterstützt, Forschendes Lernen in ihren Klassen zu implementieren, so dass SchülerInnen für das Lernen von Naturwissenschaften anhand spannender, nicht sofort erklärbarer Phänomene (‚Mysteries') begeistert werden (s. Lembens & Abels in diesem Band). Pro Partner des EU-Projekts werden sechs Fortbildungskohorten angestrebt mit je 10-15 LehrerInnen, so dass insgesamt 540 - 810 Lehrpersonen fortgebildet werden.
Im TEMI-Projekt konzentrieren wir uns auf vier Innovationen des naturwissenschaftlichen Unterrichts (McOwen & Olivotto, 2015):

1. Wecken von Neugierde über Mysteries
2. Forschendes Lernen mit abgestufter Übergabe von Verantwortung an die Lernenden (Level des Forschenden Lernens)
3. Lehren und Lernen entlang des 5E-Modells für Forschendes Lernen
4. Naturwissenschaftliche Phänomene motivierend präsentieren (‚Showmanship')

In diesem Beitrag wird Innovation 3, d.h. die Umsetzung des 5E-Modells (vgl. Bybee et al., 2006) im Projekt sowie Ergebnisse aus der Begleiterhebung zum Fortbildungsprogramm vorgestellt.

Das 5E-Modell für Forschendes Lernen

Das 5E-Modell ist ein konstruktivistisch orientiertes Unterrichtsmodell in fünf Phasen, das zum Ziel hat, Lernenden zu ermöglichen, aus der Erfahrung heraus, ein eigenes Verstehen zu entwickeln. Die fünf Es stehen für fünf Phasen im Prozess des Forschenden Lernens: Engage, Explore, Explain, Extend und Evaluate (Bybee et al., 2006). In der Engage-Phase sollen die SchülerInnen für ein Phänomen oder eine Problemstellung begeistert werden, der sie anschließend in der Explore-Phase so selbstständig wie möglich nachgehen. In der Explain-Phase sollen die SchülerInnen Erklärungen zu ihren gewonnenen Daten erarbeiten. In der Extend-Phase wird das Thema erweitert oder vertieft (AGPA, 2015). Während all dieser Phasen kann die Lehrperson evaluieren, was die SchülerInnen bereits können und wo Entwicklungsbereiche liegen. Die Evaluate-Phase liegt also nach unserem Verständnis parallel zu allen anderen Phasen (Lembens & Abels, 2015). Dabei ist das Evaluieren nicht als klassisches Bewerten zu verstehen, vielmehr dient es dem Erkennen und Diagnostizieren von Lernvoraussetzungen und Lernfortschritten in jeder Phase und leitet damit das weitere Vorgehen der Lehrperson an. Das 5E-Modell bildet einerseits zentrale Phasen im Lernprozess der SchülerInnen ab, andererseits wird es als Unterrichtsplanungsmodell eingesetzt – so auch im TEMI-Projekt (ebd.).

[1] Das Projekt läuft seit Februar 2013 bis Juli 2016 und wird von der Europäischen Union unter der Grant Agreement Nummer 321403 gefördert. Weitere Informationen unter http://teachingmysteries.eu/at (05.10.2015).

Umsetzung des 5E-Modells im TEMI-Projekt

Nachdem die TeilnehmerInnen der Fortbildungen mit dem levelbasierten Ansatz des Forschenden Lernens und der Idee der Mysteries vertraut sind (Innovation 1 und 2, s. Lembens & Abels in diesem Band), stellen wir ihnen das 5E-Modell vor. Anschließend sind die Lehrkräfte aufgefordert, selbst eine Unterrichtseinheit zu planen. Dafür können sie zunächst an Stationstischen drei unterschiedliche Fragestellungen selbst explorieren, bevor sie beginnen, in Kleingruppen eine Engage-Phase zu einer der drei Themen zu entwickeln. Die Engage-Phase wird als Rollenspiel im Plenum präsentiert und von den anderen TeilnehmerInnen, den FortbildungsveranstalterInnen und einem Zauberer ‚gefeedbackt'. Den Zauberer haben wir als Kommunikationsexperten in das Projekt eingebunden, um die Lehrpersonen dabei zu unterstützen, ihre darstellerischen Fähigkeiten zu verbessern (‚Showmanship'; Lembens & Abels, 2015). Im Anschluss an die Präsentation erhalten die LehrerInnen ein Planungsraster, so dass sie strukturiert die anderen Phasen planen können (Abb. 1).

Abb. 1. Unterrichtsplanung nach dem 5E-Modell

Während der Planung konnten wir beobachten, dass die quer zu denkende Evaluate-Phase für viele Lehrkräfte eine Herausforderung war. Sie benötigten Hinweise, welche Kompetenzen neben dem fachlichen Teil des Curriculums und während eines solchen Lernzyklus beobachtbar sind. In vielen Phasen war das Muster „Ich muss es jetzt den SchülerInnen erklären" statt „Ich unterstützte sie, es selbst herauszufinden" bemerkbar. Auch die Übergänge zwischen den Phasen mitzudenken, war für manche eine herausfordernde Aufgabe. Neben den Beobachtungen zur Evaluation der Fortbildungen, läuft auch eine fragebogenbasierte Begleiterhebung an allen Partnerstandorten.

Einblicke in die Daten der Begleiterhebung

Am Ende jeder Fortbildung wird ein Fragebogen mit 28 Fragen eingesetzt, um das Projekt zu evaluieren. 25% der 51 Befragten geben an, dass sie Forschendes Lernen regelmäßig im Unterricht einsetzen, 67% manchmal. Unklar ist hierbei, was die Lehrpersonen unter Forschendem Lernen verstehen. Als besonders gewinnbringend betrachten die TeilnehmerInnen die Beispiele für die Praxis. Zwei Drittel sehen die Fortbildung als Motivation ihren Unterricht aufzufrischen (multiple choice Format; Abb. 2a). Interessanterweise ist es insbesondere der Showmanship-Aspekt, der den LehrerInnen besonders gut gefällt (Abb. 2b). Dies scheint tatsächlich ein innovatives Element zu sein. Insgesamt haben wir mit der Fortbildung die Bedürfnisse der TeilnehmerInnen gut getroffen (Abb. 2c). 96% geben außerdem an, dass die Inhalte des Projekts mit dem Curriculum vereinbar sind (Abb. 2d).

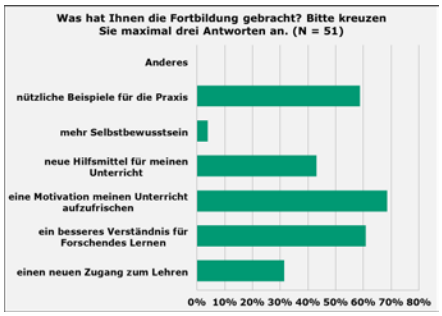


Abb. 2a. Benefit durch die Fortbildung

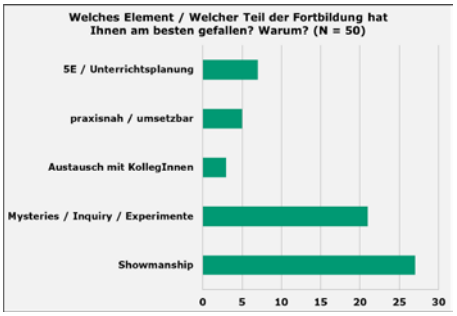


Abb. 2b. Bewertung der Fortbildungsteile

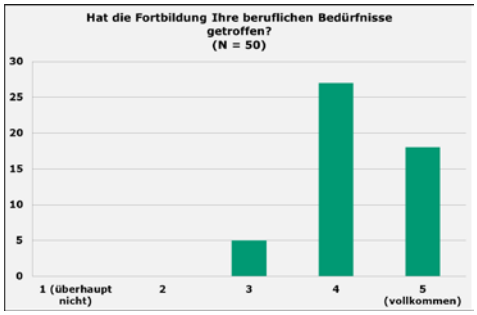


Abb. 2c. Erfüllung beruflicher Bedürfnisse

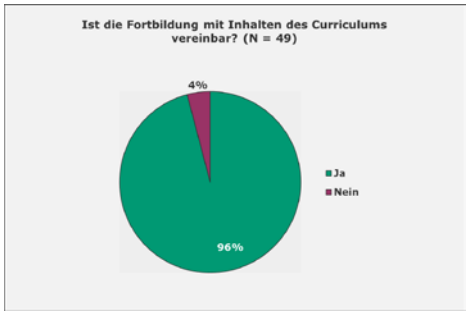


Abb. 2d. Vereinbarkeit mit Curriculum

Ausblick

Für das Wintersemester 2015/2016 sind noch drei weitere Kohorten in Österreich geplant. Fünf Kohorten mit insgesamt 75 TeilnehmerInnen sind bereits abgeschlossen. Im April 2016 wird die Abschlusskonferenz des Projekts in Leiden, Niederlande, stattfinden.

Eine Stärke des Projekts liegt in der Verknüpfung von der Materialentwicklung mit den Modellen des Forschenden Lernens. Arbeitsblätter und Begleitmaterialien für Lehrkräfte sind online abrufbar unter http://teachingmysteries.eu/at (05.10.2015). Ein Desiderat ist die Verlängerung der Interventionszeiten (bisher zwei Tage mit Erprobungs- und Reflexionszeit dazwischen). Daher wird in Österreich ein Folgeprojekt „Mysteries in Practice“ (MiP) angeschlossen, bei dem die Lehrpersonen, die bisher schon an TEMI Fortbildungen teilgenommen haben, im Unterricht bei der Umsetzung des Forschenden Lernens in den Klassen begleitet werden. Die LehrerInnen werden im Sinne partizipativer Aktionsforschung bei der Implementation in ihren individuellen Kontexten durch gemeinsame Unterrichtsentwicklung und videobasierte Reflexion in ‚Communities of Practice‘ unterstützt.

Literatur

AGPA (Akron Global Polymer Academy, 2015). Learning Cycle. Online: http://www.agpa.uakron.edu/p16/btp.php?id=learning-cycle (05.10.2015)

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. Online: http://bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Full_Report.pdf (22.06.2015)

Lembens, A. & Abels, S. (2015). Forschendes Lernen nach dem 5E-Modell und Showmanship. *Chemie & Schule, 30*(1b), 6-7.

McOwen, P. & Olivotto, C. (2015). Unterrichten nach TEMI. Wie die Verwendung von Mysteries das Lernen in den Naturwissenschaften unterstützen kann. Online: http://teachingmysteries.eu/wp-content/themes/temi/pdf/Temi_teaching_guidebook.pdf (06.10.2015)

Regula Grob
Monika Holmeier
Peter Labudde

Pädagogische Hochschule Nordwestschweiz

«Formative Assessment» im Unterricht aus der Sicht von Lehrpersonen

In der vorliegenden Studie werden verschiedene Methoden zur formativen Schülerbeurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen erprobt und evaluiert. Im Artikel werden erste Daten aus der Schweiz vorgestellt und diskutiert.

Einleitung

Formative Beurteilung umschreibt einen Ansatz, die Schülerinnen und Schüler beim Lernen zu unterstützen: Er beinhaltet das Suchen und Interpretieren von Anhaltspunkten, wo die Schülerinnen und Schüler in ihrem Lernprozess stehen, wohin sie gehen müssen und wie sie am besten dorthin gelangen (Black & Harrison, 2004). Im Gegensatz zur summativen Beurteilung geht es nicht um eine bilanzierende, abschließende Aussage über den Lernerfolg einer Schülerin oder eines Schülers. Zweck der Lernstandsdiagnose ist vielmehr die Planung der nächsten Lernschritte (Harlen, 2012).

Zur formativen Beurteilung in den naturwissenschaftlichen Fächern im Schweizer Bildungskontext gibt es nur wenig Forschung (Allal & Mottier Lopez, 2005; Smit, 2009). Im täglichen Unterricht sind zwar verschiedene formative Beurteilungsmethoden bekannt und werden zum Teil auch eingesetzt, es gibt aber große Unterschiede im Verständnis der Abläufe und Ziele von formativer Beurteilung (Smit, 2009). Dies ist umso bemerkenswerter als im Rahmen des Lehrplans 21 die Stellung der formativen Beurteilung als förderorientiertes Unterrichtselement gestärkt und explizit eingefordert wird (D-EDK, 2014).

Aus diesen Gründen wird in der vorliegenden Studie untersucht,
- welche Vorteile und Schwierigkeiten die Lehrpersonen insgesamt im Zusammenhang mit formativer Beurteilung in ihrem Alltag sehen und
- welche Art von Unterstützung die formative Beurteilung im Unterricht aus Sicht der Lehrpersonen erleichtern würde.

Methodik

Ausgehend von den genannten Forschungsfragen wurden im Zeitraum August 2014 bis Januar 2015 mit 19 Lehrpersonen, die ein naturwissenschaftliches Fach in Grundschule oder Gymnasium unterrichten, verschiedene formative Beurteilungsmethoden umgesetzt und die Implementation wissenschaftlich begleitet. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die eingesetzten Erhebungsinstrumente. Das Material wurde mittels zusammenfassender Inhaltsanalyse nach Mayring (2008) analysiert. Die Kategorien wurden induktiv gebildet.

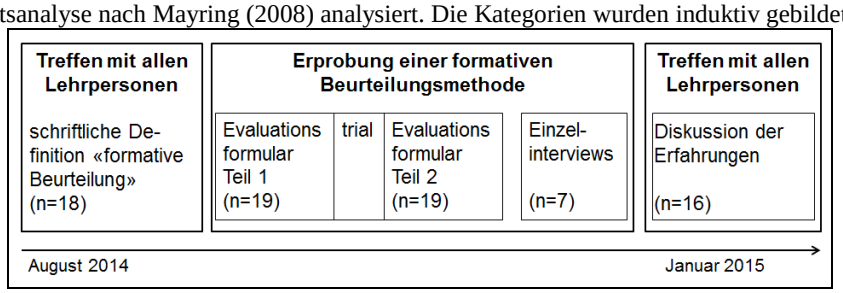


Abbildung 1: Datenerhebung (August 2014 – Januar 2015).

Resultate

Tabelle 1 zeigt grundsätzliche Chancen und Schwierigkeiten im Zusammenhang mit formativer Beurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen auf. Die Daten stammen einerseits aus den Einzelinterviews, andererseits aus den Gruppendiskussionen am Ende des Semesters.

Unterkategorien	Aussagen der Sekundarstufe II-Lehrpersonen (Auswahl)
Chancen für Lehrpersonen	▪ Verbesserung der Beziehung zwischen Lehrperson und Schüler/innen ▪ Lenkungsmöglichkeit bei offenen Aufträgen ▪ Einblick in den Lernstand der Schüler/innen ▪ Unterstützen und Fördern der Schüler/innen entspricht Rollenverständnis von Lehrpersonen
Chancen für Schüler/innen	▪ Verbesserung der Selbsteinschätzung der Schüler/innen ▪ Verbesserung auf der kommunikativen Ebene ▪ Zielbewusstsein der Schüler/innen
Schwierigkeiten für Lehrpersonen	▪ Begriff „formative Beurteilung“ ist nicht immer klar: worauf soll die Lehrperson bei Vorbereitung und Durchführung genau achten? ▪ Aufwand für Vorbereitung und Durchführung groß; sobald die Klasse nicht „mitzieht“, lohnt sich der Aufwand nicht ▪ „Gratwanderung“ zwischen Selbständigkeit fördern und unterstützen ▪ Dokumentation nicht immer möglich (bspw. bei mündlichem Feedback)
Schwierigkeiten für Schüler/innen	▪ Schlüsse für das weitere Lernen aus den erhaltenen Kommentaren ziehen kann eine große Herausforderung sein.

Tabelle 1: Chancen und Schwierigkeiten im Zusammenhang mit formativer Beurteilung, aus Sicht der Sekundarstufe II-Lehrpersonen (Auswahl nach meist genannten Antworten).

Insgesamt sind die Aussagen der Grundschul- und der Sekundarstufe II-Lehrpersonen ähnlich, wobei von den Grundschullehrpersonen in Bezug auf die Schwierigkeiten angemerkt wurde, dass formative Beurteilungen oft mündlich im informellen Rahmen geschehen und dass man dann bei Elterngesprächen und ähnlichen Anlässen keine Belege in den Händen hätte. Der Schwerpunkt der Gruppendiskussionen lag auf dem Dilemma, dass formative Beurteilung zwar viele Vorteile habe, aber auch viel Aufwand bedeute.

Die Lehrpersonen erwähnten in den Einzelinterviews und in den Gruppendiskussionen zum Ende des Semesters vier Arten von Unterstützung, welche die formative Beurteilung beim forschend-entdeckenden Lernen erleichtern könnten. Dabei sind keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Schulstufen erkennbar. Die Lehrpersonen wünschen sich zum einen Vorschläge für Unterrichtseinheiten mit integrierten Beurteilungsmethoden und -kriterien in Lehrmitteln und auf Materialplattformen als Inspiration für den eigenen Unterricht. Zum anderen ist ihnen aber auch eine stärkere Zusammenarbeit untereinander wichtig, um ein gemeinsames Verständnis zu entwickeln, was formative Beurteilung ist, sowie zum Austausch von Ideen und zur Entwicklung von Beurteilungskriterien. Insgesamt wäre es wünschenswert und hilfreich für die Lehrpersonen, wenn für die einzelnen Kantone definiert würde, was formative Beurteilung ausmacht und wie das Konzept konkret umgesetzt werden soll. Zudem wird die mögliche Unterstützung durch weitere erwachsene Personen im Schulzimmer (schulische Heilpädagogen resp. -pädagoginnen; Teamteaching-Partner resp. -Partnerinnen; Senioren und Seniorinnen) als Erleichterung beschrieben. Diese entlasten die Lehrperson, so dass sie freie Kapazitäten für formative Beurteilung hat.

Diskussion

Die bisher im Projekt genannten Schwierigkeiten scheinen mit den gewünschten Unterstützungsmaßnahmen kongruent und geben erste Hinweise, welche Akteure gefordert sind: während sich der Wunsch nach konkreten Beispielen an Schulbuchautoren und -innen und Betreibende von Materialplattformen richten, gehen sowohl die Frage um Begriffsklärung als auch die Bereitstellung von Diskussionsplattformen für Lehrpersonen an die Bildungspolitik und teilweise auch an die Schulleitungen. Die Gelegenheit zur Diskussion unter Lehrer-Kollegen und -Kolleginnen wurde in der Studie von Smit (2009) bereits als Hauptanliegen identifiziert und kann hier, trotz anderem Design, wieder nachgewiesen werden. Von den Bildungsexpertinnen und -experten, mit denen die gewünschten Unterstützungsmaßnahmen diskutiert wurden, wurde das Bedürfnis nach einer Begriffsklärung insbesondere vor dem Hintergrund der Umsetzung des Lehrplans 21 als interessant herausgehoben. Es zeigt, dass die Lehrpersonen die Vorgaben der eidgenössischen und der kantonalen Erziehungsdirektionen ernst nehmen und erfüllen möchten, dass allerdings die Vorgaben zu wenig klar sind. Das Zitat einer Primarlehrperson *„ich möchte wissen, was formative Beurteilung im Kanton Basel-Stadt ausmacht, und wie ich merke, wenn ich es falsch mache“* verdeutlicht diesen Aspekt. Die Fachpersonen, mit denen die Resultate aus der 1. Implementationsrunde besprochen wurden, sahen hier Handlungsbedarf bei den Kantonen: Anliegen wie formative Beurteilung können in der Schweiz am ehesten implementiert werden, wenn von Seite der kantonalen Erziehungsdirektorien die Rahmenbedingungen für eine gewinnbringende Arbeit in den einzelnen Schulen geschaffen werden.

Literatur

Allal, L., & Mottier Lopez, L. (2005). Formative Assessment of Learning: A Review of Publications in French. https://www1.oecd.org/edu/ceri/35337948.pdf. [28.09.2015].

Black, P., & Harrison, Ch. (2004). Science inside the black box. GL Assessment, London.

D-EDK Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2014). Lehrplan 21. http://vorlage.lehrplan.ch/downloads.php [28.09.2015].

Harlen, W. (2013). Assessment & inquiry-based science education: issues in policy and practice. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP). http://www.interacademies.net/File.aspx?id=21245 [28.09.2015].

Mayring, S. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Smit, R. (2009). Die formative Beurteilung und ihr Nutzen für die Entwicklung von Lernkompetenz. Eine empirische Studie in der Sekundarstufe 1. Schneider Verlag Hohengehren GmbH: Baltmannsweiler.

Simon Rösch
Matthias von Arx
Peter Labudde

Pädagogische Hochschule FHNW

Wirkmechanismen von regelmäßigem Schülerfeedback - eine explorative Untersuchung

Forschungsstand zur Wirkung von Schülerfeedback

Nach heutigem Stand der Forschung gelten Schülerurteile, aggregiert auf Klassenebene, als befriedigend reliabel, faktoriell und prädiktiv valide in Bezug auf die Leistungsentwicklung (Clausen, 2002; Lüdtke, 2006).

Inwieweit jedoch Schülerurteile den Unterricht beeinflussen, gilt als weitgehend unerforscht. Ausnahme bilden die zwei Forschungsarbeiten von Ditton & Arnold (2004) und von Gärtner & Vogt (2013). Bei ersterer wurden zu zwei Messzeitpunkten (im Abstand von ca. 8 Monaten) unter anderem die Schülerinnen und Schüler (SuS) zu zentralen Dimensionen des Unterrichts befragt (QAIT-Modell - Qualität, Angemessenheit, Anregung, Zeitnutzung und soziale Aspekte; nach Slavin, 1996). Die Untersuchung zeigte, dass auf Seiten der SuS die Wahrnehmung der Unterrichtsqualität zum zweiten Erhebungszeitpunkt zwar nur geringfügig, jedoch signifikant schlechter ausfiel.

Gärtner & Vogt (2013) erforschten ausschließlich das Verhalten der Lehrpersonen (LP) bei der Unterrichtsentwicklung nachdem diese eine Schülerbefragung durchgeführt haben. Hierzu setzten sie Interviews ein, deren Leitfaden sich am Rahmenmodell der Unterrichtsentwicklung nach Helmke und Hosenfeld (2004) orientiert.

Die Besprechung des Feedbacks mit der Klasse wurde von den Lehrpersonen als wichtiger Bestandteil des Feedbackprozesses angesehen. Die Mehrheit der Lehrkräfte beurteilte die Selbstevaluation als positiv und reagierte teilweise mit einer Umstellung der Methodik. Sie achteten verstärkt auf spezifische Verhaltensweisen und machten das methodisch-didaktische Vorgehen transparenter. Außerdem empfanden sie positive Schülerurteile als Bestärkung für die eigene Arbeit (Gärtner & Vogt, 2013).

Instrument und Studiendesign

Die bei Ditton & Arnold (2004) festgestellten leicht negative Entwicklung der Werte bzgl. der wahrgenommen Unterrichtsqualität auf Schülerseite wirft die Frage auf, inwieweit diese Entwicklung in Zusammenhang mit dem Schülerfeedback zu sehen ist, oder anders formuliert: Lassen sich Veränderungen beobachten, wenn Schülerfeedbacks in relativ kurzen Abständen und häufiger durchgeführt werden. Hierzu wurde ein Fragebogen–Instrument entwickelt, das in fünf Minuten bearbeitet werden kann, dabei jedoch nicht den Unterricht direkt beurteilt, sondern a) die SuS abfragt inwieweit sie bei sich selbst Denkprozesse wahrnehmen (1. kognitive Aktivierung, 2. Herstellung eines Theoriebezugs bei Experimenten, 3. Aufmerksamkeit auf wissenschaftliches Arbeiten bei Experimenten); und b) inwieweit sie hierfür wichtige Voraussetzungen vorfinden (4. kognitive Passung; 5. nachvollziehbare Struktur des Unterrichts; 6. lernförderliche Unterrichtsatmosphäre).

Für diese sechs Punkte wurden sieben Skalen gebildet (kognitive Passung wurde in die zwei Skalen „kognitive Überforderung“ und „kognitive Unterforderung“ aufgetrennt), die nach einer Vorstudie ein Cronbachs α von .611 bis .915 aufwiesen. Außerdem wird den SuS die Möglichkeit gegeben in zwei offenen Formaten in folgenden Rubriken Kommentare zum Unterricht abzugeben: *Folgende Themen sollten nochmals angesprochen werden, damit ich sie verstehe* und *Was ich unbedingt noch zu der heutigen Schulstunde sagen will.*

Dieses Schülerkurzfeedback wird in acht bis zehn Real- und Gymnasialschulklassen des 9. und 10. Schuljahres im Zwei-Wochen-Rhythmus insgesamt viermal durchgeführt. Nach

jedem Schülerfeedback werden die Fragebögen an die Hochschule gesandt und deskriptiv ausgewertet. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen werden daraufhin an die Lehrpersonen zurückgeschickt. In den dazwischenliegenden Wochen muss die Lehrperson die Auswertung den SuS vorstellen. Es bleibt jedoch ihr überlassen, ob sie eingehender über die Ergebnisse mit den SuS diskutiert.
Eingebettet wird das Feedbackverfahren in eine Prä-/Posterhebung. Auf SuS-Seite werden dabei u.a. ausgewählte Skalen des QAIT–Fragebogens, ein Kurztest zur intrinsischen Motivation (KIM) und Fragen zur Beurteilung des Feedbackverfahrens (nur Posterhebung) eingesetzt. Auf Lehrpersonenseite werden die Selbsteinschätzung hinsichtlich Unterrichtsstrategien, die Beurteilung der Lernvoraussetzung der SuS, eine Einschätzung des Klassenmanagements und das LP–SuS–Verhältnis erfragt. Desweitern werden die Lehrpersonen bei der Posterhebung interviewt. Hierbei sollen die möglichen Einflüsse des Schülerkurzfeedbacks auf das Verhalten der LP während der Unterrichtsentwicklung tiefergehend ergründet werden (Rezeption, Interpretation, Motivation und Handlung). Außerdem soll eine Einschätzung bzgl. der Praxistauglichkeit des Verfahrens Schülerkurzfeedback abgegeben werden.

Erste Ergebnisse

Bisher wurde die Untersuchung erst mit zwei Schulklassen bzw. Lehrpersonen vollständig abgeschlossen. In der Folge werden erste Ergebnisse auf Schülerseite präsentiert. Aufgrund der geringen Fallzahl lassen sich daraus lediglich erste vorsichtige Hinweise auf mögliche Effekte ableiten.
Abbildung 1 zeigt die Entwicklung dreier Skalen des Kurzfeedbacks über die vier Messzeitpunkte auf einer vierstufigen Likert–Skala. Die Werte der Skalen *Kognitive Aktivierung*, *wahrgenommener Theoriebezug der Experimente* und *Aufmerksamkeit auf das wissenschaftliche Arbeiten bei Experimenten* zeigen bei durchschnittlich mittel-hoher Ausprägung steigende Tendenz zum Ende der Kurfeedbackintervention.
Die fehlenden Werte zum Messzeitpunk 1 (MZ 1) der Klasse 2 und zum MZ3 der Klasse 1 sind dadurch zu erklären, dass im betrachteten Unterricht keine Experimente durchgeführt

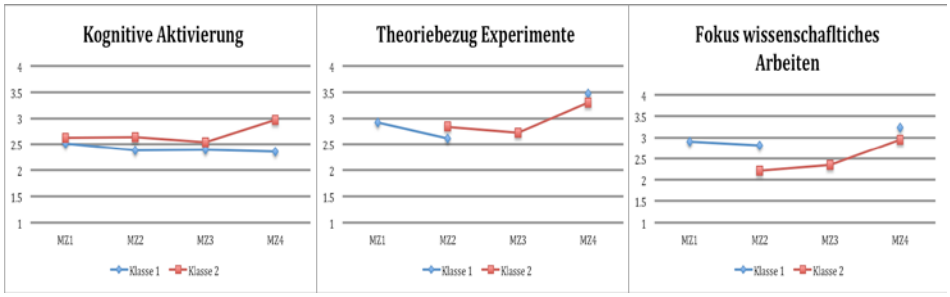


Abb. 1: Entwicklung ausgewählter Skalen des Schülerkurzfeedbacks

wurden. Alle nicht dargestellten Skalen weisen bei den beiden untersuchten Klassen eine hohe Ausprägung auf und es sind keine nennenswerten Veränderungstendenzen über den beobachteten Zeitraum hinweg zu beobachten.
Vergleicht man die Werte der Prä- und Posterhebung zur Schülerwahrnehmung der Lehrperson und der Unterrichtsqualität sowie die motivationalen Faktoren (Abb. 2), fällt zunächst auf, dass in beiden Klassen großmehrheitlich positive Veränderungen zu beobachten sind, wobei in einer Klasse sechs, in der anderen Klasse drei Variablen das Signifikanzniveau .05 oder höher erreichen. Zudem fällt das in der Tendenz ähnliche Veränderungsmuster in beiden Klassen auf (die heller eingefärbten Säulen geben die Skalen des KIM wieder).

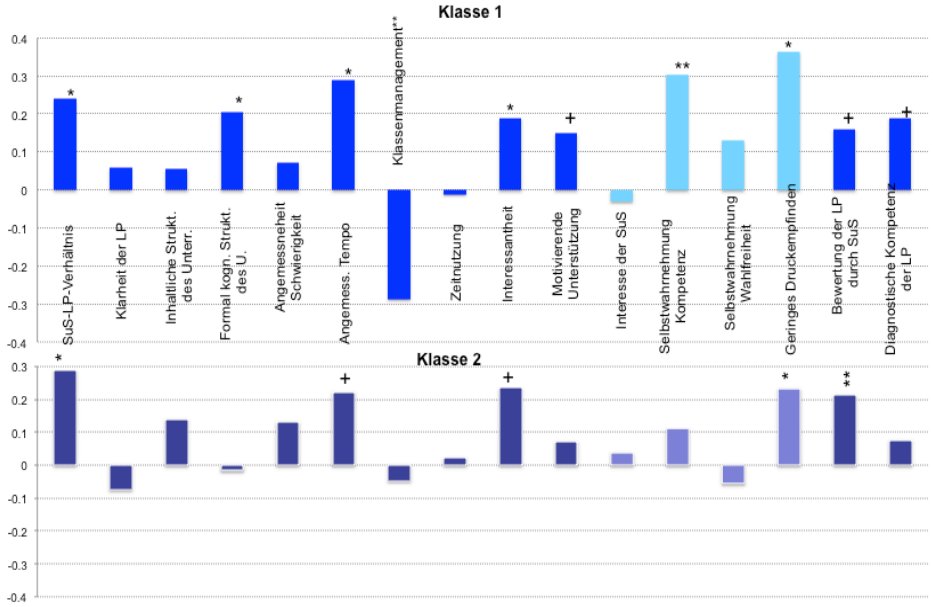


Abb. 2: Veränderung der Schülerwahrnehmung von Prä- zu Posterhebung bezogen auf Lehrperson, Unterrichtsqualität und motivationale (Faktoren Signifikanzniveau $^{+}p \leq 0.1$; $^{*}p \leq 0.05$; $^{**}p \leq 0.01$)

Zwischenfazit

In beiden Klassen zeigen die Skalen *Theoriebezug der Experimente* und *Wissenschaftliches Arbeiten beim Experimentieren* innerhalb der Kurzfeedbacks-Periode erste Hinweise auf positive Effekte. In diesem Zusammenhang ist auch interessant, dass die Lehrperson der Klasse 1 sich im Interview dahingehend geäußert hat, dass sie die mittelmäßigen Ergebnisse in diesen Skalen eher enttäuschend fand und sich Gedanken darüber gemacht hat, wie sich daran etwas ändern ließe.

Aktuell laufen die Erhebungen mit weiteren Klassen und ein systematischer Vergleich der Fragebogendaten mit den Lehrpersonen-Interviews wird angestrebt. Durch diese Gegenüberstellung sollen mögliche Effekte in den Prä-/Post-Daten qualitativ belegt oder verworfen und somit Hypothesen für Wirkmechanismen von Schülerfeedback generiert werden.

Literatur

Clausen, M. (2002). Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Münster: Waxmann.

Ditton, H., & Arnoldt, B. (2004). Wirksamkeit von Schülerfeedback zum Fachunterricht Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung (pp. 152-170). Münster: Waxmann.

Lüdtke, O. T., Ulrich; Kunter, Mareike & Baumert, Jürgen. (2006). Analyse von Lernumwelten, Analyse zur Bestimmung der Reliabilität von Übereinstimmung von Schülerwahrnehmungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 20*(1/2), 11.

Gärtner, H., & Anette, V. (2013). Wie Lehrkräfte Ergebnisse eines Schülerfeedbacks verarbeiten und nutzen. Unterrichtswissenschaft, 41(3), 15.

Helmke, A. Hosenfeld, I. . (2005). Standardbezogene Unterrichtsevaluation. In G. B. Brägger, B. & Landwehr, N. (Ed.), Schlüsselfragen zur externen Schulevaluation (pp. 127-151). Bern: hep Verlag.

Slavin, R. E. (1996). Education for all. Lisse: Swets & Zeitlinger.

Katrin Schüßler[1]
Jenna Koenen[2]
Elke Sumfleth[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Humboldt-Universität zu Berlin

Lernprozesse beim Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Die Vorteile des Lernens mit Lösungsbeispielen während des anfänglichen Wissenserwerbs sind aus verschiedenen Disziplinen bereits hinreichend erwiesen (für einen Überblick siehe Renkl, 2014). Auch für das Fach Chemie liegen bereits erste Ergebnisse zum Lernen mit Lösungsbeispielen vor (Koenen, 2014; Kölbach, 2011). Bisherige Studienergebnisse zeigen, dass Prompts für erfolgreiches Lernen mit Lösungsbeispielen von zentraler Bedeutung sind (für einen Überblick siehe Renkl, 2014 und Wylie & Chi, 2014). Wie Prompts gestaltet sein müssen, um Lernende optimal zu unterstützen, ist Gegenstand aktueller Forschung.

Forschungsfragen

Ziel dieser Studie ist es die Effektivität unterschiedlicher Promptingmaßnahmen beim Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht zu untersuchen.

FF1: *Führen inhaltlich-offene Prompts beim Lernen mit Lösungsbeispielen zu besseren Lernergebnissen als inhaltlich-fokussierte Prompts oder Lösungsbeispiele, die lediglich Basisprompts enthalten?*

FF2: *Wirken sich unterschiedliche Promptingmaßnahmen auf die empfundene kognitive Belastung und die Zufriedenheit mit dem Lernmaterial aus?*

Studiendesign

Untersucht wurden die Fragestellungen im Rahmen einer Interventionsstudie mit Prä-, Post-, Follow up-Design (siehe *Tabelle 1*, eine detailliertere Darstellung des Studiendesigns und der verwendeten Testinstrumente findet sich bei Schüßler, Koenen, & Sumfleth, 2015), an der 175 Schülerinnen und Schüler der 9. Klasse von sechs Gymnasien in Nordrhein-Westfalen teilnahmen. Während der Intervention erhielten alle Lernenden drei Lösungsbeispiele (ein Lösungsbeispiel pro Termin) zum Thema Säure und hatten 60 Minuten Bearbeitungszeit.

Tag 1	Prä-Test	Vorwissen
Tag 2	Intervention	Gruppe 1: Lösungsbeispiel (LB) mit 3-4 Basisprompts (BP) Gruppe 2: Lösungsbeispiel mit 3-4 Basisprompts und 6-7 inhaltlich-fokussierten Prompts Gruppe 3: Lösungsbeispiel mit 3-4 Basisprompts und 6-7 inhaltlich-offenen Prompts
Tag 3		
Tag 4		
Tag 5	Post-Test	Fachwissen

Tabelle 1

Lernmaterial

Die drei eingesetzten Lösungsbeispiele sind Bestandteil einer Sammlung von Lösungsbeispielen zu Themen des Chemieunterrichts der Sekundarstufe I (Schüßler, Emden, & Sumfleth, Veröffentlichung in Vorb.). Bei der Entwicklung dieser Lösungsbeispiele wurden Designprinzipien der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer, 2009) sowie Designprinzipien für Lösungsbeispiele (Renkl, 2013) berücksichtigt, um eine lernförderliche Balancierung der kognitiven Belastung zu realisieren. Im Fokus der drei eingesetzten Lösungsbeispiele steht das Lösen einer Säure in Wasser und die dabei ablaufende Protonenübertragung.

Ausgehend von den Annahmen des *self-explanation principles* (Wylie & Chi, 2014) zielen Basisprompts darauf eine aktive Beispielbearbeitung zu unterstützen. In Anlehnung an Stark (1999) stellen die Basisprompts kleine Anwendungsaufgaben dar, die die Lernenden lösen sollen, bevor ihnen auf der nächsten Seite die Musterlösung präsentiert wird.
Inhaltlich-fokussierte Zusatzprompts fordern die Lernenden der Gruppe 2 dazu auf, inhaltliche Aussagen an zentralen Stellen des Lösungsbeispiels miteinander zu vergleichen und zu bewerten. Der Abgleich von Aussagen soll eine intensivere Verarbeitung der Informationen anregen (D'Mello, Lehman, Pekrun, & Graesser, 2014). Diese Prompts haben den Vorteil, dass der Fokus der Lernenden auf zentrale Aspekte des Lösungsbeispiels gelenkt wird. Da Verständnisschwierigkeiten bei einzelnen Lernenden an unterschiedlichen Stellen auftreten können (Chi, 2000), fordern inhaltlich-offene Zusatzprompts die Lernenden der Gruppe 3 dazu auf, selbst zu entscheiden, welche Aspekte für sie in einem Abschnitt besonders wichtig sind, und diese intensiver zu betrachten.

Testinstrumente
Vorwissen und Fachwissen wurde durch einen Multiple-Choice Single-Select Test erhoben, der in Anlehnung an das Material entwickelt wurde (31 Items, $\alpha_{prä} = .537$, $\alpha_{post} = .842$). Während der Intervention wurde die Lernzeit erhoben. Außerdem wurden über 7-stufige Rating-Skalen nach jeder Lernphase die empfundene Aufgabenschwierigkeit (*Item Difficulty*, Kalyuga, Chandler, Tuovinen, & Sweller, 2001), die während der Lernphase investierte Denkanstrengung (*Mental Effort*, Paas, 1992) und die Zufriedenheit mit dem Lernmaterial erfasst („*Die Arbeit mit dem Material hat Spaß gemacht*").

Ergebnisse
Für die Auswertung wurden nur Lernende mit vollständigen Datensätzen (5 Messzeitpunkte) berücksichtigt. Für diese Lernenden ($N = 138$, $M = 14.28$ Jahre ($SD = .66$), 55.10 % weiblich) wird durch die Intervention ein signifikanter Fachwissenszuwachs erzielt ($t(137) = 15.44$, $p < .001$, $d = 1.23$). Ein Vergleich der Gruppen ($n_{G1} = 45$, $n_{G2} = 46$, $n_{G3} = 47$) mithilfe einer ANOVA und anschließendem Post-hoc Vergleich (LSD) zeigt allerdings keine Gruppenunterschiede im Fachwissen ($F(2, 135) = 0.15$, $p = .858$, $\eta_p^2 = .002$). Die Arbeit mit den Lösungsbeispielen während der Intervention hat demnach einen großen positiven Effekt auf das Fachwissen unabhängig davon, welche Prompts die Lernenden erhalten haben. Die drei Promptingbedingungen sind daher zunächst als gleichwertig zu betrachten. Zusätzliche Prompts (Gruppe 2 und 3) erhöhen allerdings die Lernzeit signifikant gegenüber Gruppe 1 (nur Basisprompts) ($F(2, 135) = 9.80$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .127$; G1 < G2 ($p < .001$) und G3 ($p = .001$)). Unter Berücksichtigung der Lernzeit ist daher eine Kombination aus Lösungsbeispiel und Basisprompt zu bevorzugen.
Zur Beantwortung von Forschungsfrage zwei wurden mithilfe einer Varianzanalyse mit Messwiederholung und anschließendem Post-hoc Vergleich (LSD) zusätzlich die investierte Denkanstrengung und die empfundene Aufgabenschwierigkeit zwischen den Gruppen verglichen. Für die investierte Denkanstrengung zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Interventionsbedingungen ($F(2, 135) = 0.40$, $p = .673$, $\eta_p^2 = .006$). Die Lernenden scheinen demnach eine vergleichbare Denkanstrengung zu investieren, unabhängig davon, mit welchen Prompts sie lernen. Lernende der Gruppe 2 (inhaltlich-fokussierte Zusatzprompts) schätzen allerdings die Aufgabenschwierigkeit signifikant höher ein als Lernende der Gruppen 3 (inhaltlich offene Zusatzprompts) und 1 (nur Basisprompts) ($F(2, 135) = 4.20$, $p = .017$, $\eta_p^2 = .059$; G2 > G1 ($p = .033$) und G3 ($p = .007$)). Unter Berücksichtigung kognitiver Faktoren erweisen sich die inhaltlich-fokussierten Prompts durch die Erhöhung der empfundenen Aufgabenschwierigkeit bei ausbleibender Erhöhung von Denkanstrengung und Fachwissen als weniger effektiv.
Abschließend wurde die Auswirkung der drei Promptingmaßnahmen auf die Zufriedenheit mit dem Lernmaterial verglichen. Lernende der Gruppe 2 (inhaltlich-fokussierte

Zusatzprompts) sind signifikant unzufriedener mit dem Lernmaterial sind als die Lernenden der Gruppe 1 (nur Basisprompts) ($F(2, 135) = 2.67$, $p = .073$, $\eta_p^2 = .038$; G2 < G1 ($p = .031$)).
Zusammenfassend erweist sich die Kombination aus Lösungsbeispiel und Basisprompts als effizientestes Design. Zwar erreichen die Lernenden in den beiden Zusatzpromptbedingungen das gleiche Fachwissen, sie benötigen hierfür aber eine längere Lernzeit. Bei den inhaltlich-fokussierten Prompts kommt hinzu, dass die Lernenden die Aufgabe als schwieriger empfinden und unzufriedener mit dem Lernmaterial sind.

Relevanz und Ausblick

Die Überlegenheit der Lernbedingung mit Lösungsbeispiel und Basisprompts weist zunächst einmal darauf hin, dass zusätzliche Prompts und die damit einhergehende längere Lernzeit nicht zwangsläufig zu einer Verbesserung des Fachwissens führen. Auf Grundlage bisheriger Forschungsergebnisse (Renkl, 2014) ist anzunehmen, dass für eine aktive Beispielbearbeitung Selbsterklärungsprompts erforderlich sind, da Lernende mehrheitlich nicht spontan selbsterklären (Renkl, 1997). Angesichts des Verhältnisses von Textlänge und Prompts (3 bis 4 BPs pro LB, LB1: 2834 Wörter, LB2: 3714 Wörter, LB3: 2522 Wörter) ist es fraglich, wie groß der Einfluss der Prompts auf den Lernerfolg ist. Um zu überprüfen, ob die Basisprompts, wie erwartet, für eine aktive Beispielbearbeitung erforderlich sind, wird in einer Folgestudie aktuell geprüft, ob Lernende, die nur das Lösungsbeispiel erhalten, weniger Lernen als Lernende, die das Lösungsbeispiel mit Basisprompts erhalten.

Literatur

Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: the dual process of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Hrsg.), *Advances in Instructional Psychology*, (161-238), Mahwah, NJ: Erlbaum.

D‘Mello S., Lehman B., Pekrun R., & Graesser A. (2014). Confusion can be beneficial for Learning. *Learning and Instruction*, *29*(1), 153-170.

Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J. & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology, 93*(3), 579-588.

Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen.* Berlin: Logos.

Kölbach, E. (2011). *Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen*. Berlin: Logos.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning – Second Edition.* New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning – second Edition,* (43-71). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology, 84*(4), 429-434.

Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study of individual differences. *Cognitive Science, 21*(1), 1-29.

Renkl, A. (2013). Towards an instructionally-oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science, 38*(1), 1-37.

Renkl, A. (2014). The Worked Example Principle in Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning – second Edition,* (391-412). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Stark, R. (1999*). Lernen mit Lösungsbeispielen. Einfluss unvollständiger Lösungsbeispiele auf Beispielelaboration, Lernerfolg und Motivation.* Göttingen: Hogrefe.

Schüßler, Emden, & Sumfleth, (in Vorb.). Lösungsbeispiele für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I. https://www.uni-due.de/chemiedidaktik/09_sonstiges_downloads_loesungsbeispiele.php

Schüßler, Koenen, & Sumfleth, 2015. Promptunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht, In: S. Bernholt (Hrsg.). *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Bremen 2014* (570-572). Kiel, IPN.

Wylie, R., & Chi, M. T. H. (2014). The Self-Explanation Principle in Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg), *Cambridge Handbook of multimedia learning – second Edition,* (413-432). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Antony Crossley Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Erich Starauschek

Wann sollten SchülerInnen ihre Physikhausaufgaben bearbeiten?

Hausaufgaben erfahren bei Lehrerinnen und Lehrern und auch bei Eltern ein hohes Maß an Akzeptanz und sind zudem für viele Lehrkräfte ein zentraler Unterrichtsbestandteil. Auch im Fach Physik können Hausaufgaben die Lernleistung fördern und somit zu einem sinnvollen Bestandteil des Physikunterrichts werden. Hausaufgaben werden von Schülerinnen und Schüler zu unterschiedlichen Zeitpunkten bearbeitet, z. B. am Tag des Unterrichts oder aber erst am Tag unmittelbar vor der nächsten Unterrichtsstunde. Es ist also möglich, dass der Zeitpunkt der Bearbeitung von Hausaufgaben, einen Einfluss auf die Lernleistung hat. Wir wollen am Beispiel einer ausgewählten Aufgabe aus den Physikhausaufgaben den folgenden zwei Fragen nachgehen:

- Wann bearbeiten Schülerinnen und Schüler ihre Hausaufgaben? D.h. lassen sich überhaupt Muster finden?
- Hat der Zeitpunkt der Hausaufgabenbearbeitung einen Einfluss auf die Lernleistung?

Stand der Forschung

Empirische Daten zur Lernwirksamkeit von Hausaufgaben im Fach Physik lagen bis vor Kurzem nicht vor. Ein Indiz für den Stand der Hausaufgabenforschung im Fach Physik ergibt sich aus der Analyse aktueller Lehrbücher zur Didaktik der Physik bzw. der Naturwissenschaften: Es ist nur wenig Spezifisches über den Bereich Hausaufgaben und dessen Wirkung ist in den nationalen (Kircher, Girwidz & Häußler, 2009; Hopf, Schecker & Wiesner, 2011; Mikelskis, 2006; Labudde, 2010) und in internationalen Standardwerken zu finden (Abell & Lederman (2007); Fraser, McRobbie & Tobin (2012); Lederman, (2014). In einer ersten Studie mit N=910 Schülerinnen und Schülern konnten wir zeigen, dass Hausaufgaben im Physikunterricht lernwirksam eingesetzt werden können (Crossley & Starauschek, 2014a). Dies steht in Übereinstimmung mit Metastudien (Zfg. z.B. Hattie, 2009), die sich aber auf die Haupt- bzw. Kernfächern beziehen (Mathematik, Englisch, etc.). Wir konnten zeigen, dass eine Wirkung auch in einem Nebenfach mit weniger Unterrichtsstunden auftritt. Zweitens zeigen die Ergebnisse einer Befragung unter Physiklehrkräften, dass etwa die Hälfte der Befragten regelmäßig Hausaufgaben im Physikunterricht erteilen (Crossley & Starauschek, 2014b). Ähnliche Befunde finden sich auch für den Chemieunterricht (Sumfleth, Kieren & van Ackeren, 2011). Somit sind die Voraussetzungen für die Frage nach dem Einfluss „eines“ Bearbeitungszeitpunktes von Hausaufgaben für das schulische Physiklernen praxisrelevant.

Aus der allgemeinen Hausaufgabenforschung hat sich ein Modell *des Hausaufgabenprozesses* entwickelt. Es zeigt sich, dass eine Reihe von Faktoren die Wirksamkeit von Hausaufgaben auf die Lernleistung beeinflussen: Dazu zählen z.B. deren regelmäßige Bearbeitung oder auch die „Qualität“ der Hausaufgaben, z.B. die Passung zum Unterricht (z.B. Trautwein, 2008). Viele Teilaspekte *des Hausaufgabenprozesses* sind bereits untersucht. Empirische Daten zum Bearbeitungszeitpunkt liegen jedoch nicht vor. Dieser Umstand ist plausibel: Eine direkte Messung des Bearbeitungszeitpunktes von Hausaufgaben war bisher schwierig.

Design und Stichprobe

Design: Im Schuljahr 2013/2014 wurde in 35 Gymnasialklassen in Baden-Württemberg eine niederschwellige, quasiexperimentelle Interventionsstudie über einen Zeitraum von sechs bis acht Wochen zur Verwendung internetgestützter Hausausaufgaben im Physikunterricht

durchgeführt. Im Rahmen des regulären Wärmelehreunterrichts der Klassenstufe 9 bearbeiteten die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler Hausaufgaben in einem Onlineportal. Die Auswahl der im Physikunterricht erteilten Hausaufgaben erfolgte durch die Lehrpersonen, die auf einen bereitgestellten Pool einzelner Aufgaben zurückgreifen konnten. Dadurch konnte eine gu6e Passung zwischen Unterricht und Aufgaben gewährleistet werden, sodass den Befunden der allgemeinen Hausaufgabenforschung Rechnung getragen wurde. Da die Bearbeitung der Hausaufgaben in einem Onlineportal erfolgte, konnten Bearbeitungszeit (*time-on-task*) und Bearbeitungszeitpunkt (Tag und Uhrzeit) der Hausaufgaben von einzelnen Schülerinnen und Schülern anonym und gemäß den deutschen Datenschutzbestimmungen über Logfiles erhoben werden. Durch das Logging der Hausaufgaben sind für alle Schülerinnen und Schüler die einzelnen bearbeiteten Aufgaben und deren Lösungen bekannt.
Da nicht in allen Klassen alle einzelnen Aufgaben als Hausaufgabe gestellt und auch nicht von allen Schülerinnen und Schülern bearbeitet wurden, erfolgt die Analyse für einzelne Aufgaben. Im Folgenden wird die Analyse für eine Aufgabe vorgestellt (siehe Abbildung 1):

In einem Becherglas (m=100g) sind 500ml Wasser enthalten. Welche Energie ist nötig, um die Temperatur des Bechergläses samt Inhalt von 20°C auf 50°C zu erhöhen?

Abbildung 1: Aufgabe im Onlineportal

Die Lehrkräfte von 20 der 35 Klassen setzten diese Aufgabe ein, die dann von 379 Schülerinnen und Schülern bearbeitetet wurde. Die abhängige Variable ist die Lösung der Aufgabe – durch die Schülerinnen und Schüler – in den Ausprägungen „richtig“ und „falsch“.

Ergebnisse und Diskussion

Der Physikunterricht fand in allen Klassen einmal in der Woche statt. Zwischen Hausaufgabenvergabe und Hausaufgabenkontrolle in der Schule lagen 7 Tage. Am Tag der Kontrolle konnten die Hausaufgaben (HA) nicht mehr im Onlineportal eingereicht werden. Die Hausaufgabe und damit auch die Beispielaufgabe (s. Abbildung 1) konnten an sieben Tagen bearbeitet werden. Die Variable Bearbeitungszeitpunkt codiert sich in einem ersten plausiblen ad-hoc-Ansatz wie folgt: Die ‚0‘ bedeutet, dass die Bearbeitung der Aufgabe am Tag der Hausaufgabenvergabe angefertigt wurden, ‚1‘ ein Tag nach dem Tag der Hausaufgabenvergabe, entsprechend ‚2‘ bis ‚6‘ (s. Tabelle 1):

Tag der HA-Vergabe	Tage nach der HA-Vergabe						Tag der HA-Kontrolle
0	1	2	3	4	5	6	-

Tabelle 1: Codierung der Variable Bearbeitungszeitpunkt

Tabelle 2 zeigt die Verteilung der Bearbeitungszeitpunkte der 379 Schülerinnen und Schüler auf die Tage 0 bis 6, sowie die absoluten und relativen Häufigkeiten der richtigen Antworten. Wir nehmen eine erste Deutung der deskriptiven Daten vor. Tabelle 2 zeigt dann, dass der größte Anteil der Schülerinnen und Schüler die Aufgabe erst kurz vor der nächsten Unterrichtsstunde bearbeitet hat, allerdings mit der geringsten Lösungswahrscheinlichkeit (48,6%).

	Tag der HA-Bearbeitung nach HA-Vergabe						
	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Anzahl der SchülerInnen	55	33	48	54	41	39	109
Anzahl der richtigen Antworten	37	20	28	33	23	20	53
Anteil richtige Antworten (%)	67,2	60,6	58,3	61,1	56,1	51,2	48,6

Tabelle 2: Häufigkeiten und richtige Antworten der HA-Bearbeitung nach Tagen

Hingegen findet sich die höchste Lösungswahrscheinlichkeit (67,2%) bei der Schülergruppe, welche die Aufgabe direkt nach dem Unterricht bearbeitete. Gruppe ‚0' und Gruppe ‚6' unterschieden sich statistisch signifikant (χ^2=5.13, df=1, p=.023). Hier könnte ein Erinnerungseffekt vorliegen. Unklar ist aber, ob dieser Unterschied nicht von anderen Variablen moderiert wird, z.B. dass die leistungsstarken Schülerinnen und Schüler ihre Hausaufgabe sofort erledigen, die leistungsschwächeren erst kurz vor Schluss.
Zusammenfassend: Der erste Blick deutet darauf hin, dass die Bearbeitung von Hausaufgaben direkt nach dem Unterricht eine bessere Leistungsentwicklung nach sich ziehen kann. Dieses Ergebnis ließe sich gedächtnispsychologisch erklären.
Ausblick: Zum einen sind weitere statistisch elaborierte Analysen unter Einbeziehung von Kontrollvariablen notwendig, zum anderen muss die Datenbasis durch die Analyse weiterer Aufgaben verbreitert werden.

Hinweis
Gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg und durch die Forschungsförderung der PH Ludwigsburg.

Literatur

Abell, S. K. & Lederman, N. G. (2007). Handbook of research on science education. Mahwah, New.Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
Crossley, A. & Starauschek, E. (2014a). Unterstützen internetgestützte Hausaufgaben das Physiklernen? In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN.
Crossley, A. & Starauschek, E. (2014b). Unterstützen Hausaufgaben das Physiklernen? PhyDid B, DPG – Frankfurt am Main 2014, Didaktik der Physik.
Fraser, B. J., McRobbie, C. J., & Tobin, K. (2012). Second International Handbook of Science Education. Springer International Handbooks of Education. Dordrecht: Springer
Hattie, J. (2009). Visible Learning. London, New York: Routledge.
Hopf, M., Schecker, H. & Wiesner, H. (Hrsg.) (2011). Physikdidaktik kompakt: Physikdidaktik kompakt. Köln: Aulis Verlag
Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.) (2009). Physikdidaktik: Theorie und Praxis (Springer-Lehrbuch). Springer, Berlin.
Labudde, P. (2010): Fachdidaktik Naturwissenschaften – 1.-9. Schuljahr. Bern: Haupt-Verlag.
Lederman, N. G. (Ed.). (2014). Handbook of Research in Science Education, Volume II. New York: Routledge.
Mikelskis, Helmut F. (Hrsg.), 2006: Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen-Scriptor.
Sumfleth, E. & Kieren, C. & van Ackeren, I. (2011). Hausaufgabenpraxis im Gymnasium – Empirische Befunde am Beispiel eines ‚Nebenfachs'. Die Deutsche Schule, 103, 3, S. 252-267.
Trautwein, U. (2008). Hausaufgaben. In W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.), Handbuch der Pädagogischen Psychologie, S. 563-576. Göttingen: Hogrefe Verlag.

Sabrina Milke PH Ludwigsburg
Erich Starauschek

Unterstützt Priming das Lernen des 3. Newtonschen Axioms?

Einleitung

In der Kognitionspsychologie beschreibt Priming die „unbewusste“ Wahrnehmung einer Information, dem sogenannten Prime, der die Verarbeitung von nachfolgenden Informationen und damit Entscheidungs- und Lernprozesse beeinflussen kann (u. a. Asendorpf, 2007). Der Prime kann vor oder bei den Verarbeitungsprozessen dargeboten werden. Es stellt sich die Frage: Kann Priming auch komplexe Lernprozesse wie das Physiklernen beeinflussen? Unsere Studie ist ein erster Versuch diese Frage zu beantworten. Die möglichen Lernprozesse werden mit einem computergestützten Lernprogramm, bestehend aus Texten und Bildern zum 3. Newtonschen Axiom, induziert. Die Lernprozesse werden durch eine zusätzliche Animation, dem Prime, begleitet. Untersucht wird der Einfluss von Priming auf den Wissenserwerb.

Stand der Forschung

Der Begriff Priming stammt aus der Kognitionspsychologie. Dabei wird ein erster „Reiz“, der sogenannte Prime, „unbewusst“ wahrgenommen. Anschließend wird ein zweiter „Reiz“, genannt Target, gezeigt. Beeinflusst die Verarbeitung des Primes die Verarbeitung des Targets, wird dies als Priming bezeichnet (u. a. Ratcliff & McKoon, 1988). Diese Definition fasst einen strengen Ablauf von Priming. Es gibt auch Formen, bei denen die Abläufe nicht so strikt vorgegeben sind. Hierfür ein Beispiel aus der Mathematikdidaktik: In der Studie von Dreistadt (1969) bearbeiteten Probanden eine Problemlöseaufgabe einzeln in einem Raum. Bei der Treatmentgruppe hingen im Raum drei Plakate mit Lösungshinweisen, die Primes. Es zeigte sich, dass Probanden mit Lösungshinweisen signifikant bessere Ergebnisse erzielten als Probanden ohne Lösungshinweise.

Forschungsfragen

Aus dem Stand der Forschung stellt sich die Frage, ob Priming auch das Physiklernen und damit komplexe Lernprozesse beeinflussen kann:

FF1. Kann Priming das Lernen des 3. Newtonschen Axioms unterstützen?

Die zweite Forschungsfrage bezieht sich auf die zeitliche Darbietung des Primes. In kognitionspsychologischen Studien wird der Prime häufig vor dem Target dargeboten und dauert nur wenige Millisekunden (u. a. Klauer et al., 2007). In der Studie von Dreistadt wurden die Primes während des gesamten Verarbeitungsprozesses gezeigt.

FF2. Haben der Zeitpunkt und die Dauer des Primings, d. h. ob ein Prime vor, bei oder vor und bei dem eigentlichen Lernprozess dargeboten wird, einen Einfluss auf das Lernen des 3. Newtonschen Axioms?

Die Forschungsfragen werden mit einem klassischen 2x2-Treatment-Kontrollgruppen-Design untersucht. Die unabhängigen Variablen sind „Priming vor dem Lernprozess“ und „Priming bei dem Lernprozess“ in den Ausprägungen (Ja) und (Nein). Die abhängige Variable ist der Wissenserwerb zum 3. Newtonschen Axiom.

Lernprogramm zum 3. Newtonschen Axiom

Der Lernprozess wird mit einem Lernprogramm zum 3. Newtonschen Axiom induziert. Das Lernprogramm ist computergestützt. Es thematisiert zwei Beispiele zum Szenario Aufprall zwischen zwei Körpern und zwei Beispiele zum Szenario Abstoß zwischen zwei Körpern. Das Lernprogramm besteht aus 59 Folien mit Texten und Bildern, die nach gängigen

Kriterien gestaltet wurden (u. a. Ballstaedt, 1997; Kulgemeyer & Starauschek, 2014). Zum Lesen werden etwa 20 Minuten benötigt.

Messinstrument zum 3. Newtonschen Axiom

Der Wissenserwerb zum 3. Newtonschen Axiom wird mit einem Pre-Post-Test mit offenen Items erhoben, z. B. „Eine kleine und eine große Lok fahren geradlinig aufeinander zu und prallen zusammen. Vor dem Aufprall sind die Geschwindigkeiten der Loks gleich groß. Beschreiben Sie möglichst vollständig was während des Aufpralls passiert. Achten Sie dabei auf eine zusammenhängende Argumentation und versuchen Sie physikalische Begriffe zu verwenden. Hinweis: Reibungseffekte und die Gravitation können Sie vernachlässigen.“ Das Messinstrument enthält vier Items dieser Art und ergänzend vier Items zum Einzeichnen von Kräften. Jeweils zwei Items beziehen sich auf Szenarien aus dem Lernprogramm (Behaltensitems) und zwei Items auf verwandte Szenarien (Transferitems). Zur Auswertung der offenen Items wird ein Kategoriensystem verwendet, hier für die beiden Loks formuliert: 1) & 2) Die kleine und die große Lok ändern ihre Bewegung. 3) & 4) Die kleine und die große Lok werden eingedellt. 5) & 6) Auf die kleine Lok wird eine Kraft von der großen Lok ausgeübt und vice versa. 7) Die Kräfte sind entgegengesetzt gerichtet und 8) gleich groß. Die Kategorien werden dichotom kodiert. Aus den vier offenen Items und den vier Items zum Einzeichnen von Kräften ergibt sich eine Skala mit 40 Items. Die mittlere Intercoder Reliabilität ist sehr gut (Cohen’s κ: M = .889, SD = .179).

Prime zum 3. Newtonschen Axiom

Die Probanden arbeiten an einem Einzelarbeitsplatz, der mit einem Laptop und einem zusätzlichen Bildschirm ausgestattet ist. Der Prime ist als Bildschirmschoner aufgebaut. Bei den Gruppen „Priming vor dem Lernprozess“ (Ja) wird der Prime während des Pre-Tests in der ersten Sitzung eingespielt. Bei den Gruppen „Priming bei dem Lernprozess“ (Ja) wird der Prime während des Lernprogrammes in der zweiten Sitzung abgespielt. Der Prime zeigt den Aufprall von zwei Kugeln, d. h. die Änderung der Bewegungen und das Eindellen.

Design und Ergebnisse einer Pilotstudie

Design: Das Lernprogramm, das Messinstrument und der Prime wurden in einer experimentellen Pilotstudie in einem 2x2-Design mit Pre-Post-Test eingesetzt. In der ersten Sitzung bearbeiteten die Probanden den Pre-Test, in der zweiten Sitzung lasen die Probanden das Lernprogramm und bearbeiteten den Post-Test.

Stichprobe und Kontrollvariablen: Die Probanden (N = 62) waren Studierende der PH Ludwigsburg (Alter: M = 23.94, SD = 3.06). Im Pre-Test wurden Kontrollvariablen wie kognitive Fähigkeiten (IST-Screening) und Vorwissen zum 3. Newtonschen Axiom erhoben. Die Gruppen unterscheiden sich signifikant hinsichtlich des Geschlechts ($X^2(3) = 8.569$, p = .036) und der physikspezifischen intrinsischen Motivation (Wild et al., 1997) ($F(3, 58)$= 2.958, p = .040). Diese Variablen haben aber keinen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis. Hinsichtlich der weiteren Kontrollvariablen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Mit den 40 Items der Skala wurde ein Wissensscore berechnet. Tabelle 1 zeigt die Kennwerte des Wissensscores und der Skala.

	Itemanzahl	Min	Max	M	SD	p_L	r_{it}	α
Pre	40	3	23	9.15	3.84	.23	.203	.665
Post	40	8	38	27.15	6.25	.68	.329	.846

Tab. 1: Deskriptive Statistik der Skala: Mittelwert (M) und Standardabweichung (SD) Wissensscore, mittlere Lösungswahrscheinlichkeit (p_L), mittlere Trennschärfe (r_{it}) und Reliabilität (Cronbach’s α).

Ergebnisse: Die vier Gruppen werden hinsichtlich ihres Wissensscores im Post-Test verglichen, siehe Tabelle 2.

		Priming bei dem Lernprozess	
		Nein	Ja
Priming vor dem Lernprozess	Nein	26.50 (7.28)	30.20 (3.75)
	Ja	23.25 (6.38)	28.93 (4.98)

Tab. 2: Wissensscore (M, SD) im Post-Test der vier Gruppen.

Die Gruppen „Priming bei dem Lernprozess“ (Ja) erreichen im Mittel einen höheren Wissensscore als die Gruppen „Priming bei“ (Nein). Dieses Ergebnis ist theoriegeleitet und erwartungskonform. Die Gruppen „Priming vor dem Lernprozess“ (Ja) schneiden im Mittel schlechter ab als die Gruppen „Priming vor“ (Nein). Dieses Ergebnis kann z. T. auf das Design der Pilotstudie zurückgeführt werden: Der zeitliche Abstand zwischen „Priming vor“ in der ersten Sitzung und dem eigentlichen Lernprozess betrug mindestens eine Woche. Da Priming im Arbeitsgedächtnis zu verorten ist, ist es erwartungskonform, dass die Gruppen „Priming vor“ (Ja) nicht besser abschneiden als die Gruppen (Nein). Die Zusammenhänge wurden mit einer Zweifaktoriellen Kovarianzanalyse untersucht. Die abhängige Variable ist der Wissensscore im Post-Test, die Kovariate der Wissensscore im Pre-Test. Die Variable „Priming bei dem Lernprozess“ zeigt einen signifikanten Einfluss ($F(1, 62) = 8.559$, $p = .005$, $\eta^2 = .131$), die Variable „Priming vor dem Lernprozess“ zeigt keinen Effekt. Diese Ergebnisse sind – wie zuvor erläutert – erwartungskonform, auch unter Berücksichtigung der leichten Unterschiede hinsichtlich der Kontrollvariablen.

Diskussion

Die Ergebnisse der Pilotstudie deuten darauf hin, dass „Priming bei dem Lernprozess“ einen Einfluss auf das Lernen zum 3. Newtonschen Axiom hat. In der Hauptstudie wird, auch in Hinblick auf die Kritik zum Priming (u. a. Kahneman, 2012), eine Replikation der Ergebnisse angestrebt. Die Stichprobe wird vergrößert und die Zuordnung der Probanden zu den Gruppen genauer kontrolliert. In der Hauptstudie wird „Priming vor dem Lernprozess“ unmittelbar vor dem Lernprogramm eingesetzt. Es bleibt zu diskutieren, ob die Probanden nach der Erhebung gefragt werden sollten, ob sie den Prime wahrgenommen haben und inwieweit dieser hilfreich war. Auch die ethische Dimension von Priming ist umstritten.

Dank

Dieses Projekt wird von der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg gefördert.

Literatur

Asendorpf, J. B. (2007). *Psychologie der Persönlichkeit*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag. S. 72-74.

Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung.* Die Gestaltung von Lernmaterial. Weinheim: Psychologie Verlags Union. S. 222-249.

Dreistadt, R. (1969). The Use of Analogies and Incubation in Obtaining Insights in Creative Problem Solving. *Journal of Psychology*, 71, 159-175.

Kahneman, D. (2012). A proposal to deal with questions about priming effects. URL: http://www.nature.com/polopoly_fs/7.6716.1349271308!/suppinfoFile/Kahneman%20Letter.pdf. 28.05.2013.

Klauer, K. C., Eder, A. B., Greenwald, A. G. & Abrams, R. L. (2007). Priming of semantic classifications by novel subliminal prime words. *Consciousness and Cognition*, 16, 63-83.

Kulgemeyer, C. & Starauschek, S. (2014). Analyse der Verständlichkeit naturwissenschaftlicher Fachtexte. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Ratcliff, R. & McKoon, G. (1988). A Retrieval Theory of Priming in Memory. *Psychological Review*, 95 (3), 385-408.

Christian Salinga RWTH Aachen University
Heidrun Heinke

Symbiose von Forschung, Lehrerbildung und Schulpraxis

Lernzirkel to go

Motivation

Im Rahmen der aktuellen Bestrebungen zur Qualitätsverbesserung und -sicherung in der Lehramtsausbildung hat der Ruf nach intensiveren frühen Praxiserfahrungen von Lehramtsstudierenden auch zu einer deutlichen Popularisierung von Lehr-Lern-Laboren an lehrerausbildenden Institutionen geführt. Dies belegt die Förderung eines spezifischen Entwicklungsverbunds durch die Telekom-Stiftung (Telekom, 2009) ebenso wie die Förderentscheidung in der ersten Phase der Qualitätsoffensive Lehrerbildung (QOLB, 2015). Gleichzeitig wird eine Systematisierung der Lehrerfortbildung gefordert, die bislang zwar als 3. Phase der Lehrerausbildung bezeichnet wird, aber im Alltag in deutschen Bundesländern im Allgemeinen dennoch eher ein Schattendasein führt. Im Ergebnis beobachtet man, dass auch schulpraxisrelevante Inhalte fachdidaktischer Forschung oft einen nur mühsamen Weg in die Umsetzung in die Schulpraxis beschreiten. Dies zeigt sich auch am Beispiel der Schülerfehlvorstellungen: Obgleich sie seit längerem Gegenstand intensiver fachdidaktischer Forschung in Deutschland sind, wurde ihre Überwindung durch deutsche Abiturienten in der TIMSS-Studie als besonders problematisch erfasst (TIMSS, 2000).

Dieser Artikel will einen praxistauglichen Ansatz vorstellen, um lehrerausbildende Hochschulen und die Schulpraxis in sinnreichen, für beide Seiten gewinnbringenden Kooperationen mit dem Ziel einer nachhaltigen Lehrer(aus)bildung zusammenzuführen. Dabei wird universitäre Ausbildung mit Schulpraxis verbunden und aktive Lehrkräfte erhalten Einblick in schulpraxisrelevante fachdidaktische Forschung mit ihren Konsequenzen für den Schulalltag. Die Umsetzung dieser Ziele erfolgt durch die Entwicklung und im Einsatz von mobilen experimentellen Lernzirkeln, die gezielt weitverbreitete physikalische Schülerfehlvorstellungen (Präkonzepte) adressieren. Der Ansatz ist bereits erfolgreich erprobt (Kaus, 2012) und wird in der Qualitätsoffensive Lehrerbildung an der RWTH systematisch weiter ausgebaut.

Konzept der „Lernzirkel to go“

Beim Format der „Lernzirkel to go“ handelt es sich um experimentelle Lernzirkel, die an der RWTH Aachen unter intensiver Einbindung von Lehramtsstudierenden entwickelt und praktisch realisiert werden. Dabei erfolgt die Lernzirkel-Entwicklung unter Berücksichtigung der speziellen Bedarfe in der Region, die in Zusammenarbeit mit Lehrkräften erhoben werden. Nach der Entwicklung der Lernzirkel an der Hochschule werden diese wiederum in Zusammenarbeit mit Lehrkräften aus der Region erprobt und optimiert und danach durch die Lehrkräfte der Region kostenfrei auf Leihbasis genutzt. Die Lernzirkel thematisieren dabei jeweils weitverbreitete Präkonzepte aus einem ausgewählten Bereich der Physik.

Mit dem Konzept wird die Wechselwirkung zwischen der lehrerausbildenden Hochschule und den Lehrkräften der Region unter enger Einbindung von Lehramtsstudierenden nachhaltig intensiviert. Dabei werden durch die Adressierung von typischen Schülerfehlvorstellungen sowohl die Lehramtsstudierenden als auch die Lehrkräfte für diesen wichtigen Aspekt der Vermittlung physikalischer Konzepte sensibilisiert.

Abb. 1 illustriert die logistischen Anforderungen an die Lernzirkel: Der Anspruch der universellen Einsetzbarkeit der Lernzirkel in Schulen der Region mit sehr verschiedenen Modellen der Dauer einzelner Unterrichtsstunden definiert 45 min Durchführungszeit als anzustrebende Dauer, in der Klassen mit typischerweise bis zu 30 Schülerinnen und Schülern (SuS) gemeinsam im Lernzirkel experimentieren können sollen.

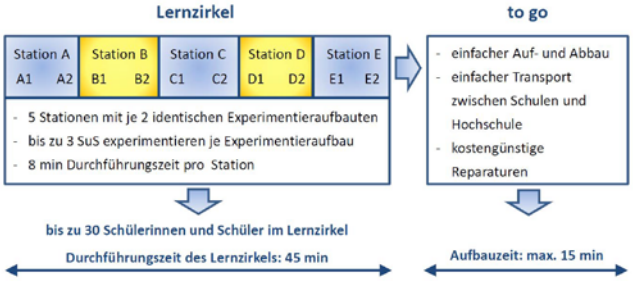


Abb. 1: Visualisierung der Anforderungen an die Lernzirkel

Damit die SuS nicht zu kurze Experimentierzeiten pro Station erleben, wurde die Zahl der Stationen auf fünf festgelegt, wobei zu jeder Station zwei identische Experimentieraufbauten verfügbar sind. Bei einer Auslegung der Stationen derart, dass jeweils 3 SuS sinnvoll gemeinsam experimentieren können, können damit 30 SuS gleichzeitig im Lernzirkel experimentell arbeiten. Bei einer angestrebten Experimentierzeit von 8 min pro Station verbleibt somit noch ein zeitlicher Puffer zur minimalen Unterrichtsdauer von 45 min. In Schulen mit Unterrichtszeitmodellen von 60 min, 70 min oder 90 min, wie sie in der Aachener Region anzutreffen sind, ist auch ein flexiblerer Einsatz im Unterrichtszeitmodell realisierbar.

Die praktische Umsetzung der experimentellen Aufbauten unterliegt neben den inhaltlichen Erwägungen zu den adressierten Präkonzepten weiteren logistischen Herausforderungen, die durch den Anspruch des transportablen, schulalltagstauglichen Lernmaterials diktiert sind. Eine angestrebte maximale Aufbauzeit von 15 min ist den realen Gegebenheiten im Schulalltag geschuldet und hat Auswirkungen auf die Kompaktheit und Komplexität der Experimentieraufbauten. Auch die Anforderungen der vergleichsweise einfachen Transportierbarkeit des gesamten Lernzirkels und der kostengünstig möglichen Reparaturen, die eine nachhaltige Nutzung der Lernzirkel sicherstellen, beeinflussen die Gestaltung der Stationen. Der einfache Auf- und Abbau sowie der Transport der Lernzirkel werden dabei maßgeblich durch gut strukturierte Transportkisten unterstützt. Dabei erfolgt der An- und Abtransport für die Schule kostenfrei nachdem die den Lernzirkel ordernde und nutzende Lehrkraft eine einmalige Einweisung in das Lernmaterial an der RWTH Aachen absolviert hat.

Genese der „Lernzirkel to go“

In Abb. 2 ist der typische Ablauf der Genese eines „Lernzirkels to go“ visualisiert. Für jeden der Schritte sind zusätzlich die Akteure angegeben, die gemeinsam mit einem Dozenten der Hochschule maßgeblich am Gelingen des jeweiligen Schrittes beteiligt sind (LK – Lehrkräfte, St – Studierende (des Lehramts Physik), R – StädteRegion Aachen). Am Ausgangspunkt der Lernzirkel-Genese steht ein Themenwunsch der Lehrkräfte. Darauf folgt die Festlegung der mit dem Lernzirkel zu adressierenden Präkonzepte. Dabei werden zunächst in einer umfangreichen Recherche durch Lehramtsstudierende für den gewählten Themenbereich relevante Präkonzepte und erprobte Fragebogenitems zu ihrer Erhebung zusammengestellt. Auf dieser Basis wird ein Fragebogen entwickelt und in der Städteregion in Kooperation mit Lehrkräften eingesetzt, um die in den Schulen der Region präsenten Präkonzepte im interessierenden Themenbereich zu identifizieren. Diese Erhebungen werden stets nach der Behandlung der passenden Unterrichtsinhalte durchgeführt, wodurch Lehrkräfte bei der Rückmeldung der Ergebnisse häufig sehr überzeugend für die Relevanz von Präkonzepten im schulischen Alltag sensibilisiert werden können.

Zur Erhöhung der Lernwirksamkeit des zu entwickelnden Lernzirkels werden im nächsten Schritt Kontexte gesucht, die gleichermaßen zur experimentellen Adressierung der ausgewählten Präkonzepte in einem Lernzirkel und zur Motivation der SuS geeignet erscheinen.

Nach einer Entscheidung für einen Kontext werden die konkreten Materialien für den Lernzirkel unter Nutzung der hochschuleigenen Infrastruktur, insbesondere der Werkstätten, entwickelt. Sobald erste Prototypen der experimentellen Aufbauten und Arbeitsblätter für die

Abb. 2: Ablauf der Lernzirkel-Genese

Stationen vorliegen, durchlaufen diese einen iterativen Prozess von Tests und Überarbeitungen, wobei neben der Usability auch die Erhebung der Lernwirksamkeit hinsichtlich der adressierten Präkonzepte im Fokus steht. Dafür kommen wiederum Fragebögen auf der Grundlage der zu Beginn des Prozesses eingesetzten Bögen zum Einsatz, wobei in dieser Phase der Lernzirkel-Genese bislang jeweils bis zu 13 Lehrkräfte und zwischen 300 und 500 SuS eingebunden waren. Wenn aus Sicht der Hochschule und der schulischen Praxis der Lernzirkel eine zufriedenstellende Entwicklungsreife erzielt hat, wird er in den Praxiseinsatz überführt.

Eine Einführung der Lehrkraft in den Lernzirkel durch den Hochschuldozenten dient als Voraussetzung für die Buchungsberechtigung und wirkt dabei als latente Lehrerfortbildung zu Schülerpräkonzepten. Die StädteRegion Aachen sorgt auch für eine fortlaufende Evaluierung des Angebots.

Status quo und Ausblick

Der erste entwickelte Lernzirkel „Camera Obscura to go“ galt Präkonzepten der Optik (Kaus 2012) und war nach Abschluss seiner Entwicklung bisher ca. 20 mal im schulischen Einsatz. Als Lernzirkel zu typischen Fehlvorstellungen zum elektrischen Strom steht „Handy XXL“ kurz vor der Überführung in die Praxis. In der Entwicklung befindet sich ein Lernzirkel zur Mechanik, in dem Präkonzepte zu Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraft im Kontext Spielzeug behandelt werden.

Bislang waren Lehramtsstudierende vor allem im Rahmen der Erstellung von Abschlussarbeiten bzw. bei der Bearbeitung von Schulforschungsaufträgen eingebunden. Im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung ist der Ausbau zu einem eigenständigen Seminar als Lehr-Lern-Projekt zu Präkonzepten vorgesehen. Während die Lehramtsstudierenden bisher besonders intensiv in der Entwicklungsphase der Lernzirkel mit der Thematik der Schüler-Präkonzepte konfrontiert wurden, ermöglicht das neue Lehr-Lern-Projekt u.a. eine systematische Ausweitung der Studierenden-Mitwirkung auf die Phase des Einsatzes der Lernzirkel.

Literatur

Telekom (2009):http://www.telekom-stiftung.de/dts-cms/de/entwicklungsverbuende, aufgerufen am 9.10.2015

QOLB (2015): Bund-Länder-Programm „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ Kurzbeschreibungen der förderwürdigen Projekte für die 1. Bewilligungsrunde der 1. Förderphase, aufgerufen unter http://www.dlr.de/pt/Portaldata/45/Resources/a_dokumente/bildungsforschung/KurzbeschreibungenQLB__PT.pdf am 9.10.2015

TIMSS (2000): Baumert et al. (Hrsg.): TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Band 2. Opladen: Leske + Budrich

Kaus, C., Salinga, C., Borowski, A., Heinke, H. (2012): Fehlvorstellungen zur Optik entgegenwirken, Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 65/7, 401-407

Thomas Toczkowski Technische Universität Dortmund
Bernd Ralle

Die Komplexität „einfacher“ Experimente - Lernen und Verstehen im Chemieunterricht

Problemstellung

Der Umgang mit chemischen Summenformeln, Reaktionsgleichungen und stöchiometrischen Berechnungen ist gemessen an den durchgeführten Forschungsprojekten, die beispielsweise Taskin und Bernholt (2014) in ihrem Review aufführen, schon seit Jahrzehnten ein bekanntes und bisher ungelöstes Problem.

Für ein adäquates Erfassen und Deuten quantitativer Beziehungen bei chemischen Reaktionen sind bei den Lernenden komplexe Denk- und Verstehensstrategien erforderlich. Die dabei auftretenden „Stolpersteine“, wie Schmidt (1990) sie nennt, erschweren oder verhindern bei vielen Schülerinnen und Schülern die Ausbildung eines notwendigen Chemieverständnisses.
Johnstone (2000) fordert beispielsweise, dass die Lehrkraft ihren Lernenden die Übergänge zwischen Makro-, Submikro- und Symbolebene bewusst macht und sie bei dem Wechsel zwischen den Ebenen unterstützt. Gerade in einführenden Experimenten zur Aufdeckung quantitativer Beziehungen bei chemischen Reaktionen ist dieser Ebenenwechsel von zentraler Bedeutung, da ein makroskopisch beobachtbares (und häufig wägbares) Phänomen auf submikroskopischer Ebene erklärt und zu einem Konzept auf symbolischer Ebene entwickelt wird. Diese „versteckte“ Komplexität macht aus einem einfachen Versuch eine für viele Lernende schwer nachvollziehbare Hürde, die sie zum Verstehen von chemischen Summenformeln überwinden müssen.
Allerdings bedeutet dieser Zugang auch, dass sich die Lehrkraft diese Komplexität bewusst machen muss, da ihr diese Probleme in der Regel nicht in gleicher Form begegnen.

Im Projekt werden Schulversuche dieser Art genauer analysiert und die von der Lehrkraft mit diesen Versuchen intendierte Zielsetzung mit der tatsächlichen Arbeitsweise der Schülerinnen und Schüler verglichen. Dazu wird ein Experten-Lernpfad (in Anlehnung an die Arbeiten von Scott (1992) sowie Petri & Niedderer (2001)) erstellt, der das Vorgehen eines idealen Schülerpaars wiedergibt. Dieser Lernpfad mit allen intendierten Beobachtungen, Inputs, Deutungen etc., die während der Bearbeitung erfolgen sollten, wird dem tatsächlichen Vorgehen von Schülerinnen und Schülern im videographierten Design Experiment gegenübergestellt. Dies sei an einem Beispiel aus dem Anfangsunterricht näher beschrieben:
Im Schüler- oder Demonstrationsversuch wird Kupferoxid mit einem Reduktionsmittel in elementares Kupfer überführt. Aus der Massendifferenz zwischen Kupferoxid und Kupfer sollen die Lernenden dann das Massenverhältnis von Kupfer und Sauerstoff in der Verbindung bestimmen und unter Zuhilfenahme der molaren Massen schließlich eine Idee von stöchiometrischen Verhältnissen entwickeln (siehe hierzu beispielsweise Schmidt & Seitz, 1977 und Asselborn et al., 2010).

Vorgehen

Die durchgeführten Design Experimente orientieren sich an Gravemeijer & Cobb (2006) und analysieren zusätzlich zum experimentellen Arbeiten auch die Vorbereitungs- und die Auswertephasen. In einem Design-Experiment werden zwei Zugänge zur chemischen Formel gegenüber gestellt:

- *Der induktive Zugang:* Hierbei sind die Lernenden gefordert aus den Ergebnissen eines Experimentes die Massen und Stoffmengenverhältnisse zu ermitteln und daraus die Summenformel abzuleiten.
- *Im prognostischen Zugang* wird den Schülerinnen und Schülern die Summenformel vorab mitgeteilt. Sie sollen auf deren Basis eine Prognose für die Messergebnisse abgeben und diese mit den anschließend gewonnenen Ergebnissen ihres Experimentes vergleichen. Intention für dieses Vorgehen ist, dass die Lernenden in dieser Variante das Experiment schon vor der Durchführung besser durchdenken müssen und anschließend zielgerichteter experimentieren können.

Zur besseren Vergleichbarkeit wird mit jedem Schülerpaar sowohl das experimentelle als auch das prognostische Vorgehen in wechselnder Reihenfolge absolviert (Durchgang 1 und 2). Die Durchgänge unterscheiden sich zudem in der durchgeführten Reaktion. Es wird der Versuch jeweils zuerst mit schwarzem Kupfer(II)oxid und im Anschluss mit rotem Kupfer(I)oxid durchgeführt.

Die Lernumgebung am Beispiel des Kupferoxid-Versuchs wurde von 16 interessierten Schülerinnen (8) und Schülern (8) der Jahrgangsstufen 8-10, bei denen Summenformeln schon Thema im Unterricht waren, jeweils in Zweierteams durchgeführt. Ihr Vorgehen wurde video- und audiographiert, für die anschließende Analyse transkribiert und mit QDA-Software ausgewertet.

Vorläufige Ergebnisse

Die Analyse der Design Experimente zeigt kaum Unterschiede zwischen dem prognostischen und dem experimentellen Vorgehen. Bei beiden Varianten benötigen die Schülerinnen und Schüler etwa 15 min für die Auswertung, wobei beim prognostischen Vorgehen die Prognosezeit mitgerechnet wird. Die Lernenden beider Varianten benötigen vergleichsweise viel Input, obwohl das Thema bereits unterrichtlich behandelt wurde. Es sind viele Hilfestellungen und Prompts durch den Interviewer nötig, so dass sich für beide Varianten ein Redeanteil des Interviewers von etwa einem Drittel ergibt, was wir als relativ hoch einschätzen.

Der prognostische Zugang ist begleitet von einem vorherigen Durchdenken des Experiments. Dieses wird nicht gestört durch handwerkliche Tätigkeiten und mögliche Schwierigkeiten, die sonst beim Aufbauen oder Abwiegen der Reaktionspartner beobachtet werden können. Allerdings hatten die Lernenden den Ablauf des Versuches in Gedanken zu simulieren, um eine adäquate Prognose abgeben zu können. Dies scheint die Komplexität des prognostischen Vorgehens auf eine Stufe mit der des experimentellen Vorgehens anzuheben, wodurch in diesem Setting, trotz der den Schülerinnen und Schülern bekannten Lösung (Summenformel CuO bzw. Cu_2O) keine Vorteile zu beobachten waren. Die anfängliche Hypothese lässt sich mit den vorliegenden Daten also nicht halten.

Allerdings fällt beim Vergleich des ersten mit dem zweiten Durchgang auf, dass die Lernenden im zweiten Durchgang neue, intuitivere Lösungsansätze verfolgen. Dies ist besonders hervorzuheben, da es sich beim verwendeten roten Kupfer(I)oxid um eine 2:1-Verbindung handelt, die somit eine höhere Komplexität aufweist, als die zuerst benutzte 1:1-Verbindung des schwarzen Kupfer(II)oxids. Diese Steigerung des intuitiven Vorgehens zeigt sich besonders in einem Interview, bei dem sich im ersten experimentellen Vorgehen nur ca. 10 % der Aussagen als intuitiv bewerten lassen. Etwa die Hälfte der Aussagen wird formelbasiert getroffen, die restlichen 40 % sind rechnerische Anmerkungen. Auffällig ist bei den formelbasierten Aussagen, dass die beiden Schülerinnen sich stark an auswendig

gelernten Unterrichtsinhalten orientieren. Die prognostische Variante, also der zweite Durchgang, wird mit knapp einem Drittel intuitiven Aussagen analysiert. Hierbei sind die Aussagen stärker an den Kontext des Experiments angelehnt, als beim ersten Durchgang.

Allgemein lassen sich die weiteren beobachteten Schwierigkeiten in folgende vier Punkte zusammenfassen:
- Fehlendes Fachvokabular
- Kaum Erfahrung im Experimentieren
- Fehlende Vorstellungen zu Verbindungen
- Hilflosigkeit beim Finden von Lösungswegen

Positiv zu erwähnen sind einige individuelle Lösungsstrategien, die vom intendierten Vorgehen abweichen, aber über durchaus korrekte Schlussfolgerungen zum Ziel führen. Es ist zu prüfen, ob diese Strategien der Lernenden eine mögliche Hilfestellung für schwächere Schülerinnen und Schüler darstellen, die mit dem eigentlichen Vorgehen (zu) große Schwierigkeiten haben.

Literatur

Asselborn, W., Jäckel, M., Risch, K. (Hrsg) (2010) Chemie heute Sekundarstufe I. Braunschweig: Schroedel

Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006) Design research from a learning design perspective. In: van den Akker, J. Gravemeijer, K., McKinney, S. & Nieveen, N. (Hrsg.): Educational Design Research. Routledge. S. 17-51

Johnstone, A. (2006) Chemical education research in Glasgow in perspective. In: Chemistry Education Research and Practice, 7 (2), 49-63

Petri, J. & Niedderer, H. (2001) Kognitive Schichtenstrukturen nach einer UE Atomphysik (Sek II). In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 7, 53-68

Schmidt, H.-J. (1990) Stolpersteine im Chemieunterricht. Frankfurt am Main: Diesterweg

Schmidt, H.-J. & Seitz, H. (1977) Denken und Experimentieren - Experimentieren und Denken. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG

Scott, P. (1992) Pathways in Learning Science. In: Duit, R., Goldberg, F., Niedderer, H. (Hrsg.), Research in Physics Learning. IPN, Kiel

Taskin, V. & Bernholt, S. (2014) Students' Understanding of Chemical Formulae. In: International Journal of Science Education, 36 (1), 157-185

Luzie Haase
Verena Pietzner
Universität Oldenburg

Berufsorientierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I

Die Wahl des Berufes ist für Jugendliche eine komplexe Aufgabe in ihrer Entwicklung, die von vielen Faktoren beeinflusst wird. Zu nennen sind die eigenen Interessen und Fähigkeiten, aber auch das Elternhaus, der Freundeskreis und nicht zuletzt die Schule. Die unterschiedlichen Quellen bilden ein Netz, welches sich aus Informationen und Angeboten zusammensetzt und den Prozess der Berufsorientierung steuert. Dass Berufsorientierung auch eine Aufgabe der Schule darstellt, ist in den Kerncurricula der Naturwissenschaften für Niedersachsen durch die Forderung nach einer naturwissenschaftlichen Grundbildung fest verankert. Die sogenannte *Scientific Literacy* zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass sie „eine Orientierung für naturwissenschaftlich-technische Berufsfelder [bietet], […] Grundlagen für anschlussfähiges berufsbezogenes Lernen [schafft] und […] somit Perspektiven für die spätere Berufswahl [eröffnet]“ (KMK 2007, 7). Gerade der Bereich der Naturwissenschaften weist eine große Bandbreite beruflicher Möglichkeiten auf. Diese den Schülerinnen und Schülern vorzustellen, berufliche Tätigkeiten aufzuzeigen und relevante Kompetenzen transparent zu machen, ist Aufgabe des Fachunterrichts. Die fachspezifischen Kerncurricula für die Chemie fordern im Kompetenzbereich Bewertung folglich die Einbindung von Berufsorientierung in den Unterricht, indem Schüler/innen „Beziehungen zwischen der Chemie und Anwendungs- sowie Berufsbereichen“ (ebd., 49) herstellen sollen.

Trotz der curricularen Verankerung findet Berufsorientierung im Chemieunterricht bisher nur in einem geringen Maße statt. Im Jahr 2011 wurde das Projekt PACE-Chem (Professional Approaches to Career Education in Chemistry) ins Leben gerufen, welches Arbeiten zur Berufsorientierung und beruflichen Bildung im Chemieunterricht zusammenfasst (Bolten, Paetz, Sabater, Krammer, Pietzner, 2011). In diesem Kontext sind innerhalb einer Promotion bereits die Rahmenbedingungen für Berufsorientierung an allgemein bildenden Schulen untersucht worden. Dafür wurden Auszubildende, Ausbilderinnen und Ausbilder in Chemieberufen sowie Lehrkräfte befragt (Kotwica, Pietzner, 2014). Weitere Vorarbeiten haben ergeben, dass in den niedersächsischen Schulbüchern zwar Bilder mit typischen Tätigkeiten in chemischen Berufen zu finden sind, die beruflichen Aspekte jedoch darüber hinaus nicht weiter aufgegriffen werden (Bergmann 2012 & Schmidt 2013).

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Schüler/innen in den Fokus genommen. Um adressatenorientiertes Material für die unterschiedlichen Schulformen und Klassenstufen zu entwickeln, wird zunächst der Ist-Zustand bezüglich Berufsorientierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I erhoben. Der entwickelte Fragebogen erfasst dabei unterschiedliche Aspekte, deren Ergebnisse das weitere Vorgehen bestimmen. Fest steht, dass mit Hilfe der gewonnenen Daten Unterrichtmaterialien entwickelt werden sollen, welche dem Kenntnisstand und Interesse der Schüler/innen angepasst sind.

Durchführung und erste Ergebnisse

Die Durchführung der Fragebogenstudie (N = 1023) erfolgte im Weser-Ems-Gebiet in den Klassenstufen 7-10 an allgemeinbildenden Schulen. Die Geschlechtsverteilung liegt bei 51% zugunsten des weiblichen Geschlechts. Die Datenauswertung erfolgte mit SPSS; bei der Interferenzstatistik wurde mit einem Signifikanzniveau von p = 0,05 gearbeitet.

Von den befragten Schüler/innen verfügen knapp 86 % über einen festen Berufswunsch. Dabei sind keine signifikanten Unterschiede bezüglich Geschlecht, Klassenstufe und Schulform nachweisbar. Die genannten Wunschberufe wurden deduktiv zehn großen Berufsbereichen der Bundesagentur für Arbeit zugeordnet. Die Klassifizierung stellt dabei eine realitätsnahe Abbildung der Berufslandschaft in Deutschland dar (BA, 2010). Es zeigt sich, dass großes Interesse am Bereich „Gesundheit, Soziales, Lehre und Erziehung“ besteht, wobei vorrangig die Berufe Lehrer/in, Erzieher/in sowie Pflegeberufe genannt werden. 28,1 % der Nennungen entfallen auf diese Kategorie. Ebenfalls beliebt ist der Bereich „Sprach-, Literatur-, Geistes-, Gesellschafts- und Wirtschaftswissenschaften, Medien, Kunst, Kultur und Gestaltung“. Berufe aus diesem Bereich nennen 17,8 % der Befragten, wobei Künstler/in, Sportler/in und Musiker/in meistgenannt sind. Berufe aus dem Bereich „Naturwissenschaft, Geografie und Informatik“ werden hingegen von nur 9,1 % als Wunschberuf angegeben. Schaut man detaillierter in die Kategorie, so entfallen lediglich 1 % der Nennungen auf einen chemischen Beruf.

In einem offenen Frageformat wurden die Schüler/innen anschließend aufgefordert, einen chemischen Beruf ihrer Wahl zu nennen und zu beschreiben. Insgesamt wurden dabei 34 unterschiedliche Berufe genannt, wobei 37,8 % den Beruf des/der Chemikers/Chemikerin und 33,2 % den/die Chemielehrer/in beschreiben. Weitere 9,8 % entfallen auf den/die Laborant/in. Andere genannte Berufe, wie z.B. Wissenschaftler/in, Pyrotechniker/in, Lebensmittelchemiker/in und Chemikant/in, werden prozentual wesentlich geringer genannt. Die Vorstellungen der Schüler/innen über typische Tätigkeiten und Arbeitsabläufe im gewählten Beruf wurden mittels induktiver Kategorienbildung erfasst; es ergaben sich 14 Kategorien.

Beruf **Tätigkeit**	**Chemiker/in [%]**	**Chemielehrer/in [%]**	**Laborant [%]**
Experimentieren	68,8	59,5	61,5
Schreiben und rechnen	29,6	32,2	28,1
Unterrichten und erklären	4,3	83,4	3,1
Ergebnisse auswerten und veröffentlichen	13,4	1,5	18,8
Laborarbeit, Arbeit mit Chemikalien	29,0	4,0	45,8
Forschen	29,6	3,1	26,0
Teamarbeit	1,6	16,6	5,2

Tab. 1: Tätigkeitsprofile für die meistgenannten chem. Berufe

Es ist deutlich zu sehen, dass sich die genannten Tätigkeiten über die unterschiedlichen Berufe hinweg ähneln. *Experimentieren*, *schreiben und rechnen*, *Laborarbeit* sowie *Forschen* sind Tätigkeitsbeschreibungen, die sowohl dem Beruf Chemiker/in wie auch Laborant/in in ähnlicher Weise zugeschrieben werden. Das Profil des Lehrerberufs weicht davon lediglich in Teilen ab, da hier die Kategorien *Unterrichten und Erklären* sowie *Teamarbeit*

in den Vordergrund rücken. Es lässt sich feststellen, dass die befragten Schüler/innen eher oberflächliche Berufsbeschreibungen formulieren, was vermuten lässt, dass keine tieferen Vorstellungen und Konzepte bestehen. Die Tatsache, dass Schüler/innen, welche spezifischere Berufe (Beispiel Milchlaborant) gewählt haben, diese auch detailliert beschreiben konnten (Qualitätskontrollen, Prüfen von Zusatzstoffen, Untersuchungen von Milchproben), stützt diese These. Anzumerken ist zudem, dass viele der genannten Berufe einer akademischen Laufbahn zuzuordnen sind und somit von Schüler/innen der Haupt- und Realschulen folgerichtig als persönlich nicht relevant beschrieben werden.

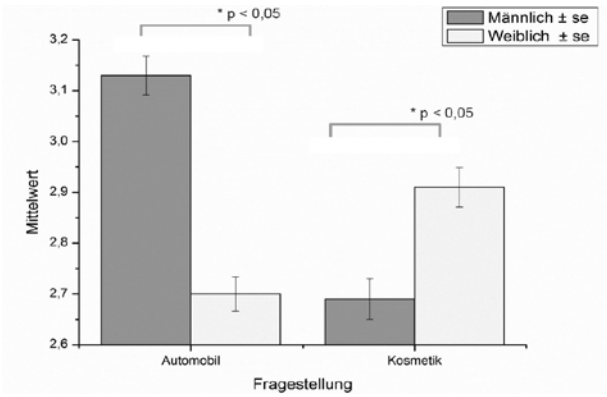


Abb. 1: Relevanz chemischer Industrie m/w

Bezüglich des Geschlechts ergaben sich keine signifikanten Unterschiede für das Interesse am Erlernen eines chemischen Berufes, wohl aber in Hinblick auf das Interesse an Bereichen der chemischen Industrie. So bewerten Jungen ihr Interesse an chemischen Themen der Automobilindustrie signifikant höher als Mädchen. Für die Kosmetik- und Hygieneindustrie gilt der umgekehrte Fall.

Die Ergebnisse zeigen, dass Berufsorientierung im chemischen Fachunterricht kaum oder gar nicht stattfindet. Die Entwicklung von Unterrichtsmaterial für den curricularen Unterricht erscheint daher notwendig, erfordert aber die Spezifizierung für geschlechtsabhängige Interessen sowie die Anpassung an Klassenstufe und Schulform. Für Schüler/innen, die nicht das Abitur anstreben, müssen Ausbildungs- und Lehrberufe in den Fokus gerückt werden. Die oft empfundene Abstraktheit des Fachs kann so in lebensnahe Kontexte überführt und Interesse an chemischen Berufen geweckt oder gefördert werden.

Literatur

BA (2010). Methodenbericht der Statistik. Einführung der KldB 2010 in die Arbeitsmarktstatistik. Online abrufbar unter: https://statistik.arbeitsagentur.de/Navigation/Statistik/Grundlagen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010/

Bergmann, K. (2012). Berufsorientierung im Chemieunterricht – eine Schulbuchanalyse. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Universität Hildesheim.

Bolten, M., Paetz, S., Sabater, C., Krammer, G., Pietzner, V. (2011). Einsatz computergestützter Lehr-Lernmodule in einem betriebsinternen Trainingsprogramm für Flavoristen. Berufsbildung, 129 (65), 37-39.

KMK (2007). Kerncurriculum für die Realschule. Schuljahrgänge 5 -10. Naturwissenschaften. Online abrufbar unter: http://db2.nibis.de/1db/cuvo/ausgabe/ [Zugriff am 10.09.2015]

Kotwica, A., Pietzner, V. (2014). Ergebnisse einer Befragung von Chemielehrkräften zur Berufsorientierung - Ein Teilprojekt von PACE-CHEM. In Bernholt (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 85 - 87). Kiel: IPN.

Schmidt, N. (2013). Berufsorientierung durch Chemie-Schulbücher – Ergebnisse einer Analyse niedersächsischer Gymnasialschulbücher. Unveröffentlichte Masterarbeit, Universität Hildesheim

Spitzer, Philipp Universität Siegen
Gröger, Martin

Berufsorientierung als Baustein für einen relevanten Chemieunterricht

Relevanter Chemieunterricht

Ausgehend von dem Relevanzmodell von Stuckey et al. (2014) berücksichtigt ein relevanter Chemieunterricht drei Dimensionen: die individuelle, die gesellschaftliche sowie die berufliche. Jede dieser Dimensionen wird zudem über die beiden Achsen „heute und zukünftig“ sowie „extrinsisch und intrinsisch“ quasi als Ebene aufgespannt.
Wir machen uns diesen Ansatz zunutze, um den Aspekt Berufsorientierung bei den Angeboten unseres mobilen Schülerumweltlabores Chem-Trucking (Spitzer et al., 2015) näher zu untersuchen. Dabei betrachten wir insbesondere die gesellschaftliche und die berufliche Dimension sowie deren Verknüpfung.
Die Forderung nach Berufsorientierung ist in vielen Lehrplänen verankert (vgl. Haucke, 2014). Zum aktuellen Stand der Berufsorientierung im Chemieunterricht in Deutschland existieren jedoch nur wenige Untersuchungen. Als Beispiel seien hier Haucke (2014), Weßnigk (2013), Kotwica & Pietzner (2015) und Bertels & Bolte (2015) genannt. Berufsorientierung im Chemieunterricht findet häufig im Rahmen von Patenschaften zwischen Schule und Industrie, z. B. in Gestalt von Schülerlaboren statt (Haucke, 2014).

Eigene Erhebung zum aktuellen Stand der Berufsorientierung

Um zu einem umfassenderen Bild der Berufsorientierung zu gelangen, wurde eine eigene Untersuchung konzipiert. Ein Fokus dieser Befragung liegt auf den Unterschieden der Berufsorientierung zwischen Schülerinnen und Schülern der 8. bzw. 10./11. Jahrgangsstufe. Dazu wurden im ersten Halbjahr 2015 insgesamt 1113 Schüler/-innen an weiterführenden Schulen befragt. Aufgrund der Auflösung vieler Hauptschulen in NRW wurde auf eine Befragung von Schüler/-innen dieser Schulform verzichtet.
Eine Übersicht der Untersuchung mit den unterschiedlichen Fragestellungen sowie eingesetzten Erhebungsinstrumenten ist in Abbildung 1 dargestellt.

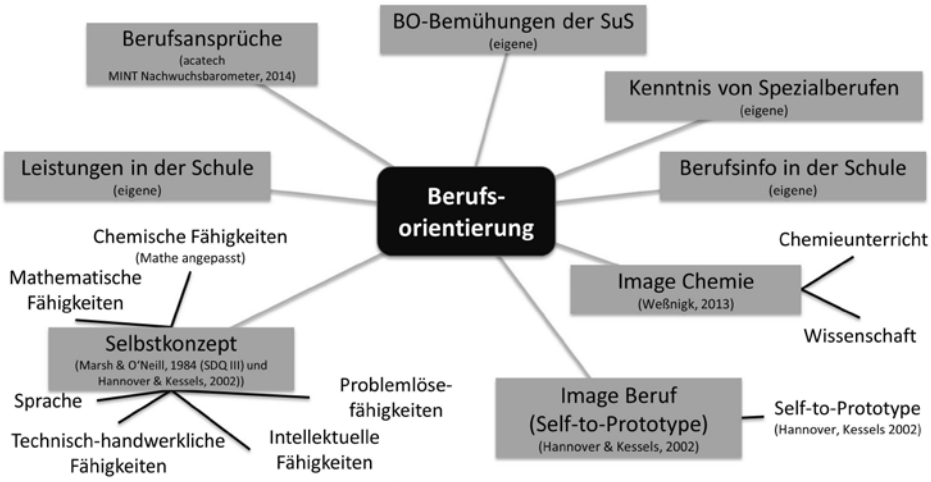


Abbildung 1: Übersicht über die Befragung

Dabei werden neben dem aktuellen Stand der Berufsorientierung auch das Image des Unterrichtsfachs Chemie und das der Wissenschaft Chemie sowie Daten zum Selbstkonzept der Schüler/-innen erhoben.

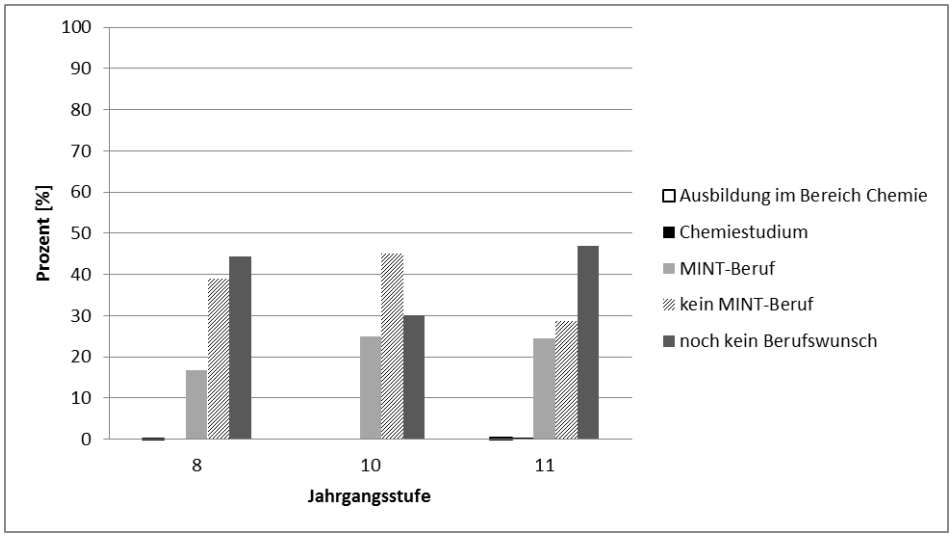


Abbildung 2: Aktueller Status der Berufsorientierung getrennt nach Jahrgangsstufen (8, 10 und 11)

Abbildung 2 zeigt den aktuellen Status der Berufswahlorientierung in den verschiedenen Klassenstufen. Deutlich erkennbar ist die hohe Zahl der unentschlossenen Schüler/-innen in den Jahrgangsstufen 8 und 11. Die geringere Zahl in Jahrgangsstufe zehn kann auf die besondere Situation in der Realschule zurückgeführt werden. Die Zahl der Schüler/-innen, die einen MINT-Beruf ergreifen wollen, ist mit 16,7% in der Klasse 8 und 24,5% in der Jahrgangsstufe 11 geringer ausgeprägt als die Zahl derer mit Berufswunsch aus einem anderen Feld. Besonders gering und im Diagramm fast nicht sichtbar ist die Zahl derer, die eine chemische Ausbildung oder ein Chemiestudium absolvieren möchten. In der Jahrgangsstufe elf beträgt der Anteil der Orientierungen in Richtung Chemieberufe insgesamt gerade einmal 0,71%. Zum Vergleich: In 2014 waren 1,04% aller Erwerbstätigen in Deutschland in der Chemischen Industrie beschäftigt (VCI, 2014; Destatis, 2015). Berücksichtigt man noch Änderungen des Berufswunsches oder Studien- und Ausbildungsabbrüche, so deutet sich hier womöglich ein zukünftiger Fachkräftemangel an.

Erste weitere Auswertungen der Befragung zur Aufklärung dieser Sachverhalte weisen darauf hin, dass Image und Selbstkonzept wichtige Einflussfaktoren für eine Berufswahl hin zu chemischen Berufen sind. In der Jahrgangsstufe acht ist das Image des Berufes noch wichtiger, in der Jahrgangsstufe elf scheint das chemische Selbstkonzept wichtiger zu sein. Entgegen unseren Erwartungen scheint darüber hinaus das Self-to-Prototype-Machting (vgl. Hannover & Kessels, 2002) in der Oberstufe im Gegensatz zur Mittelstufe einen Einfluss auf die Berufswahl im Bereich Chemie zu haben.

Das Chem-Trucking-Projekt als mögliche Interventionsmaßnahme

Mit unserem mobilen Schülerlabor Chem-Trucking (www.chem-trucking.de) möchten wir das Image von Unterrichtsfach und Wissenschaft, das Selbstkonzept der Schüler/-innen bezüglich Chemie und das Prototypenbild positiv beeinflussen. Dabei fahren wir mit

Gerätschaften zur Wasser- und Bodenanalytik Schulen an und untersuchen gemeinsam mit den Schüler/-innen für sie wichtige Orte in der Umgebung ihrer Schule, z.B. die Wassergüte des Bach- oder Flusslaufes neben der Schule, die Reinheit des Wassers im nahe gelegenen Naturfreibad oder auch der Trinkwassertalsperre. So haben die Schüler/-innen Möglichkeiten, vor Ort anhand authentischer und relevanter Problemstellungen umweltanalytische Untersuchungen durchzuführen und den Beruf des Chemikers und insbesondere die Berufe des Analytikers und Umweltanalytikers kennenzulernen. Durch den angestrebten Austausch mit Experten vor Ort bekommen sie einen zusätzlichen Einblick in das Berufsfeld und können die Anforderungen mit ihren eigenen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Interessen abgleichen.

Literatur

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften & Körber-Stiftung (2014). MINT Nachwuchsbarometer 2014

Bertels, N. & Bolte, C. (2015). Einflussfaktoren des Chemieunterrichts auf die Berufswahl. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014, 358-360 Kiel: IPN.

Statistisches Bundesamt (Destatis). (2015). Mikrozensus 2014: Bevölkerung und Erwerbstätigkeit Stand und Entwicklung der Erwerbstätigkeit in Deutschland. Abrufbar unter: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetige/StandEntwicklungErwerbstaetigkeit2010411147004.pdf?__blob=publicationFile

Hannover, B. & Kessels, U. (2002). Challenge the science-stereotype. Der Einfluss von Technik-Freizeitkursen auf das Naturwissenschaften-Stereotyp von Schülerinnen und Schülern. In M. Prenzel, & J. Döll, (Hrsg.), Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen (Beiheft. 45). Weinheim: Beltz, 341–358

Haucke, K. (2014). Berufsorientierung im Chemieunterricht: Erhebung von Schülervorstellungen zu ausgewählten Berufen und Entwicklung von Konzepten zur Integration von Berufsorientierung in Unterricht und Lehrerbildung (Dissertation). Universität Oldenburg, Oldenburg.

Kotwica, A. & Pietzner, V. (2015). Die Sicht von Chemieauszubildenden auf ihren Chemieunterricht in der Sekundarstufe I. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN, S. 361-363

Marsh, H. & O'Neill, R. (1984). Self Descripting Questionnaire III: The Construct Validity of Multidimensional Self-Concept Ratings by late Adolescents. Journal of Educational Measurement, 21(2), 153–174.

Schwanzer, A. (2002). Entwicklung und Validierung eines deutschsprachigen Instruments zur Erfassung des Selbstkonzepts junger Erwachsener, Berlin: Max-Planck-Inst. für Bildungsforschung.

Spitzer, P., Krischer, D., Gröger, M. (2015): Lernorte: Garten, Stausee, Bergwerkstollen, In Nachrichten aus der Chemie 63(1), 93-95.

Stuckey, Marc; Sperling, Jan P.; Hofstein, Avi; Mamlok-Naaman, Rachel; Eilks, Ingo (2014): Ein Beitrag zum Verständnis der Relevanz des Chemieunterrichts. In CHEMKON 21(4), 175–180

Verband der Chemischen Industrie (VCI). (2014). Quartalsbericht - Bericht zur wirtschaftlichen Lage der chemischen Industrie im 4. Quartal 2014. Abrufbar unter: https://www.vci.de/vci/downloads-vci/quartalsberichte/2015-02-25-vci-quartalsbericht-04-2014.pdf

Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten (Dissertation). Christian-Albrechts-Universität, Kiel.

Monika Holmeier — Pädagogische Hochschule
Tamara Stotz — Fachhochschule Nordwestschweiz

MINT-Elternarbeit: Ideen, Chancen, Schwierigkeiten

(MINT-)Elternarbeit

Unter Elternarbeit wird die Teilnahme der Eltern an Erziehung und Bildung ihrer Kinder im familiären, schulischen und gemeinschaftlichen Leben verstanden (Ule, Živoder & du Bois-Reymond, 2015). Studien konnten eine Vielzahl an positiven Effekten bezüglich Elternarbeit aufzeigen, so bspw. in Bezug auf die schulischen Leistungen (u.a. Jeynes, 2005), das Engagement der Kinder sowie auf deren mentale Gesundheit und Sozialkompetenzen (u.a. Borgonovi & Montt, 2012; Desforges & Abouchaar, 2003).

Einzelne Projekte, welche den Bereich MINT und Elternarbeit vereinen, weisen ebenfalls positive Ergebnisse auf (Harackiewicz, Rozek, Hulleman & Hyde, 2012; Hawighorst, 2007; Wehmeier, 2012; Young-Loveridge, 1989). Die Eltern nehmen die Projekte positiv wahr, machen zu Hause häufiger Experimente mit ihren Kindern nach oder tauschen sich vermehrt zu MINT-Themen aus. Zudem wird den Eltern die Wichtigkeit von MINT deutlich. Die Schülerinnen und Schüler selbst schneiden besser in Mathematiktests ab und interessieren sich vermehrt an den Tätigkeiten und Themen rund um den MINT-Bereich (ebd.).

Forschungsdesign

Das hier vorgestellte Forschungsprojekt folgt dem Auftrag des Erziehungsdepartements des Kantons Basel-Stadt, Maßnahmen zu entwickeln, die die MINT-Elternarbeit an den Schulen stärken. Die Eltern sollen mehr in die naturwissenschaftliche Bildung ihrer Kinder einbezogen werden, so dass MINT-Bildung nicht dort aufhört, wo der Unterricht endet, sondern auch noch in den Familien ein Thema ist. Dadurch soll einerseits dem sinkenden Interesse am und dem Fachkräftemangel im MINT-Bereich entgegengewirkt werden. Andererseits soll dem neuen Lehrplan 21, in dem die naturwissenschaftlich-technische Bildung zu einem Schwerpunkt deklariert wurde, Rechnung getragen werden. Insbesondere sollen die Schülerinnen und Schüler des Kantons Basel-Stadt dazu angeregt werden, das neu eingeführte MINT-Wahlpflichtfach zu belegen.

Zur Generierung möglicher Maßnahmen zur MINT-Elternarbeit wurden mit Lehrpersonen, Schulleitungen sowie mit Expertinnen und Experten aus dem Erziehungsdepartement Basel-Stadt und der Pädagogischen Hochschule FHNW zehn qualitative Interviews geführt. Die in den Interviews entstandenen Maßnahmen wurden in einem zweiten Schritt anhand eines Online-Fragebogens von 27 schulisch-involvierten Personen hinsichtlich der Umsetzbarkeit, der Belastung sowie der Teilnahmebereitschaft der Lehrpersonen und Eltern beurteilt. Geschlossene Fragen wurden anhand der Software SPSS ausgewertet, offene Fragen mittels strukturierender Inhaltsanalyse nach Mayring (2008).

Ergebnisse

Tabelle 1 stellt die acht herausgearbeiteten Maßnahmen sowie deren Beurteilung in Bezug auf die Umsetzbarkeit, Belastung und Teilnahmebereitschaft dar. Generell werden alle Maßnahmen von mindestens 50% der Befragten als umsetzbar angesehen, wobei das "MINT-Projekt mit Präsentation am Ende" an erster Stelle steht, gefolgt von der "Einbindung der Eltern in den Unterricht" und den "MINT-Elternabenden". Die "MINT-Kurse für Eltern und Kinder" werden von den Wenigsten als umsetzbar eingestuft, was die Befragten damit begründen, dass es sowohl für die Schule als auch für die Eltern eine zu

große Belastung sei, diese Kurse zu organisieren bzw. an den Kursen teilzunehmen. Dies drückt sich auch in den Ergebnissen zur Belastung aus. 77% der Befragten geben an, dass die "MINT-Kurse für Eltern und Kinder" eine zu starke Belastung für die Schulen darstellen, 69%, dass diese Maßnahme zu belastend für die Eltern ist. Deutlich positivere Werte erreichen für die Lehrpersonen das "MINT-Projekt mit Unterstützung zu Hause" und die "Einbindung der Eltern in den Unterricht". Bei den Eltern wird das "MINT-Projekt mit Präsentation am Ende" als am wenigsten belastend eingestuft, gefolgt von den "MINT-Elternabenden".

Maßnahmen	**Umsetz-barkeit**	**zu starke Belastung für**		**Teilnahme-bereitschaft**	
		Schule	**Eltern**	**Schule**	**Eltern**
MINT-Projekt mit Präsentation am Ende	84.0	32.0	12.0	76.0	88.0
Einbindung Eltern in Unterricht	82.1	29.6	44.4	63.0	25.9
MINT-Elternabende	80.0	44.0	28.0	40.0	52.0
MINT-Forschungsmorgen	74.1	55.5	40.7	37.0	40.7
Besuch außerschulischer Institutionen	62.5	37.5	41.7	50.0	41.6
MINT-Projekt + Elternunterstützung Schule	64.0	36.0	60.0	40.0	40.0
MINT-Projekt + Elternunterstützung zu Hause	56.0	20.0	60.0	52.0	48.0
MINT-Kurse für Eltern und Kinder	50.0	77.0	69.3	26.9	23.1

Tab. 1: Umsetzbarkeit, Belastung und Teilnahmebereitschaft in % (die zwei positivsten Maßnahmen sind grau markiert)

In einem weiteren Schritt wurde danach gefragt, ob viele der Schulen die Maßnahme umsetzen und viele Eltern daran teilnehmen würden. Das "MINT-Projekt mit Präsentation am Ende" schneidet sowohl in Bezug auf die Schulen als auch in Bezug auf die Eltern gut bei den Befragten ab. Zudem würden ihren Angaben zufolge auch viele Schulen die Eltern in den Unterricht einbinden wollen. Allerdings würden an dieser Maßnahme nach Meinung der Befragten nur wenige Eltern teilnehmen, da zur Einbindung in den Unterricht gewisse didaktische oder sprachliche Kompetenzen auf Seiten der Eltern vorhanden sein müssen. Aus Sicht der Befragten würden die Eltern eher am "MINT-Elternabend" teilnehmen, vermutlich weil dieser auf dem Konzept der normalen Elternabende beruht und lediglich der Fokus ein anderer ist.

Abschließend wurden die Befragten gebeten, die drei Maßnahmen zu benennen, die sie generell für am geeignetsten halten, um die MINT-Elternarbeit zu stärken (Generell) sowie die drei Maßnahmen, welche am ehesten von den Lehrpersonen und Schulleitungen umgesetzt würden (Umsetzung Schule) bzw. an denen die meisten Eltern teilnehmen würden (Teilnahme Eltern). Die Maßnahmen, die an erster Stelle genannt wurden, erhielten drei Punkte, die auf Platz 2 zwei Punkte und jene, die als dritte Präferenz genannt wurden, einen Punkt. Alle Punkte wurden anschließend zusammengerechnet. Tabelle 2 stellt die Prozente der maximal zu erreichenden Punktzahl für die zwei am besten und die zwei am kritischsten beurteilten Maßnahmen dar. Gesamthaft erreicht die Idee des "MINT-Projekts mit Präsentation am Ende" gefolgt vom "MINT-Forschungsmorgen" die besten Beurteilungen. Einzig kritisch wird am "MINT-Forschungsmorgen" angesehen, dass dieser eher nicht von den Schulen umgesetzt wird. Die kritischste Beurteilung erhält zum einen die "Einbindung der Eltern in den Unterricht", weil sie für generell eher nicht geeignet angesehen wird, um die Elternarbeit zu stärken. Als Grund dafür wird die starke Selektivität dieser Maßnahme angesehen, da einige Eltern sich vermutlich nicht trauen, im Unterricht aktiv zu werden oder weil ihnen die entsprechenden Kompetenzen fehlen. Zum anderen erreichen die "MINT-

Kurse" eine eher kritische Bilanz, da sie weder von den Schulen umgesetzt würden, noch würden die Eltern aus Sicht der Befragten an der Maßnahme teilnehmen.

Maßnahmen	**Generell**	**Umsetzung Schule**	**Teilnahme Eltern**	**Gesamt**
MINT-Projekt mit Präsentation	33.3	40.7	45.7	39.9
MINT-Forschungsmorgen	28.4	17.3	27.2	24.3
Einbindung Eltern in Unterricht	9.9	19.8	9.9	13.2
MINT-Kurse für Eltern und Kinder	16.0	3.7	9.9	9.9

Tab. 2: Projektpräferenz der zwei am besten bzw. kritischsten bewerteten Maßnahmen in %

Diskussion und Ausblick

Allgemein mangelt es nicht an Ideen. Zudem werden die erarbeiteten Maßnahmen für durchaus umsetzbar gehalten. Es zeigt sich jedoch, dass die Belastung für die Schulen und Eltern eine entscheidende Rolle spielt. Dabei variiert die Belastung für Schulen und Eltern je nach Maßnahme, sodass bei der Auswahl einer geeigneten Maßnahme gut überlegt sein muss, welche der Personengruppen man weniger belasten möchte. Maßnahmen, welche einen großen Aufwand für die Schulen darstellen, wurden auf allen Ebenen schlechter eingeschätzt.

Für weitere Ideen sowie für deren konkrete Umsetzung wird empfohlen, dass die Maßnahme nicht zu aufwendig oder belastend sein darf und bestimmte Elterngruppen nicht benachteiligt werden dürfen (aufgrund fehlender Sprachkenntnisse, Berufswahl, Stattfinden an Arbeitstagen). Den Schulen sollten zur Unterstützung Fachpersonen an die Hand gegeben werden, die mit ihrem Wissen die Lehrpersonen und Schulen entlasten können. Zudem scheint es sinnvoll, an Maßnahmen anzuknüpfen, die bereits in den Schulen stattfinden und zu denen die Eltern bereits kommen, wie z.B. Schulaufführungen und Elternabende. Diese Veranstaltungen mit MINT-Aspekten zu kombinieren, würde einen geringeren Aufwand für die Schulen bedeuten, da diese in den meisten Schulen bereits implementiert sind. Zudem sollten vor der konkreten Umsetzung einer Maßnahme Eltern und Schüler/innen nach ihren Bedürfnissen gefragt werden, da diese sich maßgeblich daran beteiligen müssen und davon auszugehen ist, dass die Bereitschaft dazu umso größer ist, je eher die Bedürfnisse der Eltern sowie der Schülerinnen und Schüler erfüllt werden.

Literatur

Borgonovi, F., & Montt, G. (2012). Parental Involvement in Selected PISA Countries and Economies. OECD Education Working Papers, No. 73. *OECD Publishing (NJ1)*.

Desforges, C., & Abouchaar, A. (2003). *The impact of parental involvement, parental support and family education on pupil achievement and adjustment: A review of literature*: DfES Publications London.

Harackiewicz, J. M., Rozek, C. S., Hulleman, C. S., & Hyde, J. S. (2012). Helping parents to motivate adolescents in mathematics and science an experimental test of a utility-value intervention. *Psychological Science*, 0956797611435530.

Hawighorst, B. (2007). Mathematische Bildung im Kontext der Familie. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 10*(1), 31-48.

Jeynes, W. H. (2005). A meta-analysis of the relation of parental involvement to urban elementary school student academic achievement. *Urban education, 40*(3), 237-269.

Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken.* (10., neu ausgestattete Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.

Ule, M., Živoder, A., & du Bois-Reymond, M. (2015). ‘Simply the best for my children’: patterns of parental involvement in education. *International Journal of Qualitative Studies in Education, 28*(3), 329-348.

Wehmeier, M. (2012). *"Experimentier' nach 4." Steigerung der Bildungschancen von Lerndenen aus sozial benachteiligten Schichten durch außerschulische Projekte zur unbelebten Natur*. Göttingen: Cuvillier.

Young-Loveridge, J. M. (1989). The relationship between children's home experiences and their mathematical skills on entry to school. *Early Child Development and Care, 43*(1), 43-59.

Nikola Schild
Daniel Rehfeldt
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Nicht-kognitive Prädiktoren für den Studienerfolg im Lehramt und im Fach Physik

Zielstellung: Bundesweit lassen sich in den Studiengängen Physik und Physik Lehramt hohe Abbruchquoten verzeichnen (Heublein, 2012, S. 18). Dies bedeutet für die Studierenden einen persönlichen Rückschlag – auch in Form von Zeit- und Einkommensverlust – und ebenso eine Fehlinvestition von Seiten der Universität (Schiefele et al., 2007, S. 127), sowie einen gesellschaftlichen Malus: Ein daraus resultierender Mangel an Physik-Fach- und Lehrkräften. Daher besteht das Ziel des Forschungsprojekts ‚Hochschulerfolg im Lehramt Physik – *HeLP!*' darin, ein Erhebungsinstrument zu konstruieren, zu validieren und auf Vorhersagekraft zum Studienerfolg zu überprüfen und diese Ergebnisse in Form eines Online-Self-Assessments auf Studieninteressierte anzuwenden.
In diesem Beitrag wird speziell auf die Validierung des nicht-kognitiven Testteils eingegangen. Es soll insbesondere die Skalenstruktur zu den Variablen gefunden werden, um die faktorielle Validität zu schätzen.

Theoretischer Hintergrund

Die theoretische Grundlage für das Vorhaben bildet das allgemeine Studienerfolgsmodell von Thiel et al. (2008, S. 4), für Physikstudiengänge adaptiert von Albrecht (2011, S. 53). Dieses Modell unterscheidet kategorisch in verschiedene Einflussdimensionen, die zum Studienmisserfolg führen können. Albrecht (2011) konnte als Ursache für die niedrige Studienerfolgsquote in den Physikstudiengängen u. a. die mangelnde Passung zwischen Erwartungen der Studieninteressierten und Studienrealität identifizieren. Dieser Befund lässt sich vor allem auf eine mangelnde Informiertheit zu Studienbeginn und daraus resultierende, falsche Erwartungen zurückführen (ebd., S. 97 ff). Diese Bereiche, also Erwartungen, Informiertheit sowie soziodemographische Konstrukte zählen im theoretischen Modell zur Einflussdimension ‚Eingangsvoraussetzungen'.
Eine weitere Ursache für einen Studienabbruch sind die hohen inhaltlichen Studienanforderungen (ebd., S. 106 ff). In der Abbrecherbefragung (ebd.) hat sich gezeigt, dass der häufigst genannte Grund für einen Studienabbruch Leistungsschwierigkeiten sind. Bisher wurde allerdings ausschließlich die Hochschulzugangsberechtigungsnote (HZB-Note) als Kriterium für die kognitiven Fähigkeiten erhoben. Da fachspezifische kognitive Leistungstests eine inkrementelle Validität zur HZB-Note aufweisen (Blömeke, 2009, S. 88), wurden kognitive Fähigkeiten in Mathematik und Physik ebenfalls in das Vorhersagemodell übernommen.
Studienerfolg wurde im Bereich Physik bisher nur in Form der Studienzufriedenheit operationalisiert (Albrecht, 2011). Auch in anderen Studien konnte der Studienerfolg nur begrenzt valide erfasst werden. Es wurde kein tatsächlicher Studienverbleib gemessen, sondern Studienzufriedenheit, Erstsemester-Modulnoten oder Vergleiche aus Bestands- und Absolventenzahlen ermittelt (Freyer, 2013; Hartweg, 2010; Hasenberg, 2013; Heublein et al., 2012, S. 53). Dies bildet das tatsächliche Konstrukt „Studienerfolg" nur mäßig ab. Geeigneter wäre eine tatsächliche Bestimmung der Studienabbrecher über die Semester. Den Kontakt zu den Abbrechenden zu halten ist aber unter Einhaltung des Datenschutzes schwierig umsetzbar bzw. erfordert Längsschnittstudien von mindestens drei Jahren Länge (Regelstudienzeit Bachelor).
Nach Albrecht (2011, S. 60) erfolgt ein Studienabbruch im Bachelor Physik nach 2.27 Semestern (*SD = 1.02*). Es sollte daher ausreichen, bis zum Ende des dritten Semesters

Informationen der Abbrecherzahlen zu erheben, darunter Studienzufriedenheit, Modulnoten und eben der tatsächliche Studienabschluss, um das Konstrukt „Studienerfolg“ bestmöglich zu operationalisieren.

Methoden

Für die Weiterentwicklung des Studienerfolgsmodells in ein *Vorhersagemodell* soll im Rahmen einer Längsschnittstudie die Vorhersagekraft verschiedener Prädiktoren zum Studienerfolg überprüft werden. Hier wird in kognitive- und nicht-kognitive Prädiktoren unterteilt.

- *kognitive Prädiktoren:* Als kognitive Prädiktoren für einen Studienabbruch werden mathematisches und physikalisches Vorwissen, sowie die HZB-Note angenommen. Hierzu wurde bereits ein Leistungstest konzipiert, pilotiert und RASCH-validiert (Schild et al., in Druck).
- *nicht-kognitive Prädiktoren:* Als nicht-kognitive Prädiktoren wurden studienerfolgskritische Verhaltensweisen (Studienwahlkriterien, Lernverhalten, Kontakte zu KommilitonInnen, Mediennutzung, Informiertheit vor dem Studium, etc.) betrachtet.

Aufgrund der Vorteile in Durchführungs- und Auswertungsökonomie wurde als Messinstrument ein Fragebogen gewählt.

Konzeption der Instrumentteile im nicht-kognitiven Teil

In einer Vorgängerstudie (Albrecht & Nordmeier, 2009) wurden in Anlehnung an das MEVAS-Verfahren Einzelitems entwickelt und inhaltlich validiert, die Aufschluss über den Studienerfolg im Fach und im Lehramt Physik geben können. Aufgrund substanzieller Reformen des Studiengangs mussten nun die Einzelindikatoren auf Aktualität überprüft werden. Hierzu wurde eine zweistufige Expertenbefragung durchgeführt, die die Indikatoren nach Ihrem geschätzten Einfluss zum Studienerfolg einteilen sollten ($N_1 = 6$; $N_2 = 145$). Im Rahmen dieses Verfahrens wurden auch neue Indikatoren (z. B. zur Nutzung sozialer Medien) ermittelt und in den Itempool inkludiert. Indikatoren, deren Relevanz gering eingeschätzt wurde, wurden aus dem Itempool entfernt. Die verbleibenden Items wurden anschließend durch kognitive Interviews (Prüfer, 2005) mit Studierenden des Lehramts Physik auf sprachliche Eindeutigkeit geprüft und überarbeitet (N = 5).

Gemäß der Fülle an vermeintlichen Einzelindikatoren als Items sollte nun mittels explorativer Faktorenanalyse (EFA) geprüft werden, ob manche Items zu latenten Konstrukten clustern. Diese sogenannten Faktoren könnten dann in Folgestudien als Supervariablen implementiert werden, was die Teststärke der statistischen Verfahren erhöht bzw. auch Analysen mit kleineren Stichproben erlaubt. Hierzu wurden bundesweit (14 Standorte) Studierende des Lehramts Physik und des Fachs Physik im Bachelorstudiengang befragt (N = 505).

Ergebnisse der Validierungen

Im Rahmen der EFA[1] (N = 292) konnten 10 Faktoren identifiziert werden. In der Analyse zeigte sich, dass es sich bei 19 der Items um Einzelindikatoren zum Studienerfolg handelt, da keine substanziellen Korrelationen mit anderen Items auftraten. Aufgrund von starken Boden- und Deckeneffekten wurden vier weitere Items aus der Analyse ausgeschlossen. Die Verbliebenen 36 Items konnten auf 10 Faktoren zurückgeführt werden und ergaben eine saubere Faktorstruktur (Tab. 1). Es wurden nur Faktorladungen von > .40 (Hair 1998, S. 111) interpretiert.

Dabei lädt kein Item bedeutsam auf mehr als einem Faktor, die interpretierbaren Faktorladungen liegen fast immer im gut interpretierbaren Bereich (> .50; ebd.).

[1] Hauptkomponentenanalyse; oblimin. Der Ausschluss wurde paarweise vorgenommen, da sonst die Stichprobe unter empfohlene Richtgrößen gefallen wäre. Weitere Analysen mit multipler Imputation sind geplant.

Faktor	# ladender Items > .40	# Nebenladungen ϵ [.30; .40]
Studieninformiertheit	4	-
kontinuierliche Lernplanung	4	-
aktive Lernorganisation	3	1
Lerngruppenaffinität	4	-
Mitschreiben	2	-
Mitschriftenaustausch	2	-
Vorausplanen bei Hausarbeiten	4	1
Feedback holen bei Hausarbeiten	3	2
Affinität für soziale Netzwerke	5	-
erweiterte Studienzufriedenheit	5	1

Tabelle 1: Ergebnisse der EFA[2]

Ausblick

Um die Gültigkeit der Faktorstruktur zu überprüfen, muss der Datensatz der zweiten Hälfte der Stichprobe einer konfirmatorischen Faktoranalyse (CFA) unterzogen werden. Sollten sich die gefundenen Konstrukte durch eine CFA bestätigen lassen, läge ein faktoriell validiertes Instrument zur Messung von Studienerfolg im Rahmen des nicht-kognitiven Anteils vor. Der validierte kognitive und nicht-kognitive Teil sollen zu Beginn des WiSe 2015/16 bei StudienanfängerInnen eingesetzt werden. Eine erneute Befragung drei Semester später ermöglicht dann, den Studienerfolg im Rahmen eines Regressionsmodells vorhersagen zu können.

Literatur

Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Dissertation, Freie Universität Berlin.

Bond, T.; Fox, C. (2007). Applying the Rasch model: Fundermental measurement in the human sciences. Mahwah, NJ: Erlbaum, 2007.

Blömeke, S. (2009). Ausbildungs- und Berufserfolg im Lehramtsstudium im Vergleich zum Diplom-Studium – Zur prognostischen Validität kognitiver und psycho-motivationaler Auswahlkriterien. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 12 (1), 82–110.

Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie (Bd. 156). Berlin: Logos; Logos Berlin.

Hair, J.; Anderson, R.; Tatham, R.; Black, W (1998). Multivariate Data Analysis, 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Hartweg (2010): Mechanisch-technisches Verständnis als Konstrukt in der testbasierten Studienberatung: Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule

Hasenberg, S. (2012). Zur prädiktiven Validität von Self-Assessments für di Studienzufriedenheit. Dissertation.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010.

Kurz, G., Linser, M. & Oliveira-Vitt, L. de. (2008). Studienverlaufsuntersuchungen an der Hochschule Esslingen. Teil 1: Zulassungsverfahren und Eignungstests. In M. Rentschler (Hrsg.), Studieneignung und Studierendenauswahl. Untersuchungen und Erfahrungsberichte (Report - Beiträge zur Hochschuldidaktik, Bd. 42, S. 95–124). Aachen: Shaker.

Prüfer, P., & Rexroth, M. (2005). Kognitive Interviews (No. 15). Mannheim: Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen.

Schiefele, U., Streblow, L. & Brinkmann, J. (2007). Aussteigen oder Durchhalten. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 39 (3), 127–140.

Schild, N., Krüger, L., Rehfeldt, D., Nordmeier, V. (2015). Vorhersagemodell zum Studienerfolg im Fach und Lehramt Physik (im Druck)

Schmidt, A. & Nordmeier, V. (2009). Physik und Didaktik in Schule und Hochschule. - Online zur Physik - erste Schritte in der Implementation eines Online-Self-Assessments, unveröffentlichter Artikel.

Thiel, F., Veit, S. & Blüthmann, I. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin Sommersemester (unveröffentlicht).

[2] Eine Reliabilitätsanalyse wird im Rahmen der CFA vorgenommen werden (messfehlerbereinigt).

David Buschhüter[1]
Christian Spoden[2]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2]Friedrich-Schiller-Universität Jena

Prognose von Studienerfolg zu Beginn des Physikstudiums

Motivation

Entsprechend regelmäßig berechneter Abbruchquoten führt ein Großteil der Studierenden der Physik (bzw. Geowissenschaften) das Studium nicht zu Ende (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2014). Solche Quoten sind allerdings um Parkstudierende zu bereinigen (Düchs & Matzdorf, 2014); Parkstudierende sind Studierende, die sich primär einschreiben, um von den Vorzügen des Studierendenstatus zu profitieren (z. B. Semesterticket) und demnach im Allgemeinen keinen Studienabschluss anstreben. Das von Studienabbrechern der Physik für den Abbruch am relevantesten bewertete Motiv sind hohe inhaltliche Anforderungen (Albrecht, 2011), was auf eine mangelnde Passung zwischen den Studienanforderungen und den Lernvoraussetzungen der Studierenden hindeutet. Die hohen mathematischen Anforderungen eines Physikstudiums spiegeln sich bereits in einem bundesweiten Angebot an Vor- und Brückenkursen zu mathematischen Inhalten wider. Für die Bedeutung physikbezogenen Vorwissens gibt es bisher weniger empirische Evidenz. Im Rahmen der hier vorgestellten Studie soll analysiert werden, inwiefern physikbezogene Konstrukte neben dem mathematischen Vorwissen substantielle Varianz in den durchschnittlichen Studienleistungen am Ende des ersten Semesters eines Physikstudiums aufklären.

Theorie

Ersten Ergebnissen einer Interviewstudie mit Dozierenden zufolge existieren sowohl mathematik- als auch physikbezogene Anforderungen für eine erfolgreiche Aufnahme des Physikstudiums (Buschhüter & Borowski, 2014). Dabei werden z. B. Anforderungen zur Physik in den Inhaltsbereichen „Newtons Bewegungsgesetze“ und „Energie(erhaltung), Arbeit“ genannt. Im Rahmen der Mathematik werden zum Beispiel der Infinitesimalrechnung und der Vektorrechnung als Anforderungsbereiche Bedeutung zugeschrieben. Die hohe prognostische Validität der Mathematik für den Erfolg im Physikstudium konnte in einer Vielzahl von Studien belegt werden (z. B. Hazari, Tai & Sadler, 2007). Interessanterweise werden dem Vorwissen in der Physik sowie den in der Schule erworbenen physikbezogenen Kompetenzen weniger Bedeutung für die Bewältigung der Anforderungen eines Physikstudiums zugeschrieben (z. B. Agarwala, 2015). Eine frühere Untersuchung von Halloun und Hesthenes (1985) verdeutlichte jedoch, dass auch Physiktestleistungen in Bezug auf Kursnoten inkrementelle Validität gegenüber einem Mathematiktest besitzen.

Forschungsfrage

Entsprechend des oben skizzierten Forschungsdesiderats wird in der vorliegenden Studie die Frage untersucht, inwieweit Tests zum Physik-Vorwissen und zur Physikkompetenz der Studierenden inkrementelle Validität (Schmitt, 2014) gegenüber einem Test zum Mathematik-Vorwissen aufweisen. Diese Forschungsfrage ist nicht zuletzt aus praktischer Perspektive relevant, da hier erste Evidenz zur möglichen Wirksamkeit von Physikvorkursen (zusätzlich zu Mathematikvorkursen) gewonnen werden kann.

Design

Stichprobe: In der vorliegenden Studie wurden zwei Substichproben von Voll-Fach-Studierenden der Physik einer Universität mit N = 133 (Stichprobe I) beziehungsweise mit N = 62 (Stichprobe II) untersucht.

Instrumente: Mathematik- und Physikvorwissen wurden jeweils mit Hilfe des bundesweiten Studieneingangstests von 1978 (Krause & Reiners-Logothetidou, 1981) erfasst. Ergänzend wurde die Physikkompetenz entsprechend der Sekundarstufe II mit Hilfe des Tests von Schoppmeier (2013) erfasst, welcher sich auf das Basiskonzept „Energie“ bezieht. Der Mathematiktest wurde dem 2PL-Modell der Item Response Theory (De Ayala, 2010) folgend skaliert und wies eine Reliabilität des *weighted likelihood estimators* (WLE) von .92 auf. Die Tests zum Physikwissen und zur Physikkompetenz wurden entsprechend dem Rasch-Modell skaliert und wiesen WLE-Reliabilitäten von .83 beziehungsweise .63 auf. Das (liberal gewählte) Skalierbarkeitskriterium war dabei jeweils ein *weighted mean square error* von maximal 1.30. Als Kriterium wurde die durchschnittliche Studiennote am Ende des ersten Studiensemesters gewählt.

Datenanalyse: Die inkrementelle Validität der beiden Physiktests wurde mit Hilfe von multiplen linearen Regressionsanalysen untersucht, bei denen zunächst das Mathematikwissen (WLE) als Prädiktor berücksichtigt wurde und anschließend der Effekt der zusätzlichen Aufnahme der jeweiligen Physiktests (ebenfalls jeweils WLEs) als Prädiktor bestimmt wurde. Die Modelle mit Physikwissen und Physikkompetenz wurden separat anhand der beiden oben beschriebenen Stichproben analysiert.

Erste Ergebnisse

Die Aufnahme des Physikwissens ergänzend zum Mathematikwissen erhöht in Stichprobe I (N = 133) die aufgeklärte Varianz in den Studiennoten von 47% auf 51%. Die Aufnahme der Physikkompetenz ergänzend zum Mathematikwissen erhöht in Stichprobe II (N = 62) die aufgeklärte Varianz in den Studiennoten von 52% auf 56%. In beiden Fällen ist das jeweilige Modell mit den Physiktests entsprechend der Informationskriterien (AIC, BIC) zu bevorzugen. Die Ergebnisse weisen somit auf eine substantielle, wenn auch nicht besonders starke inkrementelle Validität physikbezogener Konstrukte hin.

Diskussion

Auch wenn die inkrementelle Validität gering ist, verdeutlichen die hier vorgestellten Ergebnisse doch die Bedeutung physikbezogenen Vorwissens und physikbezogener Kompetenzen für die erfolgreiche Bewältigung des Beginns eines Physikstudiums. Da erwartet wird, dass je nach Standort physikalische Inhalte im Laufe des Physikstudiums gegenüber mathematischen Inhalten anteilmäßig eher zunehmen und somit auch stärker in die Durchschnittsnote als Kriterium der Analysen eingehen, sind zu späteren Zeitpunkten im Studium stärkere Zusammenhänge zwischen dem Physikvorwissen beziehungsweise der Physikkompetenz und den Durchschnittsnoten im Studium zu erwarten. Im Sinne einer Verallgemeinerung der Ergebnisse sei auf zwei denkbare Erweiterungen der Untersuchung hingewiesen. Eine solche Erweiterung könnte zum Beispiel ein Interventionsdesign darstellen, bei dem die Studienleistungen von Studierenden, die einen Physikvorkurs besucht haben, mit jenen von Studierenden ohne Vorkurs-Erfahrung experimentell kontrastiert werden. Dies würde auch kausale Aussagen zum Effekt grundlegenden Physikwissens beziehungsweise grundlegender Physikkompetenzen in Bezug auf den Studienerfolg im Fach Physik erlauben. Eine zweite Erweiterung könnte in der Übertragung der Untersuchung auf vergleichbare natur- und ingenieurwissenschaftliche Studienfächer mit ähnlichem oder auch abweichend hohem Mathematikanteil liegen (etwa Chemie, Biologie, Elektrotechnik etc.). Eine solche Erweiterung würde eine Einschätzung dazu ermöglichen, wie spezifisch die hier dargelegten Ergebnisse für das Studium der Physik sind.

Literatur

Agarwala, A. (2015, 3. Juni). Ganz schön verrechnet. DIE ZEIT, 23

Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Dissertation, Freie Universität Berlin. Zugriff am 25.09.2015 http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000035073

Buschhüter, D. & Borowski, A. (2014). Modellierung von Eingangsanforderungen für das Studienfach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht (S. 540-542). Kiel: IPN

De Ayala, R.J. (2009). Theory and Practice of Item Response Theory. New York: Guilford

Düchs, G. & Matzdorf, R. (2014). Stabilisierung auf hohem Niveau. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2014. Physik Journal, 13 (8/9), 23–28

Hazari, Z., Tai, R. H. & Sadler, P. M. (2007). Gender differences in introductory university physics performance: The influence of high school physics preparation and affective factors. Science Education, 91 (6), 847–876

Halloun, I. A. & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. American Journal of Physics, 53 (11), 1043-1048

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2014). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012. In: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH (DZHW), Forum Hochschule 4/2014. Hannover: DZHW

Krause, F. & Reiners-Logothetidou, A. (1981). Kenntnisse und Fähigkeiten naturwissenschaftlich orientierter Studienanfänger in Physik und Mathematik: Die Ergebnisse des bundesweiten Studieneingangstests Physik 1978. Bonn: Universität Bonn

Schmitt, M. (2014). Validität, inkrementelle. In M. A. Wirtz (Hrsg.), Dorsch – Lexikon der Psychologie (17. Aufl., S. 1727). Bern: Verlag Hans Huber

Schoppmeier, F. (2013). Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe. Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen. Berlin: Logos

Irene Neumann IPN Kiel
Stefan Sorge
Colin Jeschke
Aiso Heinze
Knut Neumann

Zur Academic Buoyancy von Physikstudierenden

Hintergrund und Ziele

Die Aufklärung der Frage, warum einige Studierende ihr Studium abbrechen und andere es weiter verfolgen, ist seit mehreren Jahren Gegenstand der Bildungs- und der fachdidaktischen Forschung. Ansätze zur Aufklärung sind dabei vielfältig und reichen von soziologischen, ökonomischen und organisations-theoretischen Aspekten hin bis zu verschiedenen psychologischen Persönlichkeitsfaktoren (Tinto, 1986). Insbesondere letztere stehen im Fokus der fachdidaktischen Forschung, da hier Anhaltspunkte für eine individuelle Förderung erwartet werden können.

Aus diesem Grund haben sich in den letzten Jahren verschiedene Forschungsprojekte der Untersuchung von Prädiktoren für den Studienerfolg gewidmet (u.a. Freyer, Epple, Brand, Schiebener & Sumfleth, 2014; Rach & Heinze, 2014; Schiefele, Streblow, Ermgassen & Moschner, 2003). Dabei fällt auf, dass der Fokus der Studien insbesondere auf kognitiven Prädiktoren für den Studienerfolg liegt. Dies erscheint zunächst insofern gerechtfertigt, als Schiefele et al. (2003) beispielsweise in ihrer Studie über 15 verschiedene Studienfächer die Abiturnote als einzigen Prädiktor mit einem direkten Einfluss auf den Studienerfolg nachweisen konnten. Die Befunde zur Abiturnote lassen sich dabei auch in verschiedenen Metaanalysen bestätigen (z.B. Trapmann, Hell, Weigand & Schuler, 2007). Zusätzlich kann für das fachspezifische Vorwissen eine inkrementelle Verbesserung der Prädiktivität angenommen werden (Freyer et al., 2014; Rach & Heinze, 2014). Trotz dieser inzwischen fächerübergreifend bestätigten Erkenntnisse erreichen diese Modelle zur Vorhersage von Studienerfolg bzw. -misserfolg selten zufriedenstellende Werte der Varianzaufklärung.

Bei Befragungen, die mögliche Ursachen für einen Studienabbruch explorieren sollen, werden häufig zu hohe inhaltliche Anforderungen genannt (Albrecht & Nordmeier, 2012). Hohe inhaltliche Anforderungen hängen dabei durchaus mit den kognitiven Voraussetzungen der Studierenden zusammen, allerdings ist vor allem der Umgang mit zu hohen Leistungsanforderungen noch weitgehend ungeklärt. Im schulischen Kontext wurde das Konzept der *Academic Buoyancy* (Martin & Marsh, 2008) vorgeschlagen, um den Umgang mit schulbezogenen Herausforderungen zu beschreiben. Academic Buoyancy wird dabei definiert als „everyday academic resilience“, also als Fähigkeit, mit alltäglichen akademischen Rückschlägen umzugehen. Zur besseren Beschreibung des Umgangs von Studierenden mit zu hohen inhaltlichen Anforderungen könnte das Konstrukt der Academic Buoyancy daher aufschlussreich sein. Erst kürzlich wurde eine fachspezifische Definition des Konstrukts mit Blick auf Studienanfänger der Mathematik vorgeschlagen, sowie ein entsprechendes Erhebungsinstrument vorgestellt (Neumann, Jeschke, & Heinze, 2015). Das Ziel des vorliegenden Beitrags besteht darin, diese Konzeption auf die Eingangsphase eines physikalischen Hochschulstudiums zu übertragen und zu explorieren, welche Typen bzw. Profile sich in dieser Stichprobe hinsichtlich der fachspezifischen Academic Buoyancy ergeben.

Methode

Zur Untersuchung der verschiedenen Profile wurden in einer ersten Studie $N = 60$ Studierende der Studienfächer Bachelor Physik, Bachelor Materialwissenschaften, Bachelor

Physik des Erdsystems und Lehramtsstudierende untersucht, die alle einen mathematischen Vorkurs und im Anschluss die Lehrveranstaltung „Experimentalphysik I“ besuchten. Die Studierenden waren im Mittel 20,0 Jahre alt (*SD* = 2,2 Jahre) und 30% waren weiblich.
Auf Grund der hohen Mathematikanteile in einem Physikstudium wurden sowohl Skalen zur physik- als auch zur mathematikspezifischen Academic Buoyancy eingesetzt. Die Studierenden wurden gebeten, zu jeweils elf Items ihre Zustimmung oder Ablehnung auf einer sieben-stufigen Likert-Skala anzugeben (z.B. „Probleme aus der Physik, bei denen man allein für die Lösungsidee Stunden braucht, sind nichts für mich.“). Für die Auswertungen wurden die beiden Skalen allerdings auf je neun Items mit guten Kennwerten gekürzt. Die Skalen zur physik- und mathematikspezifischen Buoyancy erzielten insgesamt gute Reliabilitäten von $\alpha = .82$ bzw. $\alpha = .85$. Neben den Angaben zur fachspezifischen Academic Buoyancy wurden außerdem Angaben zu den Big Five der Persönlichkeit (Schupp & Gerlitz, 2008) und zu verschiedenen demografischen Hintergrundvariablen sowie von 60% der Probanden ihr Abschneiden in der Abschlussklausur der Lehrveranstaltung erfasst.

Ergebnisse

Zur Beantwortung der Frage, ob sich unterschiedliche Profile bei Erstsemesterstudierenden der Physik identifizieren lassen, wurde eine mehrschrittige Clusteranalyse durchgeführt. Nach der sorgfältigen Sichtung der Daten wurde einer Empfehlung von Bortz (2005) folgend für eine möglichst stabile Clusterlösung das hierarchische Verfahren des Ward-Algorithmus mit dem nicht-hierarchischen Verfahren des k-Means-Algorithmus kombiniert. Durch dieses Vorgehen ließen sich die in Tabelle 1 aufgeführten fünf Cluster identifizieren.

	Mean	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
AB-Physik	5.01	4.11	5.07	6.03	4.62	5.89
AB-Mathe	4.96	4.02	5.03	6.01	5.41	4.03
N	60	15	20	12	9	4

Tabelle 1. Angabe der Clusterzentren der fachspezifischen Academic Buoyancy

Bei der Beschreibung der Cluster durch weitere Variablen fällt auf, dass der größte Anteil der weiblichen Studierenden (33%) in Cluster 1 zu finden ist, während die männlichen Studierenden mit 34% eher dem Cluster 2 zuzuordnen sind (Abbildung 1). Darüberhinaus wurde eine ungleiche Verteilung der Studiengänge über die Cluster gefunden (Abbildung 2); zum Beispiel gehörten Studierende des Studienganges Bachelor Materialwissenschaften („BaMa“) tendenziell eher zu den Clustern mit unterdurchschnittlicher bzw. durchschnittlicher Academic Buoyancy. Zwischen den Clustern wurden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der kognitiven Voraussetzungen (Abiturnote, Vorwissen) gefunden.
Von den 24 bekannten Teilnehmern der ersten Abschlussklausur der Lehrveranstaltung „Experimentalphysik 1“ lagen bereits 58% im durchschnittlichen und überdurchschnittlichen Cluster (Cluster 2 und 3), während es von den 20 Teilnehmenden an der Nachklausur sogar 60% waren. Von acht Studierenden ist bekannt, dass sie im ersten Klausurtermin die Abschlussklausur nicht bestanden haben und dann zum zweiten Klausurtermin angetreten sind. Dabei sind diese Studierende alle in Clustern mit durchschnittlicher oder überdurchschnittlicher Academic Buoyancy zu finden.

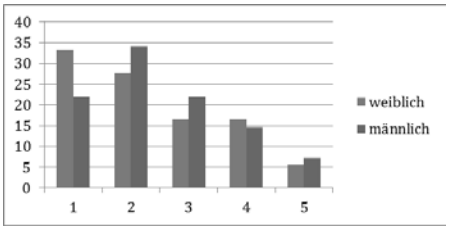


Abbildung 1: Verteilung der Geschlechter über die Cluster

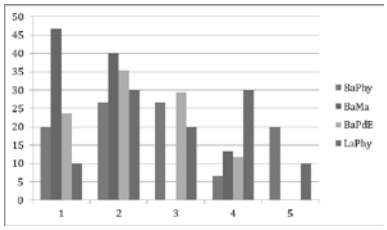


Abbildung 2: Verteilung der Studiengänge über die Cluster

Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es, das Konstrukt der mathematikspezifischen Academic Buoyancy auf die Situation der Eingangsphase des Physikstudiums zu adaptieren und Profile bezüglich der fachspezifischen Academic Buoyancy zu explorieren. Die vorliegende Studie lieferte Hinweise darauf, dass die Adaption des Konstruktes aussichtsreich ist. Auf Basis der Daten zur physik- und mathematikspezifischen Academic Buoyancy konnten fünf Typen von Studierenden identifiziert werden, die sich hinsichtlich verschiedener Personenmerkmale charakterisieren ließen. Auch können die Daten vorsichtig dahingehend interpretiert werden, dass die Academic Buoyancy einen Einfluss auf das Durchhaltevermögen im Studium hat und daher ein aufklärendes Konstrukt in der Studienabbruchs- bzw. -erfolgsforschung sein könnte. Die vorliegenden Ergebnisse bedürfen jedoch dringend weiterer Untermauerung, da die Stichprobe verhältnismäßig klein ist. Darüber hinaus könnten längsschnittliche Untersuchungen im Studienverlauf gewinnbringend sein.

Literatur

Albrecht, A. & Nordmeier, V. (2012). Ursachen des Studienabbruchs in Physik. Eine explorative Studie. *Die Hochschule, 20* (2), 131–145.

Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer Medizin.

Freyer, K., Epple, M., Brand, M., Schiebener, J. & Sumfleth, E. (2014). Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden der Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20*, 129-142.

Martin, A. J. & Marsh, H. W. (2008). Academic Buoyancy: Towards an understanding of students' everyday academic resilience. *Journal of School Psychology, 46*, 53-83.

Martin, A. J. & Marsh, H. W. (2009). Academic resilience and academic buoyancy: multidimensional and hierarchical conceptual framing of causes, correlates and cognate constructs. *Oxford Review of Education, 35* (3), 353–370.

Neumann, I., Jeschke, C., & Heinze, A. (2015). Transition School – University: Measuring mathematics freshmen's academic buoyancy. Beitrag zum Meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME39) in Hobart, Australien, 13.-18. Juli 2015.

Rach, S. & Heinze, A. (2014). Individuelle Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg im ersten Semester im Mathematikstudium. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 935–938). Münster: WTM.

Schiefele, U., Streblow, L., Ermgassen, U. & Moschner, B. (2003). Lernmotivation und Lernstrategien als Bedingungen der Studienleistung. Ergebnisse einer Längsschnittstudie. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 17* (3/4), 185–198.

Schupp, J. & Gerlitz, J.-Y. (2008): BFI-S: Big Five Inventory-SOEP. In: Glöckner-Rist (Hrsg), *Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen. ZIS Version 12.00.* Bonn: GESIS.

Tinto, V. (1986). Theories of student departure revisited. In J. C. Smart (Ed.), *Higher education: Handbook of theory and research* (S. 359-384). New York: Agathon.

Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfols - eine Metaanalyse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 21* (1), 11–27.

Inka Haak Universität Paderborn
Peter Reinhold

Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff

Ausgangslage, Zielsetzung und Definition Lernzentrum

Studierende der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik, haben Schwierigkeiten beim Übergang von der Schule zur Hochschule. Das macht sich in überdurchschnittlich hohen Schwundquoten bemerkbar (vgl. Heublein et al., 2014; Matzdorf und Düchs, 2014). Erste Ergebnisse in der Studienabbruchforschung erbrachte Albrecht (2011), der mit seinem nach Thiel et al. (2008) angepassten Modell die Basis für die weitere Forschung zu Studienerfolg von Physikstudierenden und die Entwicklung von Interventionen legte. Er fand beispielsweise heraus, dass die Wahrnehmung der *Betreuung und Unterstützung* ein zentraler Prädiktor für die Exmatrikulationswahrscheinlichkeit ist (nach Albrecht, 2011).

Vor diesem Hintergrund setzt sich dieser Beitrag mit der Wirkung eines universitären Lernzentrums auf das *Studier- und Lernverhalten* sowie auf den *Studienerfolg* auseinander. Außerdem wird der Frage nachgegangen, welche Art von Unterstützung welcher Typ von Studierenden wie nutzt und wie diese Unterstützungsmaßnahmen optimiert werden können.

Unter einem Lernzentrum wird eine in einem Department verankerte Einrichtung mit unterstützendem, auf die Bedarfe der Studierenden zugeschnittenem Arbeitsmaterial verstanden. Es bietet Peer-Beratungen und das Curriculum ergänzende Veranstaltungen an und folgt bestimmten didaktischen Prinzipien. Dieses Angebot ist an einen Raum gebunden, welcher die Identifikation der Studierenden mit der Einrichtung fördern soll.

Methodik und Untersuchungsdesign

Um eine evidenzbasierte Entwicklung zu gewährleisten, wird ein Design-Based-Research-Ansatz verwendet (vgl. The Design-Based Research Collective, 2003, S. 5ff.). Die Unterstützungsmaßnahmen wie Peer-Tutorien, Lernen mit Lösungsbeispielen und Peer-Beratung wurden zunächst auf Grundlage des allgemeinen theoretischen Modells des Studienerfolgs (Albrecht, 2011) entwickelt und folgen dem Prinzip der Förderung selbstständigen Lernens und der individuellen Förderung. Die Wirkung dieser Maßnahmen wurde mit Mixed-Methods untersucht: In einer Vollerhebung aller Studienanfänger wurde im ersten Zyklus mit einem Papier-und Bleistift-Fragebogen (nach Albrecht, 2011; Thiel et al., 2008) das *Studier- und Lernverhalten* sowie der *Studienerfolg* am Anfang (t1) und Ende des WS 13/14 (t2), sowie nach einem Jahr im WS 14/15 (t3) erhoben. Während des WS 13/14 wurden leitfadengestützte Interviews (nach Helfferich, 2011) mit einer Substichprobe durchgeführt, die zusätzlich Aufschluss über subjektive Theorien zur Nutzung des Physiktreffs geben sollten. Diese Pilotergebnisse wurden ausgewertet und auf Grundlage dessen sowohl die Maßnahmen als auch die Erhebungsinstrumente angepasst. Mit diesen verbesserten Instrumenten wurde im WS 14/15 die Hauptuntersuchung (2. Zyklus) nach demselben Schema gestartet.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Pilotstudie

In der Pilotstudie konnten verschiedene Gründe für die regelmäßige Nutzung der Maßnahmen sowie für eine Nichtnutzung ausgemacht werden, die in der Tabelle 1 dargestellt sind.

Gründe für regelmäßige Nutzung	Gründe für Nicht-Nutzung
Wertgeschätzt werden	Zu laut, zu voll
Kompetenzen entwickeln	Physiktreff unbekannt
Gut ausgestatteter Lernraum	Nicht gebraucht

Peer-Beratung in Anspruch nehmen	Angebote nicht passend
Empfehlung von Dozentin	Überforderung mit Mathematikstudium

Tab. 1: Gründe der Nutzung und Nicht-Nutzung von Maßnahmen des Physiktreffs

Unterschiede zwischen regelmäßigen Nutzern und Nicht-Nutzern finden sich in der Langzeitentwicklung (von t1 zu t3) im *Umgang mit Lernschwierigkeiten*, sowie in der *Motivation*. Insgesamt ist verglichen mit anderen Skalen das *Zeitmanagement* sehr schwach ausgebildet. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurden Anpassungen im Maßnahmenpaket vorgenommen: Es wurde eine Tutorenschulung nach den neuesten Richtlinien des Netzwerkes *Tutorienarbeit an Hochschulen* etabliert, es wurde ein Workshop *Zeitmanagement* angeboten und die Büchereiausstattung vergrößert.

Ergebnisse der Hauptstudie

Mit den überarbeiteten Instrumenten zeigen sich nach der Analyse der Messzeitpunkte t1 und t2 nur Unterschiede in der *Motivation* zugunsten der Nichtnutzer. Darin kann ein Indiz dafür gesehen werden, dass eine Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen auf Grundlage von Skalen des Studienerfolgsmodells nach Albrecht (2011) wenig zielführend ist. Wesentlich ergiebiger erscheint die Auswertung der Interviews. Diese wurden zunächst transkribiert, redigiert und codiert (nach Kuckartz, 2012; Gropengießer, 2008). Es fand sowohl eine deduktive als auch eine induktive Kategorienbildung mit zwei Ratern statt, die durch kommunikative Validierung eine Intercoderübereinstimmung von 99% erreichten. Danach wurden die Interviewergebnisse zusammengefasst und mit den Ergebnissen des Fragebogens verknüpft. Danach fand eine Typenbildung (nach Kuckartz, 2012) statt, wobei der Studiengang, die Nutzungshäufigkeit und das Studier- und Erfolgsprofil als Merkmalsraum für die Bildung von Nutzungstypen zugrunde gelegt wurde.

Es ergaben sich bei einer ersten Analyse folgende Typen:

Typ I: *Die gute, aber unsichere Fachphysikerin* hat eine sehr gute physikalische Vorbildung und ist in Experimentalphysik mindestens gut. Allerdings hat sie nach eigenen Angaben leichte Probleme in Mathematik, welche zu Motivationsproblemen führen. Anfangs hatte sie Abbruchgedanken. Sie nutzt den Physiktreff stark und ist sehr gut im Department Physik eingebunden. Dieser Typ ist ausschließlich weiblich. Um diesen Typ zu unterstützen, ist das bisherige Angebot passend. In der Beratung könnte jedoch darauf geachtet werden, Physikerinnen in ihrem Selbstbewusstsein zu stärken.

Typ II: *Der selbstbewusste Überflieger* hat eine sehr gute physikalische Vorbildung und ist in Experimentalphysik mindestens gut. Auch in Mathematik hat er keine Probleme. Anfangs hatte er keine Abbruchgedanken. Er nutzt den Physiktreff stark, findet die Angebote aber eher zu leicht, ist sehr gut im Department Physik eingebunden, auch wenn er beim Lernen eher ein Einzelgänger ist. Dieser Typ ist bis auf wenige Ausnahmen männlich. Für diesen Typ ist keine Anpassung des Angebots notwendig, da er auch nicht in der Hauptzielgruppe der zu unterstützenden Personen ist.

Typ III: *Der Physiker mit dem Mathe-Problem* hat mindestens leichte Probleme in Experimentalphysik, seine Angaben zur Leistung sind widersprüchlich. Er verwendet beim Lösen von Übungsaufgaben Novizen-Strategien. In Mathematik hat er große Probleme und ist auch schon durch Prüfungen gefallen. Er ist überwiegend männlich. Oft hat er ein zeitraubendes Hobby oder geht einer Nebentätigkeit zur Finanzierung des Studiums nach. Er nutzt den Physiktreff sporadisch. Für diesen Typen wären insbesondere die Peer-Tutorien gedacht, die er aber nicht nutzt. Eine stärkere Bewerbung des Lernzentrums von Seiten der Dozierenden könnte hier sinnvoll sein, außerdem sollte in der Peer-Beratung auch auf professionelle Hilfe durch die Studienberatung hingewiesen werden.

Typ IV: *Die mit Mathe überforderte Lehrämtlerin* ist bezogen auf Physik und Unterrichten intrinsisch motiviert. Ihre Leistungen in Physik sind meist im Mittelfeld, allerdings hat sie

Probleme im Mathematikstudium. Sie lernt hauptsächlich alleine und nutzt den Physiktreff nicht, mit der Begründung, für Physik keine Zeit zu haben. Sie nutzt aber entsprechende Angebote des Fachs Mathematik. Dieser Typ ist größtenteils weiblich. Des Weiteren zeigt sie Überlastungserscheinungen wie beispielsweise Schlafmangel. Auch dieser Typ wäre Hauptzielgruppe des Physiktreffs. Da diese Personen aber unter starken Überlastungserscheinungen leiden, wäre eine Integration von Unterstützungsmaßnahmen in das Pflichtcurriculum notwendig, um diesen Typ zu unterstützen.
Typ V: *Der lässige Verdränger* ist meist ein männlicher HRGe-Studierender (B.Ed.). Er hat Probleme in Physik, die er aber herunterspielt. Insgesamt zeigt er beim Studieren wenig Ernsthaftigkeit. Er lernt meist alleine und nutzt den Physiktreff nicht. Bei diesem Typen ist unklar, inwiefern ihn Maßnahmen des Physiktreffs überhaupt erreichen könnten.

Ausblick

Zunächst werden die durch die Analyse der Interviewdaten generierten Typen mit Daten aus der Fragebogenerhebung ergänzt und ggf. differenziert. Eine Tiefenanalyse der Interviews soll darüber hinaus noch weitere Hinweise geben, wie für die einzelnen Typen das Angebot angepasst werden könnte. Weitere Erkenntnisse sollen auch die in Kürze durchgeführte Erhebung t3 des zweiten Zyklus und dessen Analyse bringen.
Ohne der abschließenden Analyse vorgreifen zu wollen, zeigt sich schon jetzt, dass die Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen auf der Grundlage von Studienerfolgsmodellen begrenzt ist. In zukünftigen Projekten sollte der Fokus stärker auf prozessbezogeneren Modellen liegen und dabei die Tiefenstruktur (z.B. Sozialisations- und Identitätsbildungsprozesse) in den Blick genommen werden. In diesem Zusammenhang könnten auch verschiedene Projekte zur Analyse einzelner Prädiktoren (u.a. ALSTER vgl. Symposium von Sumfleth, Leutner et al., in diesem Band; Buschhüter, in diesem Band; Neumann et al., in diesem Band) interessante Erkenntnisse liefern.

Literatur

Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Berlin 2011. Online: edocs.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf?hosts= (11.07.2014).

Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016): Prognose von Studienerfolg zu Beginn des Physikstudiums. In diesem Tagungsband.

Heublein, U. et al. (2014). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012. In: *Forum Hochschule* (4). Online: www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201404.pdf, (29.09.2015).

Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim und Basel. Beltz Juventa.

Matzdorf, R. & Düchs, G. (2014). Stabilisierung auf hohem Niveau – Statistiken zum Physikstudium an Universitäten in Deutschland 2014. In PhysikJournal 13 (2014) Nr. 8/9. S. 23-28.

Neumann, I. et al. (2016). Zur Academic Buoyancy von Physikstudierenden. In diesem Tagungsband.

Sumfleth, E., Leutner, D. et al. (2016). Akademisches Lernen und Studienerfolg (FG-ALSTER). In diesem Tagungsband.

The Design-Based Research Collective (2003). An Emerging Paradigm for Educational Enquiry. In Educational Researcher 32 (2003), S. 5-8. Online verfügbar unter: http://www.jstor.org/stable/3699927 (14.03.2014).

Thiel, F., Veit, S.; Blüthmann, I., Lepa, S. & Ficzko, M. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin - Sommersemester 2008. Online: www.fu-berlin.de/universitaet/entwicklung/qualitaetsmanagement/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf (11.07.2014).

Michele Hoffmann Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest

Schüler und Studierende lernen gemeinsam mehr!? Unterricht differenzierend gestaltet durch Chemielehramtsstudierende

Kurzdarstellung des Forschungsprojekts

Das vorgestellte Forschungsprojekt, welches seit 2012 im Rahmen des **Jenaer Modells** der Lehrerbildung und des Konzepts **„Praxis-von-Anfang-an“** der Jenaer Chemiedidaktik besteht, untersucht einerseits welche Auswirkungen frühe Praxiserfahrungen auf die Entwicklung von Lehrerprofessionalisierung haben. Auf der anderen Seite interessieren die Einschätzungen der Schüler zu offenem, differenzierendem Unterricht durch Studierende der ersten Semester. Das Design sowie die theoretische Fundierung der **Pilot- und Hauptstudie** des Projekts wurden bereits auf den GDCP Tagungen 2013 und 2014 vorgestellt (Hoffmann, Woest, 2015). Erstsemesterstudierende des Lehramts Chemie erlernten demnach zunächst die Grundlagen der offenen Unterrichtsplanung und Differenzierung im Seminar des Äquivalenzmoduls im WiSe 2012/13, bevor sie erste Unterrichtserfahrungen sammeln konnten. Wissenschaftlich begleitet wurden die schulischen Erprobungen der **Pilotstudie** durch eine Pre/Post Befragung der Studierenden zu ihren Einstellungen. Daneben wurden Lerntests mit den beteiligten Schülern durchgeführt. In der **Hauptstudie** im SoSe 2014 erhielten Studierende des 4. Semester erneut die Möglichkeit an einer integrativen Gesamtschule (Universaale Jena) zu unterrichten, wobei ein Teil der Studierenden bereits der Probandengruppe angehörte, die im ersten Semester an der Pilotstudie teilgenommen hatte. Somit ließ sich eine Experimentalgruppe mit vorheriger Praxiserfahrung und eine Kontrollgruppe ohne Unterrichtserfahrung generieren, die erneut vor und nach dem Unterricht zu ihren Einschätzungen bezüglich ihrer Stundenplanung und –durchführung befragt wurden. Zudem konnten neben einem Wissenstest auch Einschätzungen der beteiligten Schüler zu offenem und differenziertem Unterricht sowie zum „Unterrichtsstil“ der Studierenden erhoben werden. Die Hauptstudie konzentriert sich dabei auf folgende Fragestellungen: **E**rgeben sich **U**nterschiede in der Qualität des Unterrichts durch Studierende mit und ohne frühe Praxiserfahrung? **K**önnen Unterschiede in den Lernergebnissen der Schüler festgestellt werden? **W**ie beurteilen die Studierenden die frühe Praxisausbildung? **W**ie schätzen die Schüler den konzipierten Unterricht und die Studierenden als Lehrpersonen ein? **W**ie bewerten Schüler offenen Unterricht mit Differenzierungsangeboten? **H**ängen diese Einschätzungen von Alter, Geschlecht oder Leistungsstand ab?

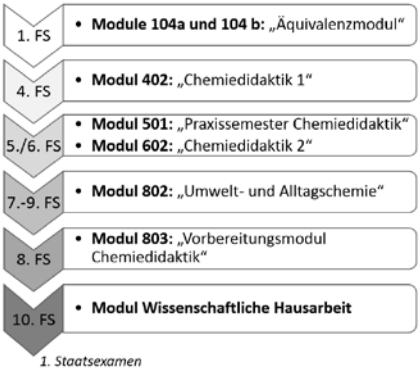


Abb.1: Einbindung des Forschungsprojekts in das Jenaer Modell der Lehramtsausbildung

Ergebnisse der Hauptstudie

Im Folgenden werden zunächst die Schülerbefragungen ausgewertet, bevor die Ergebnisse der Studierendenbefragung diskutiert werden.

Ausgewählte Ergebnisse der Schülerbefragung und des Wissenstests

Zur Auswertung der Schülerfragebögen werden die einzelnen Items zu Indizes zusammengefasst, welche wiederum den drei Oberkategorien Offener Unterricht, Differenzierung und Unterricht durch Studierende zuzuordnen sind.

Mittelwert-Indizes	männlich (N=17)	weiblich (N=16)	Klassenstufe 7/8 (N=18)	Klassenstufe 9 (N=15)	Testergebnis ≥8,5 (N=22)	Testergebnis <8,5 (N=11)	Offene Fragen ≥2,5 (N=21)	Offene Fragen <2,5 (N=12)	Multiple Choice ≥6 (N=28)	Multiple Choice <6 (N=5)
Akzeptanz der Studierenden als Lehrpersonen			3,57	3,36	3,59	3,24	3,64	3,18	3,56	2,96
Innovation/methodische Vielfalt der Studierenden	3,20	2,85	3,27	2,74	2,94	3,21				
Freude/Interesse an neuen Lehrpersonen	3,61	3,33	3,61	3,31	3,61	3,21	3,62	3,22	3,54	3,13
Bewertung Bearbeitungsfreiheit	3,90	4,15					3,92	4,19	3,96	4,33
Bewertung selbsttätige Arbeit	2,75	2,93	3,00	2,64			2,92	2,69	2,79	3,13
Bewertung Lernen in der Gruppe			3,76	4,07	3,85	4,00	3,84	4,00	3,96	3,60
Haltung zu Unterrichtshilfen	3,15	3,39	3,45	3,03			3,12	3,51		
Haltung zu zusätzlicher Förderung			3,61	3,10	3,73	2,68	3,67	2,88	3,50	2,70
Einschätzung des alleinigen Lernerfolgs			3,50	4,25	3,85	3,70				

Abb.2: Gruppenunterschiede aus der Schülerbefragung

Mittels t-Test können Gruppenunterschiede untersucht werden. Eine Aufteilung der Schüler nach **Geschlecht** zeigt eine positivere Einschätzung der Studierenden als Lehrpersonen durch die Jungen. Sie schreiben diesen eine höhere methodische Vielfalt und Innovation zu und artikulieren auch ein größeres Interesse an den neuen Lehrpersonen. Dagegen zeigen sich die Mädchen gegenüber offenen und differenzierenden Unterrichtsmethoden positiver eingestellt. Eine Aufteilung der Schüler nach **Klassenstufe** zeigt ebenfalls einige nennenswerte Unterschiede. So schätzen die Schüler der altersgemischten Klasse 7/8 alle Indizes zum Unterricht durch Studierende positiver ein als ihre älteren Mitschüler. Die Schüler der 9. Klasse geben eine negativere Einschätzung zu Aspekten des offenen sowie differenzierenden Unterrichts ab. Auch eine nochmalige Zusammenfassung der gebildeten Indizes zu den Oberkategorien zeigt diesen Unterschied deutlich auf (s. Abb.3). In einem nächsten Schritt werden die Schüler entsprechend ihrer **Testergebnisse** aufgeteilt. Der Test bestand aus 12 Multiple Choice und 5 offenen Fragen, mit denen insgesamt 17 Punkte zu erzielen waren. Die Auswertung der Ergebnisse zeigt, dass die Lernenden, die als erfolgreich zu charakterisieren sind, auch eine höhere Akzeptanz der Studierenden als Lehrpersonen aufweisen. Außerdem schätzt diese Schülergruppe auch die Förderung durch Zusatzangebote signifikant positiver ein. Ein letzter interessanter Fakt ergibt sich, wenn man den Index „Selbsttätige Arbeit“ betrachtet. Es ist zu erkennen, dass Mädchen diese positiver bewerten, genauso wie jüngere Schüler. Außerdem schätzen Lernende, die bessere Ergebnisse bei den offenen Fragen des Tests erzielt haben, diesen Index positiver ein, wohingegen SchülerInnen, die beim Multiple Choice Test mehr als 50% der Punkte erreichten, die selbsttätige Arbeit negativer einschätzen. Daraus lässt sich die Vermutung ableiten, dass diejenigen Schüler, die mit selbsttätigem Lernen besser zurechtkommen, auch eher in der Lage sind, offene Fragestellungen zu beantworten. Trotz der geringen Stichprobengröße können mit der **Korrelation** nach Pearson abschließend weitere Zusammenhänge diskutiert werden. Es zeigt sich ein geringer, negativer Zusammenhang ($r=-0{,}36^{*}$) zwischen der Haltung der SchülerInnen zu Unterrichtshilfen und

Mittelwert-Indizes	Klassenstufe 7/8 (N=18)	Klassenstufe 9 (N=15)
Unterricht durch Studierende	3,46	3,14
Offener Unterricht	3,55	3,46
Binnendifferenzierung	3,50	3,24

Abb.3: Gruppenunterschied nach Alter in Bezug auf die Oberkategorien

ihren Ergebnissen bei den offenen Fragen. Dies lässt eine Vermutung zu, dass vor allem schwächere Schüler Unterrichtshilfen im Unterricht schätzen. Wer selbsttätige Arbeit positiv bewertet, schätzt auch zusätzliches Lernangebot zur Förderung (r=0,38*) und spricht den Studierenden innovative Methodik zu (r=0,38*). Außerdem zeigt sich, dass SchülerInnen, die Differenzierungsmaßnahmen für gut befinden, auch offenen Unterricht positiv einschätzen (r=0,38*).

Ausgewählte Ergebnisse der Studierendenbefragung

Zunächst soll ein **Pre/Post-Vergleich** ausgewählter Indizes, die aus Einzelitems des Fragebogens gebildet wurden, in der Gesamtprobandengruppe erfolgen, d.h. hier erfolgt zunächst keine Berücksichtigung der vorherigen Praxiserfahrungen. Ein t-Test bei verbundenen Stichproben zeigt signifikante Unterschiede bei den Indizes Bestätigung des Berufswunsches, Umgang mit Heterogenität, Freude am Lehren und der Einschätzung des Nutzens früher Praxiserfahrungen. Bei allen Indizes zeigt sich eine deutlich positivere Einschätzung nach der Durchführung des Unterrichts, was darauf schließen lässt, dass die Unterrichtserfahrung den Studierenden ihren Nutzen hinsichtlich der eigenen Eignung zum Lehrerberuf erst aufzeigt. Bei einigen Indizes, die sich auf die Planung und Durchführung des Unterrichts beziehen, verhält es sich gegensätzlich. Das entwickelte Differenzierungsangebot wurde im Anschluss an die Unterrichtserfahrung negativer eingeschätzt. Die selbsteingeschätzte Planungs-/Unterrichtsqualität sowie die Methodenauswahl erfahren sogar eine signifikante Abnahme der mittleren Einschätzung. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass die Unterrichtserfahrung auf der anderen Seite eine kritische Selbstreflexion der eigenen Stundenkonstruktion bewirkt.

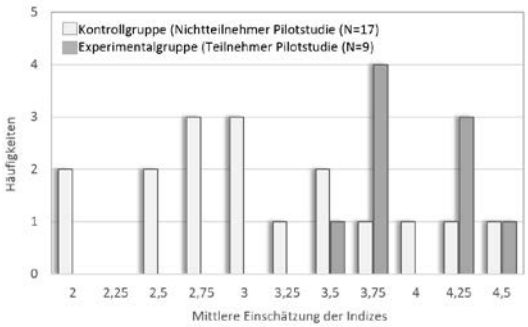


Abb.4: Vergleich der Versuchsgruppen

Exemplarisch wird in Abb. 4 anhand eines Index ein ausgewählter **Vergleich zwischen Experimental- und Kontrollgruppe dargestellt**. Die Studierenden sollten angeben, wie gut sie sich durch ihr bisheriges Studium auf die jetzige Unterrichtssituation vorbereitet fühlten. Die Häufigkeitsverteilung der mittleren Einschätzung des Index lässt erkennen, dass sich die Studierenden, die bereits im ersten Semester unterrichteten, insgesamt besser auf die jetzige Unterrichtssituation vorbereitet sahen. Auch hier sollen abschließend einige berechnete Korrelationen in Abb. 5 vorgestellt werden.

Ausprägung der Lehrerpersönlichkeit ⇧	**Einschätzung früher Praxiserfahrungen ⇧**
Einschätzung des Moduls ⇧ (r=0,68***)	Differenzierungsangebot ⇧ (r=0,4*)
Einschätzung des Äquivalenzmoduls ⇧ (r=0,72*)	Umgang mit Heterogenität ⇧ (r=0,51**)
Freude am Lehren ⇧ (r=0,73***)	Einschätzung der Unterrichtsqualität ⇧ (r=0,5**)
Einschätzung der eigenen Methodenkompetenz ⇧ (r=0,6***)	Ausprägung der Lehrerpersönlichkeit ⇧ (r=0,56**)
Einschätzung der Unterrichtsqualität ⇧ (r=0,56**)	Bestätigung des Berufswunsches ⇧ (r=0,54**)

Abb.5: Korrelationen Studierende

Literatur

Hoffmann, M & Woest, V. (2015). Schüler und Studierende lernen gemeinsam mehr!? Unterricht differenzierend gestaltet durch Chemielehramtsstudierende, In: Bernholt, S. (Hrsg.). Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, Kiel, IPN, S. 474

Jana-Katharina Dressler Universität Oldenburg
Julia Michaelis

Analyse der Lernprozesse von Chemielehramtsstudierenden hinsichtlich des Experimentierens in der Praxisphase

Theoretischer Hintergrund und Ziel der Arbeit

Innerhalb des Professionalisierungsprozesses in der universitären Lehrerausbildung sollen theoretische und praktische Ausbildungsinhalte miteinander verknüpft werden, um einen systematischen und kumulativen Wissens- bzw. Kompetenzaufbau zu unterstützen (KMK, 2004). Schulpraktika stellen eine Möglichkeit in der universitären Lehrerausbildung dar, um die Verzahnung von Theorie (Universität) und Praxis (Schule) zu ermöglichen. Jedoch ist die Lernwirksamkeit solcher Schulpraktika bisher noch nicht empirisch abgesichert (Hascher, 2006; Denner & Hoffmann, 2013; Schüssler & Keuffer, 2012; Stürmer, Seidel & Schäfer, 2013). Dieses Forschungsdesiderat bildet den Untersuchungsschwerpunkt des Promotionsprogramms LÜP (LÜP, 2013), welches die Lernprozesse von Lehramtsstudierenden in ihrer Doppelrolle als Lernende und zugleich Lehrende in ihren Schulpraktika untersucht.

In dieses Promotionsprogramm ist die hier beschriebene Forschungsarbeit eingegliedert. Sie fokussiert die Lernprozesse von Chemielehramtsstudierenden hinsichtlich der Erkenntnismethode des Experimentierens innerhalb ihres Schulpraktikums. Die Gestaltung eines Unterrichts zur Förderung der Schülerkompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung mit Hilfe von Experimenten stellt nicht nur für erfahrene Lehrkräfte, sondern in besonderem Maße für angehende Chemielehrkräfte eine große Herausforderung dar, da sie die für die Gestaltung dieses Unterrichts notwendigen Kompetenzen noch nicht erlangt bzw. noch nicht vollständig aufgebaut haben. Das Ziel der Forschungsarbeit ist es zu untersuchen, welchen Beitrag das Absolvieren eines Schulpraktikums zu den Lernprozessen der Studierenden hinsichtlich dieses Wissens bzw. dieser Kompetenzen leisten kann, um aus den Ergebnissen Anknüpfungspunkte für eine Verbesserung der Gestaltung des Schulpraktikums bzw. der universitären Lehrveranstaltungen zum Schulpraktikum abzuleiten.

Forschungsrahmen und methodisches Vorgehen

Den Forschungsrahmen dieser Arbeit bildet das Lernprozessebenenmodell des Promotionsprogramms LÜP, welches die Forschungsgrundlage für alle Promotionsarbeiten in diesem Programm darstellt. Die Lernprozesse werden auf drei verschiedenen Ebenen untersucht, die miteinander in einer Wechselbeziehung stehen. Die konkreten Forschungsfragen dieser Arbeit werden in Abbildung 1 innerhalb des eben erwähnten Lernprozessebenenmodells verdeutlicht.

Zur Untersuchung der Forschungsfragen werden drei verschiedene Forschungsinstrumente innerhalb einer qualitativen Fallstudie genutzt und deren Daten trianguliert. Dabei handelt es sich um ein fokussiertes Leitfadeninterview mit einer Videovignette als Stimulus, ein schriftliches Diagnoseinstrument und um Protokollbögen. Diese werden jeweils zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Lernprozess der Studierenden eingesetzt und verfolgen unterschiedliche Zielsetzungen (siehe Tabelle 1). In der Datenauswertung stehen die Methoden der Qualitativen Technik der Zusammenfassung & der inhaltlichen Strukturierung wie auch der typisierenden Strukturierung im Mittelpunkt.

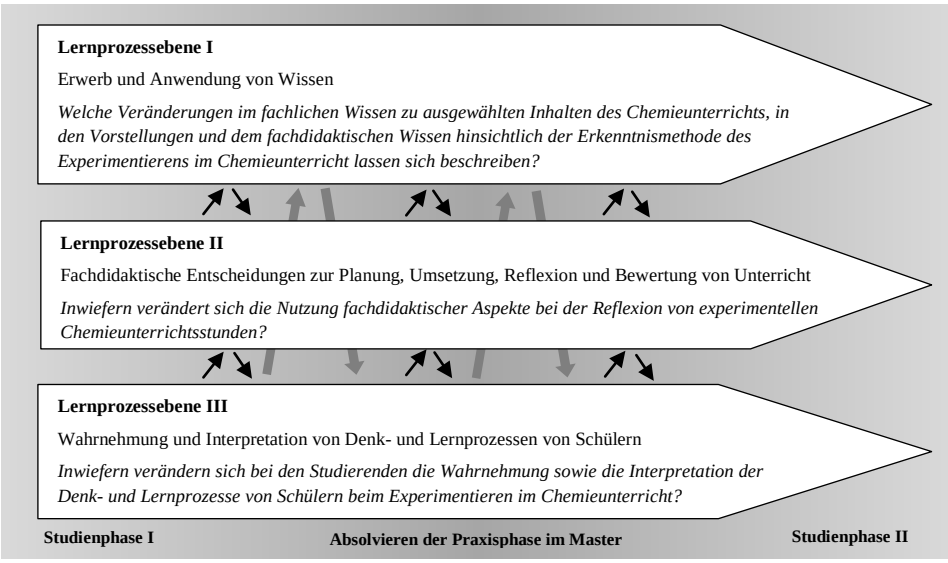


Abb.1: *Forschungsfragen integriert im Forschungsrahmen des Promotionsprogramms LÜP*

Instrument	Ziel(e)	Zeitpunkt
Fokussiertes Leitfaden-interview	• Feststellung des Wissens über das Experimentieren im Chemieunterricht. • Erfassen, inwiefern fachdidaktische Aspekte beim Analysieren und Reflektieren von exp. Chemieunterrichtssituationen angewendet werden. • Erfassen, inwiefern Denk- und Lernprozesse der Schüler beim Experimentieren wahrgenommen und interpretiert werden.	Vor und nach dem Schulpraktikum
Schriftliches Diagnose-instrument	• Erfassung des für das Verstehen der Videoszenen und des Interviews notwendigen fachlichen und fachdidaktischen Hintergrundwisssens, das einen Einfluss auf die Antworten im Interview haben könnte.	Vor und nach dem Schulpraktikum
Protokoll-bögen	• Gewinnung von Einblicken in Lerngelegenheiten zum Experimentieren im Chemieunterricht während des Schulpraktikums.	Während des Schulpraktikums

Tabelle 1: Übersicht über die drei verwendeten Forschungsinstrumente

Erste Ergebnisse und Interpretation

Die Studie wurde mit 8 Probanden durchgeführt. In der Auswertung befinden sich Daten aus 16 Interviews, 16 Diagnosebögen und 163 Protokollbögen. Erste Ergebnisse der Datenauswertung auf Basis einer Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) zu der Interpretationskompetenz der Studierenden bestätigen Ergebnisse, wie sie von Denner und Gesenhues (2013) festgestellt wurden.

Die Analyse der Interviews zum Interpretieren von Denk- und Lernprozessen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren durch die Studierenden (Lernprozess-ebene 3) zeigen, dass Studierende auch nach dem Absolvieren des Praktikums überwiegend unbegründete Annahmen zur Interpretation des beobachteten Schülerverhaltens aufstellen. Selten finden sich Verbindungen zwischen der Analyse des beobachteten Schülerverhaltens

und deren Interpretation, wie sie als eine günstige Bedingung für den Professionalisierungsprozess angestrebt werden. In der Spiegelung der Interviewergebnisse mit der Dokumentenanalyse der Protokollbögen zu den Lerngelegenheiten im Praktikum zeigt sich, dass das Absolvieren eines Schulpraktikums und eine hohe Anzahl an Lerngelegenheiten im Schulpraktikum nicht zwangsweise zu einer Steigerung der Interpretationskompetenz von Studierenden führen. Bei einem Probanden kann sogar eine Verschlechterung der Interpretationskompetenz festgestellt werden, obwohl dieser mehr Lerngelegenheiten im Schulpraktikum wahrnehmen konnte, als andere Probanden.

Diese Ergebnisse belegen, dass das Absolvieren eines Schulpraktikums nicht zwangsweise zu einer Erweiterung der Kompetenzen von Studierenden führt. Mögliche Gründe hierfür bestehen in einer mangelnden Förderung der Interpretationskompetenz innerhalb universitärer Lehrveranstaltungen zum Schulpraktikum wie auch in einer unzureichenden Förderung der Interpretationskompetenz der Studierenden durch die betreuenden Praxislehrkräfte.

Die ersten Analysen der Interviews zeigen jedoch auch zunehmende Effekte im prä-post-Vergleich. Festzustellen ist, dass bei einigen Studierenden das Ziehen von Schlussfolgerungen bzw. das Ableiten von Folgen für den weiteren Unterrichtsverlauf aus der Analyse und Interpretation von Schülerverhalten in Unterrichtsszenen erst nach dem Praktikum explizit erfolgt. Dies war in den Prä-Interwies nicht der Fall.

Ausblick

In der weiterführenden Datenauswertung sollen zum einen (weitere) mögliche Gründe für diese Kompetenzentwicklungen herausgefiltert werden. Zum anderen wird analysiert, in welchen anderen Bereichen eine Zu- oder Abnahme oder ein Gleichbleiben der Kompetenzen der Studierenden vorzufinden sind. Zusätzlich zu dieser detaillierten Beschreibung der individuellen Lerneffekte des Praktikums bei den einzelnen Studierenden sollen durch Triangulation der Daten der verschiedenen Instrumente besondere Merkmale bezüglich der Lernprozesse im Schulpraktikum bzw. Lerntypen ermittelt werden. Diese sollen in der Zusammenführung aller Ergebnisse aus den Promotionsarbeiten im Promotionsprogramm LÜP zur theoretischen Beschreibung eines Lernprozessmodells für das Lernen in Schulpraktika beitragen. Außerdem werden aus den Ergebnissen dieser Arbeit Anknüpfungspunkte für die Verbesserung der Lehrerausbildung abgeleitet.

Literatur

Denner, L. & Gesenhues, D. (2013). Professionalisierungsprozesse im Lehramtsstudium- eine explorative Studie zur Analyse, Interpretation und Handlungsoption. In Bolle, R., Professionalisierung im Lehramtsstudium: schulpraktische Kompetenzentwicklung und theoriegeleitete Reflexion. Univ.-Verlag, Leipzig, 59-120

Hascher, Tina (2006). Veränderungen im Praktikum-Veränderungen durch das Praktikum. Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von schulpraktischen Studien in der Lehrerbildung. Z.f.Päd. Jahrgang 52, 130-148

KMK, Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.) (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Letzter Zugriff am 08.07.2014 unter www.kmk.org

LÜP (2013). Lernprozesse im Übergangsraum - Praxisphasen von Lehramtsstudierenden empirisch untersuchen und modellieren – LÜP. Letzter Zugriff am 07.09.2015 unter http://www.uni-oldenburg.de/luep/

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11. Auflage. Beltz Verlag, Weinheim und Basel

Schüssler, R. & Keuffer, J. (2012). "Mehr ist nicht genug(...)!" Praxiskonzepte von Lehramtsstudierenden-Ergebnisse einer qualitativen Untersuchung. Springer Fachmedien, Wiesbaden

Stürmer, K., Seidel, T. & Schäfer, S. (2013). Changes in professional vision in the context of practice. Preservice teachers professional vision changes following practical experience: a video-based approach in university-based teacher education. Gruppendynamik Organisationsberatung 44, 339-355

Tanja Ruberg Universität Oldenburg
Michael Komorek

Einfluss von Praxisphasen auf die Planung von Unterricht von Studierenden des Lehramts Physik

Praxisphasen erfahren in der Lehramtsausbildung immer mehr Bedeutung, was z. B. an der Etablierung eines gesamten Praxissemesters in Niedersachsen (Nds. Kultusministerium, 2015) deutlich wird. Auch Studierende fordern während ihres Studiums immer wieder mehr Praxis (Makrinus, 2013). Doch wissenschaftliche Erkenntnisse zu den in der Praxisphase tatsächlich ablaufenden Lernprozessen bei Lehramtsstudierenden und der Nutzung theoretischen Wissens während der Planung, Durchführung und Reflexion von Physikunterricht sind bisher kaum vorhanden (Hascher, 2011). Zeichner (2010) benennt die Disparität zwischen dem universitären und dem für die Praxis erforderlichen Wissen sogar als eines der zentralen Probleme der Lehrerausbildung. Mehr Praxis allein kann also nicht ausreichen, um die Lehramtsausbildung zu verbessern. Entscheidend ist die sinnvolle Verknüpfung der praktischen und theoretischen Ausbildungsanteile. Doch die theoretische Ausbildung kann nicht praxistauglich gestaltet werden, wenn nicht klar ist, was in der Praxis passiert (Haas, 1998), welche Denk- und Lernprozesse also bei den Studierenden ablaufen.
Nur wenige relevante Erkenntnisse zu den Prozessen im Schulpraktikum liegen vor. Dabei handelt es sich sowohl um qualitative Studien, z. B. zur Veränderlichkeit der Vorstellungen von Studierenden (Fischler, 2010) oder zum Lerneffekt des Praktikums aus Sicht der Studierenden (Gibson, 1976) als auch um quantitative Studien, z. B. zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften (Riese, 2010). Doch die bisherige Forschung bezieht sich kaum auf echte Unterrichtsituationen und Prozesse, die Studierende durchlaufen. An diesem Desidarat knüpft die hier vorgestellte Arbeit an. Sie wird im Rahmen des Programms *Lernprozesse im Übergangsraum Praxisphase* (kurz: LÜP) als Promotionsvorhaben angefertigt. Es handelt sich dabei um qualitative Grundlagenforschung mit gezieltem Blick auf die Planungs- und Reflexionsprozesse der Studierenden. Die Phase der Unterrichtsplanung erscheint für diese Absicht besonders geeignet, da sie einen Großteil des Praktikums einnimmt, mit in Reflexionen einfließen und das angewandte theoretische Wissen der Studierenden im Planungsprozess am ehesten rekonstruiert werden kann. Die Forschungsfragen lauten wie folgt:

1. Welche subjektiven Theorien haben Fachpraktikanten bzgl. der Planung von Unterricht und wie verändern sich diese während der Praxisphase?
2. Welche Planungsprozesse durchlaufen die Fachpraktikanten, ausgehend von ihren subjektiven Theorien, ihrem theoretischen Wissen und unter den Bedingungen und Forderungen des Praktikums?
3. Wie bewerten Studierende ihre universitäre Ausbildung im Hinblick auf die Praxis vor und nach der Praxisphase?

Die erste und dritte Forschungsfrage wurde jeweils in einem Prä-Post-Design bearbeitet, in dem die Studierenden eine Concept Map zum Thema Unterrichtsplanung anfertigten, um anschließend zur Concept Maps leitfadengestützt interviewt zu werden. Für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurde eine Erhebungsphase während der Praxisphase angesetzt. Die Studierenden planten ihren Unterricht mit Hilfe eines vorgegebenen Planungsrasters und wurden dazu ebenfalls leitfadengestützt interviewt, um ihre Gedankengänge, Entscheidungen und Planungsziele und -prozesse nachzuvollziehen. Die Unterrichtdurchführung und die Lernerfolge der SchülerInnen waren kein expliziter Teil der

Untersuchung. Die Versuchsleiterin nahm als stille Beobachterin an den Unterrichtsstunden teil. Nach der Durchführung des Unterrichts fand ein Reflexionsinterview statt, in dem u. a. nach Abweichungen von der Planung, dem Erreichen der Lernziele und nach neuen Planungen gefragt wurde. Diese Planungs- und Reflexionsinterviews wurden vor und nach jeder Unterrichtsstunde einer gesamten Unterrichtseinheit geführt.
Das Sample setzt sich aus den Teilnehmern des Fachpraktikums Physik im Wintersemester 2013/14 zusammen. 16 Studierende konstruierten je eine Concept Map und wurden dazu interviewt, wobei sechs der Studierenden auch während der Praxisphase im Unterricht begleitet wurden. Für detaillierte Informationen zum Forschungsdesign und zum Sample wird auf den Beitrag im Tagungsband aus dem Jahr 2014 verwiesen: www.gdcp.de/index.php/tagungsbaende/tagungsband-uebersicht/161-tagungsbaende/2015/10053-2015-4321

Derzeit findet die Auswertung der transkribierten Interviews mittels induktiv aufgestellter Kategorien statt. Die Prä- und Post-Interviews werden anhand dieser Kategorien verglichen, um Unterschiede zwischen den Studierenden auszumachen und sinnvolle Suchrichtungen bei der Auswertung der Planungs- und Reflexionsinterviews zu entwickeln. Außerdem wird auch verglichen wie sich die Einschätzungen der Studierenden hinsichtlich des Nutzens der universitären Ausbildung ändern. Hieraus sollen sich Aussagen über die Praxisrelevanz der vorbereitenden fachlichen und fachdidaktischen Veranstaltungen formulieren lassen. Die Planungs- und Reflexionsinterviews werden so ausgewertet, dass sich die Prozesse, die zur Veränderung der subjektiven Theorien beigetragen haben, nachzeichnen lassen. Die Planungsraster spielen bei dieser Auswertung eine eher untergeordnete Rolle. Sie dienten hauptsächlich als Mittel, um mit den Interviewpartnern ins Gespräch über Unterricht zu kommen. Die Concept Maps werden graphisch ausgewertet, um eine Übersicht über die für das Interview relevanten Themen bereitzustellen.
Die Darstellung erster Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage soll hier in Form von Assertions (Behauptungen) geschehen (vgl. Erickson, 2011), die anhand von Zitaten der Praktikanten untermauert werden. Die Vorgehensweise bei der Auswertung der Planungs- und Reflexionsinterviews hatte ursprünglich eine andere Ausrichtung. Die leitende Frage war, welches Wissen während der Unterrichtsplanung angewandt wird. Diese Vorgehensweise erwies sich als nicht zielführend, da die Studierenden diesbezüglich keine konkreten Aussagen tätigten, was zu der ersten Behauptung führt.

1. Behauptung: Die Praktikanten haben im bisherigen Studium keine trennscharfen Wissenskategorien aufgebaut, die sie bei der Unterrichtsplanung explizit nutzen oder im Interview benennen.

Wenn die Studierenden diesbezüglich überhaupt Äußerungen vornahmen, waren sie fachlicher Natur, d.h. es wurde die Rolle fachlichen Wissens thematisiert.

2. Behauptung: Die Praktikanten argumentieren nach dem Praktikum mit dem „Überleben im Schulalltag“, wodurch Zielkategorien, die im Studium kennengelernt und verwendet wurden, in der Praxis als unerfüllbar erscheinen.

In diese Behauptung wird eine mögliche Desillusionierung deutlich. Die Studierenden haben für die Schulpraxis konkrete Absichten, die sie in der Realität nicht umsetzen können. Als Ankerbeispiel dient folgendes Zitat aus einem Post-Interview: *„Letztlich kann ich nicht unbedingt jeden Schüler immer begeistern, sondern ich mache halt Unterricht und… auch nicht immer den perfekten Unterricht.“*

3. Behauptung: Aufgrund ihrer Praxiserfahrungen erleben Praktikanten deutliche Disparitäten zwischen ihren subjektiven Theorien bzgl. der Gestaltung von Unterricht und den im Studium erlernten Wegen, wie Unterricht zu planen sei.

Die Behauptung lässt eine gewisse Verunsicherung der Praktikanten vermuten, denn Methoden und Ziele der Unterrichtsplanung, die in der Universität gelehrt wurden und den Studierenden zunächst plausibel erscheinen, erhalten durch die Praxisphase einen anderen Stellenwert, was der Vergleich folgender Zitate verdeutlicht. Studentin vor der Praxisphase*: „Dann… find ich in naturwissenschaftlichen Fächern allgemein wichtig, dass die auch diese Kompetenzen des Forschens halt kennen. Also dass die wissen, […] wie man eine Versuchsskizze zeichnet, seine Ergebnisse dokumentiert und sowas.“* Gleiche Studentin nach der Praxisphase auf die Nachfrage, warum sie Kompetenzen des Forschens in diesem Interview nicht anspricht: *„Das liegt vielleicht daran, dass wir das […] hier in der Uni so gemacht haben und ich dann auch meine Bachelorarbeit so ein bisschen in die Richtung ging. Das Problem ist nur, dass das im Physikunterricht meiner Meinung nach nicht umsetzbar ist.“*

Diese Ergebnisse geben Anlass zur Vermutung, dass sich die subjektiven Theorien zur Unterrichtsplanung durch die Praxisphase sehr wohl ändern, was sich zum Teil durch Irritationen und auch Desillusionierungen bemerkbar macht. Im weiteren Auswertungsprozess soll im Material nach Ursachen für diese Befindlichkeiten gesucht werden, um den Prozess der Veränderung nachzuzeichnen. Ein Blick in die Daten liefert im Hinblick auf die Behauptungen zwei und drei die Arbeitshypothese, dass die Studierenden durch Misserfolgserleben eine Veränderung ihrer subjektiven Theorien erfahren. Bezüglich der ersten Behauptung zeigt sich, dass die Studierenden ihr theoretisches Wissen für die Unterrichtsplanung kaum anwenden. Selbst in Problemsituationen (z. B. beim Umgang mit Schülervorstellungen), für die ihnen verschiedene Bewältigungsstrategien prinzipiell bekannt sind, greifen sie auf diese nicht zurück.
Die Praxisphase scheint daher insgesamt schon ein Ort des Lernens zu sein, aber keiner, an dem theoretisches Hochschulwissen angesichts von Praxisaufgaben angewendet wird, sondern einer, an dem man sich zunächst von Teilen seiner subjektiven Theorien und des trägen an der Universität gelernten Wissens emanzipieren muss.

Literatur

Niedersächsiches Kultusministerium unter http://www.mk.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=29123&article_id=101533&_psmand=8 (abgerufen am 06. Oktober 2015)

Makrinus, L. (2013). Der Wunsch nach mehr Praxis: Zur Bedeutung von Praxisphasen im Studium. Wiesbaden. Springer.

Erickson, F. (2011). Qualitative research methods for science education. In: B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.). Second international handbook of science education. The Netherlands: Springer

Fischler, H. (2000).Über den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. Teil 1: Stand der Forschung sowie Ziele und Methoden einer Untersuchung. In*:* Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft, 6, 27-36.

Fischler, H. (2000). Über den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. Teil 2: Ergebnisse der Untersuchung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft, 6, 79-95.

Gibson, R. (1976). The effect of school practice: the development of student perspectives. In: British Journal of Teacher Education, 2(3), 241-250.

Haas, A. (1998): Unterrichtsplanung im Alltag. Regensburg: Roderer.

Hascher, T. (2006). Veränderungen im Praktikum – Veränderungen durch das Praktikum. Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von schulpraktischen Studien in der Lehrerbildung. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Hrsg.). Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf. Weinheim u.a: Beltz, 130-148. (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 51)

Zeichner, K. (2010). Rethinking the Connections Between Campus Courses and Field Experiences in College- and University-Based Teacher Education. Journal of Teacher Education 61 (1-2) 89-99.

Marko Mansholt Universität Oldenburg
Michael Komorek

Adaptive Lehrprozesse im Lehr-Lern-Labor

Die Tatsache, dass Schülerlabore gegenwärtig vermehrt als komplexitätsreduzierte Lehr-Lern-Umgebung in die Lehramtsausbildung implementiert werden, lässt den Schluss zu, dass sie als wirkungsvoller Lösungsansatz für eine fortwährende Problematik in der Verknüpfung von theoretischen Wissenselementen und praktischen Erfahrungen von angehenden Lehrkräften gesehen werden. Dieser Ansatz soll seine Wirkung durch eine Komplexitätsreduzierung hinsichtlich der aufzubereitenden fachlichen Inhalte, der methodischen Umsetzungen und des Klassenraummanagements entfalten. Aufgrund zahlreicher Untersuchungen hinsichtlich aufzubauender Kompetenzen von angehenden Lehrkräften auf internationaler und nationaler Ebene (Baer et al., 2007; Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008, 2010; Kunter et al., 2011) obliegt der hochschuldidaktischen Forschung u.a. die Aufgabe zu klären, wie handlungsbezogenes Professionswissen in der Ausbildung von angehenden Lehrkräften zu vermitteln ist, zumal Anforderungen an Lehrkräfte beständig zunehmen (vgl. Bromme, 1997; Haag & Lohrmann, 2006).
Module, die durch die Integration von Schülerlaborangeboten zu „Lehr-Lern-Laboren“ werden, sollen Studierenden den Praxisbezug frühzeitig im Studium und theoriebegleitet und betreuend ermöglichen (vgl. Fischer et al., 2014). Allerdings ist darauf zu achten, dass Praxisphasen in der Lehrerausbildung nur dann positive Wirkungen entfalten, wenn sie theoriebezogen begleitet und reflektiert werden (Terhart, 2000; Bromme, 2008; Hascher, 2011). Unreflektierte Praxiserfahrungen und subjektive Vorstellungen der Studierenden aus der eigenen Schulzeit in Einklang mit der Sichtweise ungeschulter Mentoren können zudem dazu führen, dass Praxissequenzen die Qualität der Lehrerausbildung insgesamt mindern (Helmke, 2012) und sie für die Studierenden keinen positiven Einfluss auf die nachfolgende Entwicklung darstellen.
Es stellt sich die Frage, wie die Ausbildung von angehenden Physiklehrkräften praxistauglich und gleichzeitig theoriebasiert gestaltet werden kann. Diese lässt sich kaum beantworten, wenn nicht insbesondere für die Praxisphasen in der Schule bzw. in Praxissituationen in Lehr-Lern-Laboren geklärt ist, welche Prozesse Studierende bei der Planung, Diagnose, Reflexion und Adaption durchlaufen (Haas, 1998). In der hier vorgestellten Studie wird untersucht, welche Denk-, Lern- und Entscheidungsprozesse Studierende in diesen Teilprozessen durchlaufen, ohne dass sie zu einem bestimmten Vorgehen angeleitet werden. Die Autoren möchten damit in Erfahrung bringen, welche subjektiven Sichtweisen hier handlungsleitend sind. Dies ist deswegen wichtig, weil Instruktionen hinsichtlich Forschenden Lernens im Lehr-Lern-Labor nur dann fruchtbar sein können, wenn man weiß, von welchen Ideen und Sichtweisen Studierende schon selbst ausgehen. Dies zu erheben, geht konform mit dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion für die Lehrerbildung (Komorek, Fischer, Moschner, 2013). Die Forschungsfragen lauten daher:

- Welche Prozesse durchlaufen Studierende in der Planung, Durchführung, Diagnose, Reflexion und Adaption von aufeinanderfolgenden Lehr-Lern-Laboren?
- Welche handlungsleitenden Prinzipien verfolgen sie dabei und welche Kriterien nutzen sie für die Reflexion und für die Anpassung ihrer Angebote?
- Inwieweit lassen sich die beobachteten Prozesse mit einem Modell des zyklischen Forschenden Lernens von Studierenden beschreiben?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden die Studierenden in der gesamten Studie engmaschig begleitet (vgl. Abb. 1). Hierzu wurden sowohl vor und nach der gesamten Studie als auch zwischen einzelnen Laborterminen Interviews mit den Studierenden geführt, die Labortermine wurden videographiert und die Abschlussarbeiten, in deren Rahmen die Untersuchungen stattfanden, wurden mit als Datenbasis genutzt.

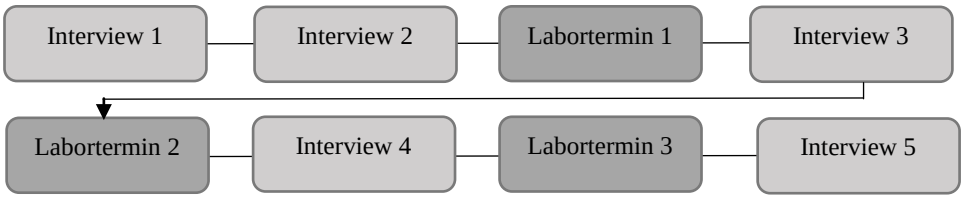


Abb. 1: Forschungsdesign

Vor der eigentlichen Planungsphase wurden die Studierenden einzeln zu ihren generellen Vorstellungen und Erwartungen bei der Gestaltung von Lernsituationen befragt. Nach der Planung eines jeden der aufeinander folgenden Labortermine gab es wiederum ein Interview, in dem die Studierenden im Tandem zu ihren konkreten Planungen und den dabei handlungsleitenden Kriterien befragt wurden. In Interviews zwischen zwei Laborterminen wurde zusätzlich gefragt, welche Diagnoseergebnisse sie gewonnen haben und wie diese in ihre Reflexionen der abgelaufenen Prozesse eingeflossen sind. Außerdem war hier wichtig zu erheben, wie sie die Planung des nächsten Labortermins aufgrund der Reflexionsergebnisse anpassen wollten. Nach Ende der Sequenz von Schülerbesuchen im Lehr-Lern-Labor wurden die Studierenden wiederum einzeln interviewt, um zu erfahren, inwiefern sich ihre Sicht auf die Nutzung verschiedener Wissenskomponenten aus ihren Studium (Fachwissen, fachdidaktisches und erziehungswissenschaftliches Wissen) rückblickend verändert hatte. Und es wurde gefragt, wie sie ihren eigenen Prozess über den längeren Zeitraum der Laborbesuche der SchülerInnen modellieren würden; als zyklischen Prozess, der immer wieder an gleiche Aufgaben auf unterschiedlichem Niveau stößt, als immer wieder neu ansetzenden linearen Prozess, als Prozess der Ausdifferenzierung oder in welcher Art auch immer. Für detaillierte Informationen zum Forschungsdesign wird auf den Beitrag im Tagungsband der GDCP aus dem Jahre 2015 verwiesen (Mansholt, Komorek, 2015, abrufbar unter: www.gdcp.de/index.php/tagungsbaende/tagungsband-uebersicht/161-tagungsbaende/2015/10054-2015-4322).

Derzeit findet die Auswertung der geführten Interviews mittels induktiv aufgestellter Kategorien statt. In Anlehnung an Mayring (2007) werden zunächst, ausgehend von theoretischen Vorüberlegungen, Kategorien auf einer Metaebene erstellt. Diese ordnen die Aussagen der Studierenden zunächst Kategorien der *Planung*, *Durchführung*, *Diagnose*, *Reflexion* und *Anpassung* zu. In einem nächsten Schritt werden extrahierte Aussagen der Studierenden in Anlehnung an Baumert und Kunter (2006) dem Entwurf eines heuristischen Modells professioneller Handlungskompetenz mit folgenden Kategorien zugeordnet:

- Wissen und Können
- Generisches pädagogisches Wissen und Können
- Fachwissen und fachdidaktisches Wissen
- Werthaltungen und Überzeugungen
- Motivationale Orientierungen und Selbstregulation

Im Verlauf der derzeitigen Extraktion findet eine ständige Anpassung und Erweiterung des Kategoriensystems nach Gläser & Laudel (2010) und Ramsenthaler (2013) statt, wodurch

eine Ausschärfung der Kategorien erreicht werden soll. Hierdurch lassen sich zudem erste Interpretationen der extrahierten Daten direkt auf das erstelle Kategoriensystem übertragen und bewirken eine ständige Veränderung bereits existierender Variablen. Im Fokus der Analyse steht das erste geführte Interview mit den Studierenden. Hierbei weist dieses Interview differenzierte Ergebnisse zu Zielen, Selbsteinschätzungen, verwendeten Unterrichtskonzepten und Wissenskomponenten im fachwissenschaftlichen sowie fachdidaktischen Bereich der Studierenden auf. Die Daten des ersten Interviews werden auch genutzt, um Planungsvorgänge und Schwerpunktsetzungen herauszuarbeiten und die Handlungsschritte der Studierenden in dieser Sequenz zu rekonstruieren. Hierbei lassen sich Aussagen zu den Vorgehensweisen, zum Umfang, zu Planungsgrenzen und zu (adaptiven) Planungsvorgängen der Studierenden darstellen und kategorisieren. Ein ähnliches Vorgehen ist für die weiteren Interviews geplant, so dass die Prozesse der Studierenden, die sich im Detail deutlich voneinander unterscheiden, detailliert nachgezeichnet werden.

Fazit

Um Forschendes Lernen von Studierenden im Lehr-Lern-Labor zu initiieren und das Konzept des Forschenden Lernens in der Ausbildung von Physiklehrkräften zu verankern, werden Kenntnisse darüber benötigt, wie Studierende vorgehen, wenn sie nicht einer von außen vorgegebenen Handlungsstrategie folgen müssen. Dadurch erfährt man, welche handlungsleitenden Prinzipien sie von sich auch nutzen, welche subjektiven Theorien also bestehen. Die vorliegende Studie liefert hierzu vielfältige Erkenntnisse; diese sollen dazu genutzt werden, Lehr-Lern-Labore als zusätzliche Praxisphase in der Lehrerausbildung effektiv zu gestalten.

Literatur

Baer, M., Dörr, G., Fraefel, U., Kocher, M., Küster, O., Larcher, S., Müller, P., Sempert, W. & Wyss, C. (2007). Werden angehende Lehrpersonen durch das Studium kompetenter? Unterrichtswissenschaft, 35, 15-47.

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

Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare - Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung. Münster: Waxmann

Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2010). TEDS-M 2008 - Professionelle Kompetenz und Lerngelegenheiten angehender Sekundarstufenlehrkräfte im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.

Bromme, R. (2008). Lehrerexpertise. In: W. Schneider & M. Hasselhorn (Hrsg.). Handbuch der Pädagogischen Psychologie. Göttingen: Hogrefe, 159-167.

Fischer A., Hößle C,. Jahnke-Klein S., Kiper H. Komorek M., Michaelis J., Niesel V. & Sjuts J. (2014). Diagnostik für lernwirksamen Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider.

Gläser, J., Laudel, G. (2010). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 4. Auflage. VS Verlag.

Haag, L. & Lohrmann, K. (2006). Lehrerhandeln: Lehrerkognitionen und Lehrerexpertise. In: K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.). Handbuch Unterricht. Bad Heilbrun: Klinkhardt, 617-626.

Haas, A. (1998): Unterrichtsplanung im Alltag. Regensburg: Roderer.

Hascher, T. (2011). Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In: E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.). Handbuch der Forschung zum Lehrberuf. Münster: Waxmann, 418-440.

Helmke, A. (2012). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität – Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett-Kallmeyer.

Komorek, M., Fischer, A. & Moschner, B. (2013). Fachdidkstische Strukturierung als Grundlage für Unterrichtsdesigns. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Münster: Waxmann, 39-58.

Mayring, P. (2007). [1. Auflage 1983, Beltz-Verlag]: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.

Ramsenthaler, C. (2013). Was ist „Qualitative Inhaltsanalyse?“ In: Schnell, M.W.; Schulz, C.; Kolbe, H.; Dunger, C. (Hrsg.): Der Patient am Lebensende. Eine Qualitative Inhaltsanalyse. VS Verlag.

Terhart, E. (2000). Qualität und Qualitätssicherung im Schulsystem. Hintergründe - Konzepte - Probleme. in: Zeitschrift für Pädagogik 46 (2000) 6, S. 809-829, Aufsatz (Zeitschrift), Peer-Review, Bildungsorganisation, Bildungsplanung und Bildungsrecht, Schulpädagogik.

Antje Heine TU Dresden
Gesche Pospiech

Wissenschaftstheoretische Vorstellungen von Studierenden über das Wechselspiel von Experiment und Theorie

Ausgangssituation und Fragestellung

An einigen Universitäten im deutschsprachigen Raum (u.a. TU Dresden, FU Berlin, Universität Wien) werden für Lehramtsstudierende eigenständige Vorlesungen und Übungen in der Theoretischen Physik angeboten. Damit erfolgt im Sinne einer stärkeren Professionsorientierung eine Trennung zwischen zukünftigen Physikern und Lehrkräften. Dies entspricht ebenso der Forderung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft nach einem Lehramtsstudium *sui generis* (eigener Art), welches neben fachdidaktischen Begleit- und Vertiefungsveranstaltungen zu Experimentalphysikvorlesungen auch eigenständige Theorievorlesungen für Lehramtsstudierende vorsieht (vgl. DPG, 2006). Im Zusammenhang damit stellt sich gleichzeitig die Frage danach, was eine lehramtsspezifische Vorlesung und Übung in der Theoretischen Physik auszeichnet und vor allem, inwieweit sich diese von jener der Fachstudierenden unterscheidet. Sinnvoll und notwendig wäre hierbei vor allem eine zielgruppengerechte Konzeption anstelle einer bloßen Verdichtung und Kürzung der Inhalte. Die Vermittlung fachlicher Kompetenz ist mit Sicherheit in beiden Studiengängen von zentraler Bedeutung. Müller und Wilkens (unv.) stellen jedoch für die Theoretische Physik in der Lehrerbildung den Vermittlungs- und Bildungsauftrag in den Vordergrund. Für angehende Lehrkräfte sollte deshalb die Erarbeitung übergeordneter Themen eine zentrale Stellung einnehmen, um das Wesen der Physik zu verstehen. Solch ein „Überblickswissen“ impliziert beispielsweise die bewusste Aneignung von Aspekten wie dem Verhältnis von Theoretischer Physik und Experimentalphysik sowie Arbeitsstrategien und Denkformen der Theoretischen Physik.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit soll empirisch überprüft werden, inwieweit Teilaspekte jenes „Überblickwissens“ bei sowohl Studierenden des Faches Physik als auch Lehramtsstudierenden vorhanden sind beziehungsweise wie ausgeprägt und differenziert das Bild über die Theoretische Physik ist und wie sich dieses im Laufe des Studiums verändert. Da die Dozenten einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Vorstellungen der Studierenden haben, werden darüber hinaus auch Expertenansichten erhoben und mit den Studierendenvorstellungen verglichen.

Studiendesign und Auswertungsmethode

Zunächst erfolgte die Durchführung zweier Vorstudien, welche die Fragebogenkonstruktion für die Hauptstudie unterstütze. Jener Fragebogen enthält geschlossene Fragen zur Person sowie zum Interesse an Theoretischer Physik und Experimentalphysik als auch der Bedeutung beider Fachbereiche für die eigene berufliche Zukunft. Im Mittelpunkt stehen jedoch mehrere offene Fragen, welche eine strukturgebende Funktion für eine aufsatzähnliche Textproduktion zur Frage „Was ist eigentliche Theoretische Physik?“ aufweisen. Relevante Aspekte, die hierbei eine Rolle spielen, sind beispielsweise das Zusammenspiel von Experimental- und Theoretischer Physik, die Ziele oder auch Methoden der Theoretischen Physik sowie die Rolle der Mathematik. Die Hauptstudie umfasst schriftliche Befragungen von sowohl Studierenden des Lehramts (Vollerhebung, N=121) und des Faches (N=36) als auch Experten (N=17).

Die Texte der Befragten wurden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (vgl. Kuckartz, 2012). Ein zentraler Bestandteil ist dabei das deduktiv-induktiv entwickelte Kategoriensystem. Für die deduktive Kategorienbildung im Bereich des Wechselspiels von

Experimentalphysik und Theoretischer Physik war beispielsweise die Darstellung von David Hilbert zum Wechselspiel entscheidend (vgl. Hilbert, 1992). Seine Ausführungen zeigten eine gute Passung zu den empirischen Daten. Auf eine ausführliche Darstellung der Ansichten von Hilbert sowie des Kategoriensystems muss an dieser Stelle verzichtet werden (vgl. Heine, 2015). Mit Hilfe des Kategoriensystems konnte festgestellt werden, inwieweit die Studierenden das Wechselspiel linear oder ausgewogen beschrieben haben. Eine lineare Darstellung lag dann vor, wenn entweder das Experiment oder die Theorie als alleiniger Ausgangspunkt des Erkenntnisweges gesehen wurden. Um Regelmäßigkeiten hinter den Daten zu erkennen, wurden die Befragten in einem Diagramm verortet, welches das Fachsemester und die Art der Beschreibung des Wechselspiels als Merkmale umfasst.

Ergebnisse

Die Studierenden stellten das Wechselspiel entweder linear oder ausgewogen dar. Bei Lehramtsstudierenden trat jedoch auch der Fall auf, bei dem das Wechselspiel *nicht* beschrieben wurde. Dies ist bei einigen eher auf eine Unwissenheit als auf Unlust zurückzuführen, da große Teile des Fragebogens umfassend und bemüht ausgefüllt wurden.
Eine lineare Sichtweise eines Studenten des zweiten Semesters äußert sich beispielsweise in folgender Aussage: *„Exphy benutzt die Erkenntnisse der TP für sich, ohne dabei so sehr in die Tiefe des Stoffs zu gehen. Im Sinne Prof. X sind die „EP“-ler „Bloody User“ der Physik.“* Hierdurch wird ebenso offensichtlich, dass die Ansichten der Dozenten einen entscheidenden Einfluss auf die Vorstellungen der Studierenden haben können. Im Gegensatz dazu gab es jedoch auch ausgewogene Beschreibungen des Wechselspiels, wie die eines Fachstudenten des zweiten Semesters: *„Die TP versucht Ergebnisse der Experimentalphysik mit Theorien belegen zu können, um Modelle für die Realität zu schaffen. Gleichzeitig kann in der TP auch unabhängig von der EP nach Theorien für Modelle gesucht werden. Diese müssen dann im Nachhinein durch Experimente falsifiziert/ verifiziert werden.“* Nach einer Verortung der Studierenden in einem Merkmalsraum, welcher durch die Art der Beschreibung und das Fachsemester charakterisiert ist, ergab sich folgendes Bild (s. Abb. 1).

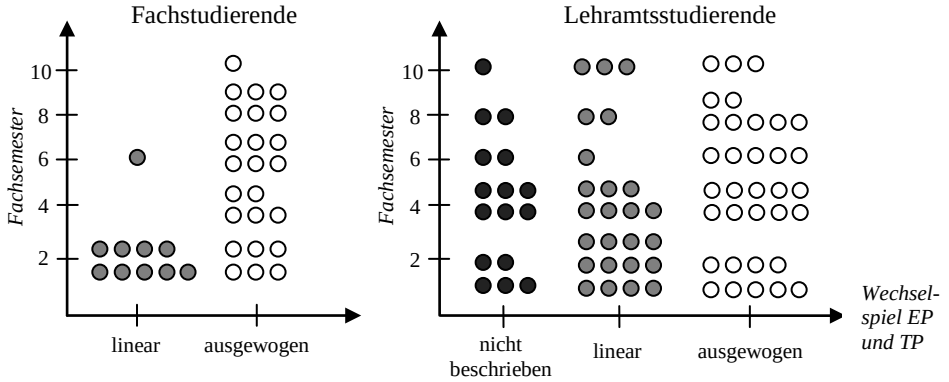


Abb. 1: Vorstellungen von Fach- und Lehramtsstudierenden unterschiedlicher Fachsemester über das Wechselspiel von Experimentalphysik und Theoretischer Physik

Daraus lässt sich zunächst erkennen, dass bei den Fachstudierenden eine ausgewogene Beschreibung des Wechselspiels überwiegt und lineare Darstellungen vor allem zu Beginn des Studiums vorhanden sind und danach nahezu vollkommen verschwinden. Im Gegensatz dazu zeigt sich bei den Lehramtsstudierenden ein etwas anderes Bild. Die linearen Vorstellungen nehmen zwar mit steigendem Semester ab, kommen jedoch in jeder Phase des

Studiums noch vor. Darüber hinaus gibt es unter den Lehramtsstudierenden auch Personen, die trotz eines bemühten Ausfüllens des Fragebogens, nicht in der Lage waren das Wechselspiel zu beschreiben. Teilweise griffen sie eher auf eine Charakterisierung beider Teilbereiche zurück, wobei jedoch der Zusammenhang und die Interdependenz unbeachtet blieben.

Diskussion

Zwischen Lehramts- und Fachstudierenden zeigen sich deutliche und vor allem bedenkliche Unterschiede hinsichtlich der Vorstellungen zum Wechselspiel von Experiment und Theorie. Bei einer Interpretation der Ergebnisse muss allerdings beachtet werden, dass es sich bei den Lehramtsstudierenden um eine Vollerhebung handelt (befragt wurden alle Studierenden des Lehramts Physik). Im Gegensatz dazu ist bei den Fachstudierenden jedoch eine positive Selektion zu vermuten, da die Teilnahme an der Befragung mit einem freiwilligen Zusatztermin verbunden war.

Eine Möglichkeit den vorherrschenden inadäquaten Vorstellungen über das Wechselspiel von Experiment und Theorie zu begegnen, könnte eine Integration von wissenschaftstheoretischen Aspekten in Fachvorlesungen darstellen, um somit nicht nur fachliche Kompetenzen zu fördern, sondern auch das sogenannte Überblickswissen auf- und auszubauen. Dies wäre ein Aspekt, in dem sich eine lehramtsspezifische Fachvorlesung von jener für angehende Physiker unterscheiden könnte. Unter Umständen fehlt den angehenden Lehrkräften ein vertiefter Einblick in die Arbeit eines Physikers, was ebenso in Vorlesungen und Übungen stärker in den Fokus gerückt werden könnte. Eine weitere Gelegenheit, um Erfahrung mit physikalischer Forschung zu ermöglichen, bietet das Schreiben einer Abschlussarbeit im Fach mit expliziter Reflexion über „Nature of Science“ Aspekte, was derzeit an der Universität Hamburg erprobt wird (vgl. Uhden et al., 2015, in diesem Band).

Ausblick

Den hier dargestellten Ergebnissen folgen weitere Auswertungsschritte. Zunächst soll die Gruppe von Studierenden mit linearen Ansichten genauer analysiert und eine mögliche Typisierung vorgenommen werden. Damit wird sich zeigen, ob empiristische Sichtweisen überwiegen oder vielmehr die Theorie als Ausgangs- und Mittelpunkt des Erkenntnisweges gesehen wird. Darüber hinaus erfolgt die Untersuchung auf mögliche Zusammenhänge zwischen den identifizierten Vorstellungen einerseits und Klausurnoten oder der Höhe des Interesses an Experimentalphysik und Theoretischer Physik andererseits.

Literatur

Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. (Hrsg.) (2006). Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik. Bad Honnef.

Heine, A., Pospiech, G. (2015). Wissenschaftstheoretische Vorstellungen über die Theoretische Physik. Expertenansichten über das Verhältnis von Experimentalphysik und Theoretischer Physik. In PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Wuppertal.

Hilbert, D. (1992). Natur und mathematisches Erkennen: Vorlesungen, gehalten 1919-1920 in Göttingen. Ausarbeitung von Paul Bernays. Hrsg. Von David. E. Rowe. Basel [u.a.]: Birkhäuser.

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

Müller, A., Wilkens, M. (unveröffentlicht). Theoretische Physik im Lehrerinnenstudium – Ein Plädoyer.

Pascal Klein[1]
Sebastian Gröber[1]
Jochen Kuhn[1]
Andreas Müller[2]

TU Kaiserslautern[1]
Université de Genève[2]

Videobasierte Aufgaben in den klassischen Übungen zur Experimentalphysik 1- Ergebnisse einer Interventionsstudie

Die Wirksamkeit konventioneller vorlesungsbasierter Physik-Einführungsveranstaltungen wurde in den letzten Jahrzehnten häufig in Frage gestellt und durch zahlreiche, z.T. sehr kostspielige, strukturändernde Innovationen zu verbessern versucht (vgl. Übersicht in Klein et al. 2015a). Das Ziel des Projekts „physics.move“ besteht darin, Instruktionsmaterialien zu entwickeln, die mit geringem organisatorischen Mehraufwand in die bestehende Struktur vorlesungsbegleitender, wöchentlicher Übungen implementiert werden und etablierte traditionelle Aufgabenstellungen um experimentelle Anteile komplementär ergänzen.

Instruktionsmaterial

Verglichen wird (i) eine für die Lehrveranstaltung `universitäre Physik-Übungsgruppe´ *traditionelle* Aufgabenstellung (*T-Aufgaben*) mit (ii) einer darauf basierenden Aufgabe die eine Videoaufzeichnung eines Realexperiments umfasst, welche die Studenten hinsichtlich der jeweiligen physikalischen Fragestellung analysieren und auswerten (*Videoanalyse-Aufgabe, VA-Aufgabe*), sowie (iii) einer Variante in der Studierende darüber hinaus angehalten sind, das Videomaterial unter Nutzen einfacher Freihandexperimente mit geringem Materialaufwand und unter Verwendung mobiler Endgeräte selbst zu erstellen (und natürlich auszuwerten) (*mobile Videoanalyse-Aufgabe, mVA-Aufgabe*). Die konzeptionellen Eigenschaften dieser Aufgabenformate wurden anhand von Beispielen herausgearbeitet und an verschiedenen Stellen publiziert (ebd., Gröber et al. 2014, Klein et al. 2015b), sodass sich dieser Beitrag den bisher gewonnenen empirischen Befunden der im Projekt verorteten Begleitforschung widmet. Abbildung 1 stellt den Verlauf des Projekts schematisch dar.

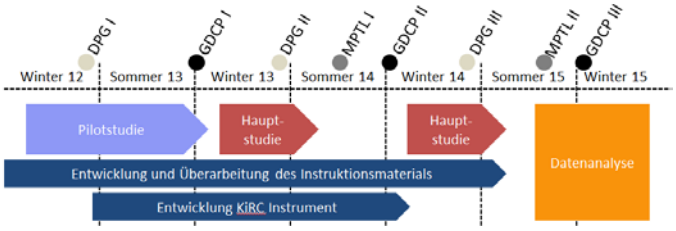


Abb. 1: Schematischer Verlauf einzelner Arbeitsphasen des Projekts physics.move

Bisheriger Forschungsstand im Projekt „physics.move“

In einer ersten Pilotstudie (WiSe 2012/13-SoSe13, siehe Abb.1) wurden sowohl die Implementationsfähigkeit des Ansatzes als auch die Organisation der Feldstudie in einem Kontroll-Versuchsgruppen-Rotationsdesign mit drei Messzeitpunkten belegt (Klein et al. 2015c) sowie Forschungsfragen und Hypothesen für die Hauptuntersuchung formuliert (Klein et al. 2014). Es zeigte sich der Bedarf eines adäquaten Testinstruments zur Erfassung repräsentationaler Kompetenz (RK). Es ist bekannt, dass RK (in einer gegebenen Domäne) ein wesentlicher Faktor für die Entwicklung von Expertise und Problemlösefähigkeit (in dieser Domäne) ist (Meltzer, 2005). Die Übungsaufgaben stellen eine zentrale instruktionale Gelegenheit dar, verschiedene Darstellungsformen zu interpretieren, ineinander überzuführen und selbstständig zu erstellen. Die Überprüfung der Hypothese, dass VA-Aufgaben diese Kompetenz

durch den Einsatz dynamischer Repräsentationen im Besonderen unterstützen (Klein et al. 2014), benötigt ein änderungssensitives Instrument, welches diese Variable operationalisiert. Bisher entwickelte Testinstrumente bilden diese Komponente disziplinärer Kompetenz aber nur unzureichend ab. Wie Nieminen et al. (2010) herausstellen, erlauben bestehende Konzepttests nicht, den Umgang mit verschiedenen Repräsentationsformen hinreichen zu evaluieren. Dadurch konfundiert RK als eine Art „versteckte Variable“ innerhalb bestehender Tests mit der zu messen intendierten Variable, was zu einer ungewünschten Beeinflussung der Testsummen führt. Folglich wurde das KiRC-Instrument zur Erfassung von RK in der Domäne Kinematik entwickelt, überarbeitet, psychometrisch analysiert und validiert (Klein et al. 2016). Neben RK wurden in der Hauptuntersuchung affektive Konstrukte (Neugierde, Motivation) sowie Belastungsvariablen als auch das Konzeptverständnis unter Berücksichtigung mehrerer Kovariaten (Vorleistungen) untersucht. Erste Ergebnisse einer Teilstichprobe (WiSe 2013/14), die positive Befunde in der Entwicklung des akademischen Selbstkonzepts und des Konzeptverständnisses mit mittleren bis hohen Effektstärken im Sinne der Intervention bei unveränderter Belastung attestieren, wurden auf der GDCP-Tagung 2014 präsentiert (Klein et al. 2015b). Zum jetzigen Zeitpunkt ist die Datenerhebung der Hauptstudie (WiSe 2013/14 und WiSe 2014/15) abgeschlossen. In diesem Beitrag präsentieren wir die Ergebnisse der Hypothese zur RK:
Das Arbeiten mit einer Kombination von T-, VA- und mVA-Aufgaben führt zu einem größeren Lernerfolg, d.h. zu einer höheren **Repräsentationskompetenz** (der Kinematik) (RK) als das Arbeiten mit ausschließlich traditionellen Aufgaben.

Kurzbeschreibung des Testinstruments zur Erfassung der Repräsentationskompetenz
Der KiRC-Test beinhaltet 18 Aufgaben zu den grundlegenden Konzepten der Kinematik, die in drei verschiedenen Repräsentationsformen vorliegen (bildhaft, graphisch und algebraisch). Ein Item erfordert beispielsweise die Verknüpfung bildhafter Information (Kugel rollt auf gekrümmter Rampe) mit einem Kinematik-Graphen, während ein anderes Item die algebraisch-formale Interpretation einer eindimensionalen, ungleichmäßig beschleunigten Bewegung abprüft. Mit Hilfe einer Eichstichprobe wurden eine zufriedenstellende Reliabilität (Cronbach's $\alpha = 0.82$), eine substantielle mittlere Trennschärfe (mittlere Item-Testkorrelation $r = 0.28$) und eine ausreichende Diskrimination (mittleres $D = 0.43$) des Gesamtinstruments gemessen, die allesamt kritische Schwellenwerte überschreiten (Ding & Beichner, 2009). Der Test umfasst zwei Itemformate: Multiple-Choice Items (MC3), die neben der richtigen Antwort zwei plausible, aber falsche Alternativen anbieten sowie True-False items (TF), bei denen entschieden werden muss, ob Aussagen richtig oder falsch sind.
Während aus inhaltlicher Sicht eine Kombination beider Formate in einem Test durch Ausnutzen der jeweils spezifischen Vorteile sinnvoll ist, ergibt sich die messtechnische Frage, wie die in den beiden Testhälften erreichten Testsummen T_1 (MC3 Items) und T_2 (TF Items) zu einer gemeinsamen Testsumme T verrechnet werden. Um den verschiedenen Ratewahrscheinlichkeiten sowie der unterschiedlichen Entscheidungsstrategien gerecht zu werden, definieren wir die Testsumme T als

$$\mathrm{T} = \mathrm{T}_1 + \kappa \mathrm{T}_2, \qquad (1)$$

mit dem dimensionslosen Gewichtungsfaktor $\kappa \in [0, \infty)$. Diese Definition erlaubt die Betrachtung einzelner Testhälften ($\kappa = 0$ bzw. $\kappa \to \infty$) und schließt den Spezialfall der heuristischen Gleichgewichtung ein ($\kappa = 1$). Für die Praxis plausibel erscheint der Wertebereich zwischen 0.2 und 1, da TF Items verglichen mit MC Items mit tendenziell niedrigerem, aber nicht zu niedrigem Gewicht eingestuft werden können.

Studiendesign und Stichprobe
Die hier analysierte Kernstichprobe der Hauptuntersuchung (vgl. Abb.1) besteht aus 76 Hauptfach-Studierenden im ersten Physiksemester, zum Prä- und zum ersten Post-Zeitpunkt

an der Befragung teilnahmen und dazwischen vier Aufgabenblätter (mit jeweils vier Übungen) bearbeiteten. Die Kontrollgruppe (KG, N=40) bearbeitete in diesem Zeitraum ausschließlich T-Aufgaben, während die Treatmentgruppe (TG) acht T-Aufgaben, sechs V-Aufgaben und zwei mV-Aufgaben bearbeitete. Die Testung fand unmittelbar vor sowie nach der Intervention statt. Der dritte Messzeitpunkt (nach Gruppenrotation) wird nicht diskutiert.

Ergebnisse

Abbildung 2 (links) zeigt den mittleren Anteil richtiger KiRC-Items für beide Gruppen zu beiden Testzeitpunkten (Gleichgewichtung, $\kappa = 1$). Durch einfaktorielle Varianzanalysen zeigt sich ein signifikanter Zuwachs von RK in beiden Gruppen mit unterschiedlichen Effektgrößen (TG: t (35) = 5.60***, Cohen's d = 0.84, Hake-Faktor g = 0.52; KG: t (39) = 4.26***, d =0.42, g = 0.23). Die erzielten Werte ordnen sich ein in die Ergebnisse über traditionelle Lehre ($g \approx 0.2$) und interaktive konzeptorientierte Methoden (g = 0.3-0.6) ein (Coletta et al. 2007). Der positive Effekt der Intervention zeigt sich auch in signifikanten gruppenspezifischen Unterschieden des Leistungsverlaufes: F (1, 73) = 11.70***, d = 0.80.
Der Interventionserfolg – quantifiziert als Effektstärkemaß – wird in Abb. 2 (rechts) in Abhängigkeit des Gewichtsfaktors κ dargestellt. Über den gesamten Parameterbereich zeichnet sich der Interventionserfolg durch mittlere bis große Effektstärken ab, womit obige Hypothese als bestätigt betrachtet werden kann.

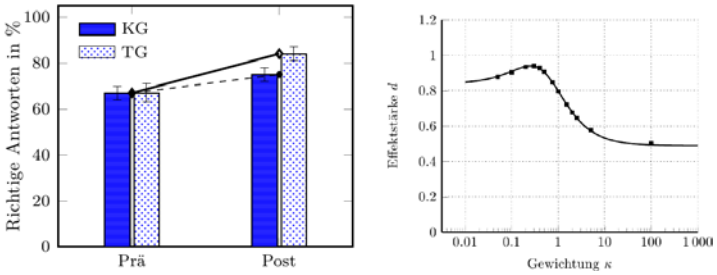


Abb. 2: Ergebnisse bzgl. der Repräsentationskompetenz. Links: Prä/Post-Gruppevergleich für Gleichgewichtung ($\boldsymbol{\kappa = 1}$), rechts: Effektstärke in Abhängigkeit der Gewichtung

Danksagung

Wir danken der Wilfried-und-Ingrid-Kuhn Stiftung für Physikdidaktik für die Förderung des Erstautors und dem Fachbereich Physik der TU KL für die hervorragende Kooperation.

Literatur

David E. Meltzer (2005). Relation between students problem-solving performance and representational format. AJP 73, 463ff

Coletta, V.P., Phillips, J.A. & Steinert, J.J. (2007). Interpreting Force Concept Inventory scores: Normalized gain and SAT scores. Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 3(1).

Ding, L. & Beichner, R. (2009). Approaches to data analysis of multiple-choice questions. In: Phys. Rev. ST PER. 5, 020103

Gröber, S., Klein, P. & Kuhn, J. (2014). Video-based problems in introductory mechanics courses. In: EJP 35 055019.

Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J. & Müller, A. (2014). Experimentelle Aufgaben in den Übungen zur Experimentalphysik 1. In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. GDCP Jahrestagung in München 2013 (S. 312 - 314). Kiel: IPN.

Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J. Fouckhardt, H., von Freymann, G., Oesterschulze, E., Widera, A. Fleischhauer, A. & Müller, A. (2015a). physics.move - Videoanalyse-Aufgaben in der Experimentalphysik 1. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid A) 14 (1)

Klein, P., Gröber, S., Kuhn, J. & Müller, A. (2015b). Experimentelle Aufgaben in den Übungen zur Experimentalphysik 1. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. GDCP Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 214-216). Kiel: IPN.

Klein, P., Kuhn, J., Müller, A. & Gröber, S. (2014). Video analysis exercises in regular introductory mechanics courses: Effects of conventional methods and possibilities of mobile devices. In A. Kauertz et al. (Eds.): Multidisciplinary Research on Teaching and Learning, Basingstoke: Palgrave Macmillan

Klein, P., Kuhn, J. & Müller, A. (2016). KiRC inventory: Assessment of representational competence in kinematics. Eingereicht in: Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. (Stand 09/15)

Nieminen, P. Savinainen, A. & Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. In: Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 6, 020109

Daniel Rehfeldt
Tobias Mühlenbruch
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Fragebogen zur Erfassung von Praktikumsqualität (PraQ): Faktorielle Validierung

Zielsetzung: Warum ein validiertes Evaluationsinstrument für Praktika?

Seit der Bologna-Reform gehört die regelmäßige Überprüfung und Weiterentwicklung im Bereich der Lehre an den Hochschulen zum allgemeinen Konsens (Friedrich, 2005; Hopbach, 2007). Nichtsdestotrotz mangelt es an einer theoretischen Fundierung und Passung der meisten Evaluationsinstrumente und in Folge dessen auch an der Akzeptanz derselben (Csonka et al., 2014). Aus wissenschaftlicher Perspektive sollte also auf valide Evaluationsinstrumente abgezielt werden, die im universitären Regelbetrieb auch ökonomisch einsetzbar sind. Für Vorlesungen und Seminare verschiedenster Fächer wurden bereits Instrumente zur Lehrevaluation über alle Fächer konstruiert und validiert (Thiel et al., 2012; Braun et al., 2008).

Für naturwissenschaftliche Praktika fehlt bislang allerdings ein validiertes Instrument. Praktika bilden den Kern der experimentellen Ausbildung in den Naturwissenschaften (z. B. Psillos & Niedderer, 2002) und werden oftmals kritisch in ihrer Lernwirksamkeit betrachtet (z. B. Hucke, 1999, S. 10f), weshalb gerade dort eine aussagekräftige Lehrevaluation von besonderem Nutzen wäre. Unser Ziel war es daher einen theoretischen Rahmen und ein Instrument für die Qualität von Praktika zu entwickeln und empirisch zu validieren.

3L-Modell der Praktikumsqualität: Lernzuwachs, Lehrkompetenz, Lernumgebung

Mit der literaturgestützten Erarbeitung eines theoretischen Modells der Praktikumsqualität fand für die Erfassung von praktikumsrelevanten Facetten der erste Schritt statt. Das Modell definiert als Qualitätsdimensionen den *Lernzuwachs* als Kompetenzerwerb der Studierenden, die didaktische und pädagogische *Lehrkompetenz* der Betreuenden und die *Lernumgebung* bzw. Medien von Praktika (Rehfeldt et al., 2014).

Es ist hierbei so allgemein gehalten, dass Studierende von Physik-, Chemie-, Biologie- und naturwissenschaftliche Nebenfachpraktika der ersten Semester Zielgruppe sind. Daraus und aus der Zielsetzung einer ökonomischen Erhebung ergeben sich auch Grenzen des Modells. Tiefenanalysen von Praktika (wie z. B. bei Mühlenbruch et al., 2015; Rehfeldt et al., 2015) sind nicht vorgesehen. Dazu zählen z. B. die konkrete Organisation der Praktika, die spezifische Fachkompetenz der Betreuenden und die Aufbereitung und Wahl der Experimente.

Aufgrund der Vorteile in Bezug auf die Durchführungs- und Auswertungsökonomie wurde als Messinstrument ein Fragebogen mit Selbst- und Fremdeinschätzungsitems gewählt.

Praktikumsqualität messen: Der PraQ-Fragebogen

Die Operationalisierung wurde in 140 Items in 40 Skalen adaptiv, theoriegeleitet und induktiv vorgenommen. Aufgrund der Itemanzahl wurde das Instrument in zwei Fragebögen A und B (ehemals *PraKo A & B*) eingeteilt. Darauffolgend fand eine Inhaltsvalidierung der Items statt, u. a. mit kognitiven Interviews von fünf PraktikumsexpertInnen aus den verschiedenen Naturwissenschaften. Dies diente einerseits der Exploration der Passung des Instruments zur Lehrrealität, andererseits der Identifikation möglicher Akzeptanzprobleme (Rehfeldt et al., 2014). Auf die inhaltliche Validierung folgte die empirische.

Empirische Validierung des PraQ mittels explorativer Faktorenanalyse

Da die Itemkonstruktion z. T. induktiv bzw. per Adaption/Ergänzung etablierter Skalen erfolgte, wird für die strukturelle Validierung dieser Instrumentteile eine Kombination aus

explorativer und konfirmatorischer Faktorenanalyse gewählt (*EFA* bzw. *CFA*; Rost 2013, S. 225). Die EFA dient hierbei der Exploration von Itemclustern zu Faktoren, die als dahinterliegende Konstrukte interpretiert werden können und am Ende einen übersichtlichen Blick auf die Praktikumsqualität gewähren. Die CFA soll dann anhand einer neuen Stichprobe prüfen, ob die gefundene Faktorstruktur der Items erhalten bleibt, was für Konstruktvalidität spräche.

Für die EFA wurden Daten von Physik-, Biologie- und Chemie-Studierenden im deutschsprachigen Raum verwendet, die ein Anfängerpraktikum besuchten (14 Praktika; $N_A = 329$, $N_B = 242$). Die Erhebung fand in der Praktikumszeit statt und dauerte ca. 15 min.

Da für die meisten Konstrukte aus lerntheoretischer Sicht kausale Zusammenhänge erwartet werden, wurde in der EFA eine Korrelation der Faktoren zugelassen (*oblimin-Rotation*). Für die Faktorenextraktion wurde sich am *Kaiser-Kriterium* orientiert, mit gleichzeitiger Flexibilität zugunsten inhaltlich-struktureller Aspekte. Aufgrund einiger auch bewusst designbedingter missings[1] wurde sich für einen paarweisen Fallausschluss entschieden, um die größtmögliche Information zu erhalten.[2]

Kern der Auswertung stellen die Ladungen der Items auf die Faktoren dar. Die Ladungen können als Stärke der Zugehörigkeit eines Items zum dahinterliegenden Konstrukt interpretiert werden. Idealerweise lädt dabei kein Item auf mehr als einem Faktor, um eine trennscharfe Messung zu gewährleisten. Gemäß Hair et al. (1998, S. 111) sind Ladungen der Items auf die Faktoren erst ab einer Höhe von .40 als interpretierbar zu bezeichnen, ab .50 gelten sie als *praktisch relevant*.

Item 1	.62									
Item 2	.83									
…	…									
Item 6	.66								Zusammenfassen	$\alpha = .90$
Item 7		-.82								
Item 8		-.69								
Item 9		-.57							Verständnis überprüfen	$\alpha = .85$
Item 10			.77							
Item 11			.80							
Item 12			.80						Relevanz verdeutlichen	$\alpha = .87$
Item 13				.78						
Item 14				.79						
Item 15				.84					SWE erhöhen	$\alpha = .86$
Item 16					.55					
Item 17					.53	.32			Diagnose: Grundeinstellung	$\alpha = .86$
Item 18						.85				
Item 19						.84				
Item 20						.74			Diagnose: situativ	$\alpha = .86$
Item 21							.86			
…							…			
Item 25					-.34		.66			
Item 26					-.36		.62		Skriptqualität	$\alpha = .95$
…							…			
Item 32							.79			
Item 33			.37				.41			
Item 34								.82		
Item 35								.90		
Item 36								.81	Integration der VL	$\alpha = .85$
Item 37								.73		

Tabelle 1: *Mustermatrix der explorativen Faktorenanlyse der induktiven/adaptierten Skalen des PraQ-B: Lehrkompetenz & Material inkl. Reliabilität* CRONBACH'S *α.*

Ladungen < .30 wurden aus Lesbarkeitsgründen entfernt.

[…] = weitere Items je mit Ladungsbetrag > .50

[1] Z. B. konnte die Skala *Integration* nicht bearbeitet werden, wenn es keine Begleitvorlesung gab (N = 33).

[2] Eine Analyse mit listenweisem Fallausschluss ohne die Items des Faktors *Integration* ($N_{ohne} = 152$) lieferte eine identische Ladungsstruktur mit fast identischen Ladungsgrößen.

Ergebnisse: Saubere Faktorstruktur und sehr gute Reliabilität des Instruments

An dieser Stelle wird nur auf die Ergebnisse der EFA des PraQ-B eingegangen (Tab. 1). Inhaltlich und strukturell am geeignetsten ergab sich eine 8-Faktor-Lösung. Hierbei zeigten sich keine substanziellen Nebenladungen bei 37 Items. Acht Items wurden wegen schlechter Kennwerte entfernt, ohne die Inhaltsvalidität stark zu tangieren. Die Ergebnisse der darauf aufbauenden Itemanalyse zeigen acht reliable Skalen ($\alpha s > .80$) mit trennscharfen Items.

Fazit: Qualität des Fragebogens und weitere Validierungsschritte

Der PraQ-B zur Einschätzung der Betreuungsqualität und Medien des Praktikums ist als validiertes Lehrevaluationsinstrument naturwissenschaftlicher Praktika bereits einsatzbereit. Es konnte eine inhaltlich und statistisch haltbare Struktur der Items zu Skalen gefunden werden. Der Fragebogen ist theoretisch fundiert, statistisch vorvalidiert und zeitökonomisch gestaltet worden. Er besticht durch eine hohe Messgenauigkeit in den Facetten der Praktikumsqualität.

Weitere Validierungsschritte sind bereits in Arbeit: Um die Ladungsstruktur zu konfirmieren, wurden Erhebungen für die CFA abgeschlossen. Die Analyse selbst ist in Arbeit. Kreuzvalidierungen zum Vergleich mit bereits etablierten Instrumenten sind ebenso mitten in der Erhebungsphase, um die Konstruktvalidität schätzen zu können. Dies geschieht einerseits über den *Ko-WADiS-Kompetenztest* (Straube et al., im Druck) als konvergente Konstruktvalidierung für die Skalen im Bereich *Experimentelle Kompetenz*.

Die divergente Konstruktvalidierung für PraQ-A und -B geschieht über Zufriedenheitsskalen (adaptiert aus Albrecht, 2011, S. 135–136).

Das Projekt TSL wird im Rahmen des Forschungsprogramms SUPPORT des BMBF gefördert.

Literatur

Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik (Dissertation). Berlin: Freie Universität Berlin.

Braun, E., Gusy, B., Leidner, B., & Hannover, B. (2008). Das Berliner Evaluationsinstrument für selbsteingeschätzte, studentische Kompetenzen (BEvaKomp). Diagnostica, 1(54), 30–42.

Csonka, N. (2014). Evaluation von Lehrveranstaltungen an der Humboldt-Universität zu Berlin. In Schriftenreihe zum Qualitätsmanagement an Hochschulen (Bd. 8). Stabsstelle Qualitätsmanagement der Humboldt-Universität zu Berlin.

Friedrich, H. R. (2005). Der Bologna-Prozess nach Bergen. Die Hochschule, (2), 114–135.

Hopbach, A. (2007). Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse. In Benz, Kohler, & Landfried (Hrsg.), Handbuch Qualität und Lehre. Berlin.

Hucke, L. (1999). Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Berlin: Logos.

Mühlenbruch, T., Rehfeldt, D. & Nordmeier, V. (2015). TSL: Bedarfsanalyse im physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler: GRAFCET: Ein „neues“ Werkzeug zur Strukturerfassung von Lehrveranstaltungen. Berlin-Brandenburger Beiträge zur Bildungsforschung (S. 229–259). Berlin.

Psillos, D., & Niedderer, H. (2002). Issues and Questions Regarding the Effectiveness of Labwork. In D. Psillos & H. Niedderer (Hrsg.), Teaching and Learning in the Science Laboratory (pp. 21–30). Netherlands: Springer.

Rehfeldt, D., Mühlenbruch, T., & Nordmeier, V. (2014). Fragebogen zu Praktikumskompetenzen (PraKo): Erforschung naturwissenschaftlicher Praktika. In S. Bernholt (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung 2014. Münster: LIT.

Rehfeldt, D., Mühlenbruch, T. & Nordmeier, V. (2015). TSL: Ergebnisse einer quantitativen Studie zur Problemanalyse im Physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler. Berlin-Brandenburger Beiträge zur Bildungsforschung (S. 203–228). Berlin.

Rost, D. H. (2013). Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien: eine Einführung (3. Auflage). Bad Heilbrunn: Hogrefe & Huber.

Straube, P. (im Druck). Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung Physik-Lehramtsstudierender. Dissertation. Freie Universität Berlin.

Thiel, F., Blüthmann, I., & Watermann, R. (2012). Konstruktion eines Fragebogens zur Erfassung der Lehrkompetenz (LeKo). In B. Berendt & H. P. Voss (Hrsg.), Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten. Teil I. Evaluation: Veranstaltungsevaluation. Berlin: Raabe.

Brigitte Wolny AECCP (Universität Wien)
Martin Hopf

Einsatz des Münchner Mechanik-Konzeptes in der Lehramtsausbildung

Theoretischer Hintergrund

Die Beforschung der Wissensbereiche der Lehrerprofession erlebt seit dem Jahrtausendwechsel einen Aufschwung, wobei die Mathematik einen wesentlichen Teil zur Theoriebildung beitrug. In zahlreichen Forschungsarbeiten und Metastudien wurden das Wissen, der Wissens- und Kompetenzerwerb, sowie die Vorstellungen vom Lehren und Lernen von Lehramtsstudierenden und praktizierenden Lehrpersonen des Unterrichtsfaches Physik untersucht. Hierzu werden Konstrukte modelliert, operationalisiert, Testverfahren dazu entwickelt und auf nationaler sowie internationaler Ebene Ausbildungsstätten verglichen. Die Wissensdimensionen ‚fachdidaktisches Wissen' (FDW), ‚pädagogisches Wissen' (PW) und ‚Fachwissen' (FW) (Riese & Reinold, 2010), werden als Kompetenzen von Lehrpersonen definiert. Die Übertragbarkeit in das Lehrerhandeln (Handlungsvalidität) steht jedoch immer noch in Frage (Vogelsang & Reinold, 2013). Die Rolle des subjektiven Wissens (Neuweg, 2011) könnte die eigentliche kognitive Ressource für das Lehrerhandeln bilden, was eine Abfrage dieses impliziten handlungsrelevanten Wissens in schriftlichen Tests aus vielerlei Sicht erschwert. In Folge wird ein fachdidaktisches Entwicklungsforschungsprojekt vorgestellt. Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer Lerneinheit für Studierende im Sinne des Modells der Educational Reconstruction for Teacher Education (Van Dijk & Kattmann, 2006), welches an die Arbeit von Krumphals (2011) anschließt und Vorstellungen und Handeln von Lehramtsstudierenden beforscht. Eine Intervention in einer fachdidaktischen Lehrveranstaltung wird qualitativ untersucht und im Sinne eines DBR-Ansatzes (Ralle & DiFuccia, 2014) schrittweise weiterentwickelt.

Fragestellungen der Vorstudie

In einer ersten Vorstudie standen im WiSe2014 und im SoSe2015 folgende Fragen im Mittelpunkt des Forschungsvorhabens:

- Wie eignet sich der Münchner Lehrgang zur Einführung in die Mechanik Sek I (Wiesner et al., 2011) für die Lehramtsausbildung?
- In welcher Art und Weise unterstützt eine Implementierung den Wissenserwerb von Studierenden zu Lernprozessen in der Mechanik?
- Welche impliziten und expliziten Vorstellungen zum Anfangsunterricht Mechanik zeigen Studierende beim Arbeiten mit dem Münchner Mechanik Lehrgang?

Untersuchungsdesign

Im vierten und fünften Semester des Lehramtsstudiums Physik besuchen die Studierenden in Wien das ‚Schulversuchspraktikum'. Die Intervention der vorliegenden Studie erstreckte sich über drei dreistündige Einheiten dieser Lehrveranstaltung. Basierend auf den erfassten Studierendenvorstellungen (Krumphals, 2011) wird als Kernidee das Ausgehen von einem Themenbereich (Einführung in die Mechanik) und nicht der Ausgangspunkt Experiment gewählt. Studierende sollen Lerngelegenheiten schülerzentriert und lernzielorientiert planen. Dazu stellt ihnen das wenig vorstrukturierte Praktikum einen Lernort zur Verfügung, in welchem sie selbstständig und eigenverantwortlich experimentelles Handeln für Physikunterricht vorbereiten. Während dieses Vorgangs wird untersucht, wie Studierende mit dem Unterrichtslehrgang "Einführung in die Mechanik" umgehen. Der Schwerpunkt der

Intervention liegt auf dem Herstellen von Bezügen zu Lernzielen und dem begründeten Gestalten von experimentellen Lernumgebungen im Themenbereich.
Mit den Studierendengruppen wurden leitfadengestützte Interviews durchgeführt. Zehn Interviews wurden transkribiert und in Atlas-ti Version 7.5.7 kodiert. Dabei wurde mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2010) und einem induktivem Kategoriensystem ausgewertet.
In einem ersten Designschritt wurde ausschließlich mit dem Schülerbegleitheft (Hopf et al., 2011) des Lehrgangs gearbeitet. Es zeigt sich, dass die erste Studierendengruppe (jeweils 2 Studierende) in den Interviews nur Oberflächenmerkmale des Textes reflektieren konnte. Daher wurde in einem nächsten Schritt mit einer neuen Studierendengruppe Begleitliteratur zum Selbststudium (Wilhelm, 2008) zusammen mit dem Schülerbegleitheft als Material genutzt. Auch hier zeigte sich, dass die Grundideen des Unterrichtslehrgangs von den Studierenden nicht reflektiert werden und sie gerne auf ihren eigenen Unterricht verweisen. In einem dritten Designschritt wurde der nächsten Studierendengruppe dasselbe Material zur Verfügung gestellt und zusätzlich drei Leitfragen zur Vorbereitung aufgetragen. Auch dies führte nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Erst als die schriftliche Beantwortung dieser Leitfragen in der vierten Gruppe vor dem Praktikumstermin verlangt wurde, wurde ein Reflektieren auf mehreren Ebenen sichtbar. Im Sommersemester wurde ein weiterer Schritt dahingehend gesetzt, dass die beiden untersuchten Gruppen die Literatur gemeinsam in Partnerarbeit erarbeiten sollten. Hierbei zeigte sich in den Interviews, dass die Studierenden gemeinsam über das Unterrichtskonzept diskutierten und mehr Aspekte benennen und angemessener fachdidaktisch argumentieren konnten.

Ausgewählte Ergebnisse der Vorstudie

Studierende, welche mit dem Schülerbegleitheft arbeiten:
- beginnen mit einem Überfliegen des Materials
- orientieren sich an Oberflächenmerkmalen
- beziehen sich auf eigene Lernerfahrungen
- sehen das Schülerheft als Ideenlieferant

Es zeigte sich, dass Studierende des vierten und fünften Semesters noch nicht tiefergehend fachdidaktisch über Unterrichtsmaterialien reflektieren können. Durch geeignete Fragestellungen und gesicherte Beschäftigung der Studierenden mit den Materialien fallen Studierenden jedoch der klare Schülerbezug und die Anpassung der Komplexität der Aufgabenstellungen im Unterrichtslehrgang zur Einführung in die Mechanik auf. Die Menge an vorhandenen Alltagsbeispielen wird positiv erwähnt und der Aspekt der klaren Begriffsdefinition aufgegriffen. Nur vereinzelt fällt Studierenden der gewählte dynamische Zugang auf.
Im Zusammenhang mit dem Schülerbegleitheft können Studierende einzelne Schülervorstellungen aus der Mechanik nennen und Ansätze von Instruktionsstrategien beschreiben.
„…ich denke mir, wenn man einen ganzen Teilbereich einführen will, wie zum Beispiel Einführung in die Mechanik. [...] dass man das (.), an die Schülervorstellungen am besten anknüpft, weil, man kann jetzt nicht mit der Wechselwirkung der Kräfte zum Beispiel anfangen und zum Schluss dann die Geschwindigkeit einführen oder so“[P3_SoSe2015_151]
Viele Beispiele beziehen Studierende auch auf ihre eigenen Lernerfahrungen in Schule und Studium. *„Und das, dadurch, denke ich, können auch schon gleich von Anfang an, viele Fehlvorstellungen umgangen werden, weils also, z.B. ich bin sogar erst im Studium dann daraufgekommen, dass mit, z.B. dass eine Rotation immer eine beschleunigte Bewegung ist, weil sich ja die Richtung ändert“ [P3_SoSe2015_160]*

Einige Aspekte der im Unterrichtslehrgang gewählten physikalischen Sachstruktur nehmen Studierende bewusst wahr, wie zum Beispiel zentrale Begriffe und deren Einführung, die Themenfolge, Struktur und Aufbau sowie die Art der Beispiele und Vertiefungen.
Die Daten deuten auf eine Akzeptanz des Einsatzes des Lehrgangs als Material in der Lehrveranstaltung hin, da durchwegs positive Einstellungen der Studierenden zu den Materialien festgestellt wurden. Die Studierenden fanden den Lehrgang sehr gut verständlich für sich und für Schülerinnen und Schüler und fühlen sich kompetenter durch den Einsatz empirisch getesteter Unterrichtslehrgänge.

Zusammenfassung und nächster Entwicklungsschritt

Die erfassten Vorstellungen der Studierenden zeigen, dass der Einsatz des Lehrgangs in der Lehramtsausbildung möglich ist und von Studierenden positive Resonanz erzeugt. Die Lernförderlichkeit des Einsatzes scheint in hohem Maß mit der Beschäftigung jedes Einzelnen mit den Materialien abzuhängen und wird weiter untersucht. Einzelne explizite Vorstellungen der Studierenden konnten in den Interviews identifiziert werden. Für eine Aussage über implizite Vorstellungen sind die Interviews alleine noch nicht aussagekräftig genug. Es konnten Hypothesen zur Auffassung der Studierenden hinsichtlich von Lernprozessen von Jugendlichen aufgestellt werden, welche in der Hauptstudie weiter untersucht werden müssen. In einem nächsten Entwicklungsschritt sollen kooperatives Arbeiten und Reflektieren im Praktikum während der Intervention verstärkt werden und fachdidaktische Fragen in den Einheiten mit zu bearbeiten sein. Die Hauptinterviewstudie findet im WiSe2015 statt, wobei eine begleitende Beobachtung zur möglichen Triangulation der gewonnenen Daten geplant ist.

Literatur

Hopf, M., Wilhelm, T., Waltner, C, Tobias, V. & Wiesner, H (2011). Einführung in die Mecha-nik. München, Würzburg, Wien. Self published in large numbers, 4. Edition

Krumphals, I.; Hopf, M. (2012): Physiklehramtsstudierende – Vorstellungen zu Studium und Physiklernen. In: S. Bernholt (Hg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011. Berlin: Lit Verlag Dr. W. Hopf, S. 215–217.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11. Auflage. Weinheim: Beltz

Neuweg, Georg Hans (2011): Das Wissen der Wissensvermittler. Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrerwissen. In: Terhart, Ewald/ Bennewitz, Hedda/Rothland, Martin (Hrsg.): Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster: Waxmann, 451–477.

Riese, J., & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 167-187.

Ralle, B., & Di Fuccia, D. S. (2014). Aktionsforschung als Teil fachdidaktischer Entwicklungsforschung. In Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (pp. 43-55). Springer Berlin Heidelberg.

Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2013). Zur Handlungsvalidität von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 129-157.

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.

Wiesner, H., Wilhelm, T., Rachel, A., Waltner, C, Tobias, V., & Hopf, M. (2011). Mechanik I: Kraft und Geschwindigkeitsänderung. Reihe Unterricht Physik, Band 5, Aulis-Verlag

Wilhelm, T. (2008). Mechanik-zweidimensional und multicodal. Didaktik der Physik. Berlin: Lehmanns Media.

Karl Marniok Universität zu Köln
Christiane S. Reiners

Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie: Über die Förderung eines wissenschaftstheoretischen Grundverständnisses bei angehenden Lehrerinnen und Lehrern

Einführung

Jeder Chemiestudent und jede Chemiestudentin dürfte mehrere chemische Theorien und Gesetze aufzählen können, doch die wenigsten haben eine Vorstellung von der Bedeutung dieser Begriffe. Dabei sollten gerade Lehramtsstudierende ein grundlegendes Verständnis dafür haben, wie das Wissen der Naturwissenschaft Chemie organisiert ist und überhaupt entsteht, da sie dieses Wissen schließlich an Schülerinnen und Schüler weitergeben müssen. Zum Ziel des Chemieunterrichts, eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu erreichen, gehört auch der Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung*, den die Bildungsstandards definieren.

Gerade bei derartigen erkenntnistheoretischen Themen herrschen jedoch viele (später genauer erläuterte) Alltagsvorstellungen vor, die womöglich auch von der umgangssprachlichen Bedeutung von Begriffen wie *Theorie* oder *Gesetz* beeinflusst werden. Das Verständnis für Theorien und Gesetze ist in den Naturwissenschaftsdidaktiken bislang jedoch wenig erforscht.

Theoretischer Hintergrund

Da epistemologische Themen naturgemäß kontrovers diskutiert werden können und genaue Definitionen auch vom persönlichen erkenntnistheoretischen Standpunkt abhängen, müssen für unsere Begriffe einfache, auf Schulniveau brauchbare Arbeitsdefinitionen gefunden werden. Als gemeinsamer Nenner lässt sich die Definition verwenden, dass Naturgesetze „(Beschreibungen von) Regelmäßigkeiten im Verhalten realer Systeme“ sind (Vollmer, 2000, S. 206). Typische Beispiele aus dem Chemieunterricht wären die Gasgesetze oder das Massenwirkungsgesetz: Sie wurden aufgrund genauer Beobachtungen und Messungen aufgestellt und geben die Regelmäßigkeiten in Form mathematischer Formeln wieder. Man beachte hierbei auch die Parallele zum Begriff *Gesetzmäßigkeit*.

Theorien hingegen sind „das Netz, das wir auswerfen, um die Welt ‚einzufangen‘, – sie zu rationalisieren, zu erklären und zu beherrschen. Wir arbeiten daran, die Maschen des Netzes immer enger zu machen.“ (Popper, 1934/1976, S. 31) Naturwissenschaftliche Theorien unterscheiden sich in vielerlei Hinsicht von naturwissenschaftlichen Gesetzen:

> *Scientific theories are well-established, highly substantiated, internally consistent systems of explanations. Theories serve to explain large sets of seemingly unrelated observations in more than one field of investigation.* […] *Theories have a major role in generating research problems and guiding future investigations. Scientific theories are often based on a set of assumptions or axioms and posit the existence of non-observable entities. Thus, theories cannot be directly tested. Only indirect evidence can be used to support theories and establish their validity.* (Lederman u. a. 2002, S. 500)

Theorien dienen also zur Erklärung von Beobachtungen, während Gesetze die Beobachtungen beschreiben und Zusammenhänge aufzeigen. Die Gasgesetze *beschreiben* in

der Chemie beispielsweise das Verhalten von Gasen bei der Veränderung bestimmter Parameter. Eine *Erklärung* für dieses Verhalten erfordert hingegen Modellvorstellungen auf Teilchenebene, die erst die *kinetische Gastheorie* liefert (vgl. Abb. 1). Eine weit verbreitete Alltagsvorstellung ist jedoch, dass eine wissenschaftliche Theorie eine „Vorstufe“ eines Gesetzes sei, oder umgekehrt formuliert, ein Naturgesetz eine „bewiesene“ Theorie (Horner & Rubba, 1979).

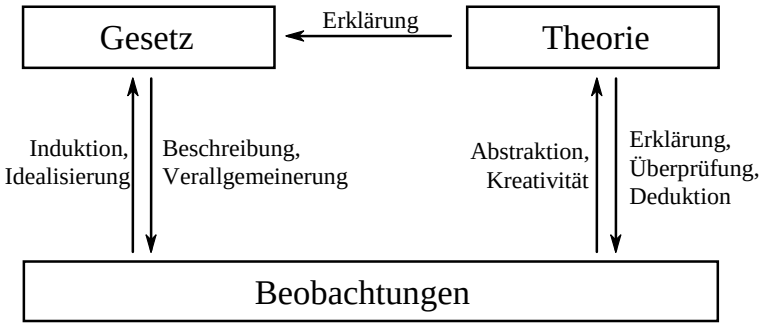


Abb. 1: Schaubild (Marniok).

Darauf aufbauend existiert auch die Vorstellung, ein Naturgesetz sei absolut und unveränderlich, was auf eine normative Deutung des Gesetzesbegriffes schließen lässt. Dabei lassen sich bereits für die grundlegenden chemischen Gesetze im Anfangsunterricht Ausnahmen finden, die diese Vorstellung widerlegen. Das Massenerhaltungsgesetz gilt beispielsweise nicht mehr streng, wenn man den Massendefekt bedenkt, der sich aus der Formel $E = m \cdot c^2$ ergibt. Das Gesetz der konstanten Proportionen kann wiederum nicht auf nichtstöchiometrische Verbindungen angewendet werden.

Eine naturwissenschaftliche Theorie ist hingegen nicht das Gleiche wie eine Mutmaßung oder Hypothese und in keinem Falle „nur eine Theorie“, wie es mitunter in politischen Debatten über die Evolutionstheorie heißt (vgl. Ben-Ari, 2005). Hier zeigt sich auch die gesellschaftliche Relevanz der Thematik, und nur mit angemessenen Vorstellungen können Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, derartige Diskussionen rational zu beurteilen.

Studie zu einem expliziten Ansatz

Um die Thematik nachhaltig in die Schulen zu tragen, ist es erforderlich, bei den Lehramtsstudierenden anzusetzen. Im Rahmen zweier Grundlagenseminare in der Chemiedidaktik wurden zwei unterschiedliche Ansätze untersucht: Im ersten Seminar wurde das Thema *Theorien und Gesetze in der Chemie* als Bestandteil der grundlegenden fachdidaktischen Themen *Modelle* und *Experimente* behandelt. Die Studierenden beschäftigten sich in diesem Zusammenhang unter anderem mit erkenntnistheoretischen Grundlagen von Modellen (bspw. Kircher, 1976) und in diesem Zusammenhang auch mit Atomtheorien im zeitlichen Wandel (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr). Dabei wurde explizit behandelt, was eine naturwissenschaftliche Theorie ausmacht und anhand der Beispiele deutlich gemacht, dass solche Theorien nicht durch direkte Beobachtungen gewonnen werden können, sondern durch indirekte Schlussfolgerung und Abstraktion. Im Rahmen des Themenblocks zu Experimenten wurde eine Sitzung für erkenntnistheoretische Grundlagen (u. a. mit einem Ausschnitt aus Chalmers, 2007 als Literatur) genutzt, in der definiert wurde, was ein naturwissenschaftliches Gesetz ausmacht.

Sowohl vor als auch nach dieser expliziten Intervention wurde mittels offener Fragebögen ermittelt, welche Ansichten die 54 Teilnehmer über ausgewählte Aspekte der Natur der Naturwissenschaften haben, darunter die Natur chemischer Theorien und Gesetze. Dabei zeigte sich, dass zu Beginn des Seminars ausschließlich die bekannten Alltagsvorstellungen verbreitet waren, mit typischen Aussagen wie: „Aus Theorien entstehen Gesetze, Theorien werden so lange mit Beweisen hinterlegt bis daraus ein Gesetz entsteht." Trotz der expliziten Intervention konnten jedoch keine nennenswerten Verbesserungen erzielt werden, weshalb im darauf folgenden Seminar ein modifizierter Ansatz erprobt wurde.

Studie zu einem reflexiven, kontextualisierten Ansatz

Im Rahmen eines weiterführenden Seminars wurde die gleiche Thematik unter ähnlichen Bedingungen (zeitlicher Rahmen, etc.) vermittelt, allerdings mithilfe – für die Schule relevanter – historischer Fallbeispiele aus der Chemie als Kontext sowie deutlich mehr Zeit zur Reflexion im Plenum und individuell. Dabei wurden erarbeitet, wie sich die Gasgesetze (Boyle, Gay-Lussac), das Massenerhaltungsgesetz (Lavoisier, Lomonossow), die organische Strukturtheorie (Kekulé, van 't Hoff) und die anorganische Strukturtheorie (Werner) in ihrem historischen Kontext entwickelten und durchsetzten, um dazwischen immer wieder mit den Studierenden darüber zu diskutieren, wie sie unter diesen Eindrücken die Begriffe *Theorie* und *Gesetz* in einen Zusammenhang einordnen würden.

Die Vorstellungen der Studierenden wurden erneut mit zwei Fragebögen erhoben, die durch Portfolios ergänzt wurden, in dem die Studierenden ihre zeitlichen Lernfortschritte dokumentierten. Obwohl die klassischen Alltagsvorstellungen am Ende des Seminars teilweise immer noch vorhanden waren, zeigten sich jedoch im Gegensatz zur expliziten Studie deutliche Verbesserungen bei vielen Studierenden. Nun fanden sich in den offenen Fragebögen viele Aspekte von Theorien und Gesetzen wieder, die den Studierenden zuvor nicht bewusst gewesen waren, wie z. B. der kreative, abstrahierende Aspekt bei der Aufstellung von Theorien und ihr erklärender Charakter, oder der deskriptive Charakter von Gesetzen, die nicht mehr immer als absolute Wahrheiten wahrgenommen wurden.

Ausblick

Um die Aussagekraft der Ergebnisse zu unterstützen, wird der kontextualisierte Ansatz in weiteren Seminaren wiederholt werden. Zusätzlich zu den Fragebögen und Portfolios sollen Einzelinterviews ermöglichen, die Lernfortschritte detailliert zu untersuchen und festzuhalten.

Literatur

Ben-Ari, M. (2005). Just a theory: Exploring the nature of science. Amherst: Prometheus

Chalmers, A. F. (2007). Wege der Wissenschaft: Einführung in die Wissenschaftstheorie (6., verbesserte Aufl.). Berlin: Springer

Horner, J. K. & Rubba, P. A. (1979). The laws are mature theories fable. The Science Teacher, 46(2), 31

Kircher, E. (1976). Zum Modellbegriff und zu seiner Bedeutung für den naturwissenschaftlichen Unterricht. In J. Weninger & H. Brünger (Hrsg.), Atommodelle im naturwissenschaftlichen Unterricht (Bd. 1, S. 248–263). Weinheim: Beltz

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

Popper, K. R. (1976). Logik der Forschung (6., verb. Aufl.). Tübingen: Mohr Siebeck. (Original veröffentlicht 1934)

Vollmer, G. (2000). Was sind und warum gelten Naturgesetze? philosophia naturalis, 37, 205–240

Janina Pawelzik Universität Münster
Maria Todorova
Miriam Leuchter
Kornelia Möller

Entwicklung naturwissenschaftlicher Lehr-Lern-Überzeugungen im Studium

In der vorliegenden Studie wird untersucht, wie sich die Überzeugungen von Studierenden zum Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht im Laufe ihres Bachelor-Studiums entwickeln. Vor dem Hintergrund erster Ergebnisse wird diskutiert, welche Faktoren diese Entwicklung möglicherweise beeinflussen können.

Lehr-Lern-Überzeugungen von Lehrpersonen

Überzeugungen zum Lehren und Lernen sind eine wichtige Facette der professionellen Kompetenz von Lehrpersonen (z.B. Kunter & Pohlmann, 2015), die das Lehrerhandeln beeinflussen können (z.B. Staub & Stern, 2002; Reusser & Pauli, 2014). Ebenso sind sie bedeutsam für den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern (z.B. Kleickmann, 2008). Aus diesem Grund scheint es sinnvoll, bereits in der Ausbildung von Studierenden den Aufbau angemessener Überzeugungen anzustreben (Biedermann, Brühwiler & Krattenmacher, 2012). Überzeugungen von Lehrpersonen sind definiert als subjektive Annahmen und Wertvorstellungen, die persönlich für wahr gehalten werden (z.B. Kunter & Pohlmann, 2015; Richardson, 1996). Bei den Lehr-Lern-Überzeugungen umfassen diese Annahmen speziell schul- und unterrichtsbezogene Prozesse zum Lehren und Lernen; sie können fachspezifisch oder fächerübergreifend auf Lernprozesse im Allgemeinen ausgerichtet sein. Untersuchungen zur Entwicklung von Lehr-Lern-Überzeugungen fokussieren häufig auf die konstruktivistischen und transmissiven lerntheoretischen Überzeugungen von Lehrpersonen (Reusser & Pauli, 2014).

Entwicklung und Veränderung von Lehr-Lern-Überzeugungen

Überzeugungen gelten als relativ stabil und eher schwer zu verändern (Lortie, 1975), da sie sich über einen langen Zeitraum entwickeln und z.B. durch die eigene Schulbiografie, die formale Lehrerausbildung und persönliche Erfahrungen mitbedingt sind (Richardson, 1996). Querschnittsstudien konnten zeigen, dass Studierende zu Beginn ihres Studiums eher transmissive Überzeugungen aufweisen, während bei Studierenden am Ende des Studiums vermehrt konstruktivistische Überzeugungen vorliegen (Schlichter, 2012). Dagegen liegen bei Berufseinsteigenden verstärkt transmissive Überzeugungen vor (Richter et al., 2013). Dies deutet daraufhin, dass Überzeugungen veränderbar sind, wobei diese Veränderungen auch von den jeweiligen Lerngelegenheiten abhängig zu sein scheinen (Biedermann et al., 2012). So ermöglichen z.B. problemorientierte und authentische Lerngelegenheiten im Studium (Biedermann, Brühwiler & Steinmann, 2012) sowie konstruktivistisch orientierte Aus- und Weiterbildungen (Kleickmann, Tröbst, Jonen, Vehmeyer & Möller, 2015) die Veränderung von Überzeugungen. Auch spielen die Überzeugungen der Lehrerausbildenden eine Rolle für die Ausprägung der Überzeugungen von Studierenden (Steinmann & Oser, 2012). In der vorliegenden Studie werden daher die möglichen Veränderungen der Lehr-Lern-Überzeugungen von Studierenden im Bachelor-Studium in einem Längsschnittdesign untersucht. Dabei werden Studierende, die im Verlauf ihres Studiums ein spezielles Betreuungsangebot im Rahmen des sogenannten ITPP-Projektes wahrgenommen haben, mit Studierenden verglichen, die diese Lerngelegenheit nicht genutzt haben. Im Folgenden wird das ITPP-Projekt mit dem Betreuungsangebot durch speziell weitergebildete Lehrpersonen näher beschrieben.

Das ITPP-Projekt – praxisorientierte Lerngelegenheiten im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Das ITPP-Projekt (*I*ntegration von *T*heorie und *P*raxis – *P*artnerschulen) beschäftigt sich mit der Schaffung von authentischen und praxisbezogenen Lerngelegenheiten für Studierende, die von speziell qualifizierten Lehrpersonen betreut und begleitet werden. Aktuell nehmen 18 Lehrpersonen aus dem Regierungsbezirk Münster am Projekt teil. Sie werden an der Universität Münster über mehrere Jahre kontinuierlich für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht (weiter)qualifiziert und besuchen dazu regelmäßig Fortbildungsveranstaltungen und Workshops zu naturwissenschaftlichen Themen, die sie nach einiger Zeit selbst als Multiplikatoren leiten. Zudem nehmen sie gemeinsam mit den Studierenden an regulären Veranstaltungen aus dem Curriculum des Bachelor-Studiums im Sachunterricht teil. Dort arbeiten sie mit den Studierenden zusammen, betreuen deren Unterrichtsvorhaben und reflektieren diese nach der Durchführung gemeinsam. Darüber hinaus werden die ITPP-Lehrpersonen (ITPP-LP) auch zur Betreuung von Sachunterrichtsstudierenden in ihren universitären Praxisphasen eingesetzt. Mit der Einbindung von ITPP-Lehrpersonen in das reguläre Studium sollen praxisbezogene Lerngelegenheiten für die Studierenden geschaffen werden, durch die u.a. die Veränderung von Lehr-Lern-Überzeugungen zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht begünstigt werden soll.

Fragestellung

In der vorliegenden Studie wird die Frage untersucht, wie sich naturwissenschaftliche Lehr-Lern-Überzeugungen von Sachunterrichtsstudierenden im Verlauf des Bachelor-Studiums unter Berücksichtigung der Betreuung durch ITPP-Lehrpersonen entwickeln.

Methode

Die Stichprobe umfasst insgesamt 46 Sachunterrichtsstudierende der Universität Münster, die im Mittel 24 Jahre alt (*SD*=3,86) und zu 92% weiblich sind. 27 Studierende wurden in ihrem Bachelor-Studium von ITPP-Lehrpersonen (ITPP-Studierende) und 19 Studierende von anderen Lehrpersonen (Nicht-ITPP-Studierende) betreut. Einführende Analysen haben gezeigt, dass die ITPP-Lehrpersonen im Vergleich zu den Nicht-ITPP-Lehrpersonen stärkere konstruktivistische Überzeugungen aufweisen, sich aber nicht in ihren transmissiven Überzeugungen unterscheiden. Der Längsschnitt umfasste insgesamt fünf Messzeitpunkte innerhalb des Bachelor-Studiums (zu Beginn des 1. Semesters, zu Beginn des 3. Semesters, zu Beginn und zu Ende des 5. Semesters sowie zu Ende des 6. Semesters). Zu diesen Messzeitpunkten wurden jeweils die Überzeugungen der Studierenden zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen mittels eines standardisierten Fragebogens (in Anlehnung an Kleickmann, 2008) erhoben. Zur Auswertung wurden jeweils für die konstruktivistischen und transmissiven Überzeugungen univariate Varianzanalysen mit Messwiederholung gerechnet sowie anschließend wiederholte Kontraste durchgeführt.

Ergebnisse & Diskussion

Die Analysen zur Entwicklung der Überzeugungen im Verlauf des Bachelor-Studiums haben gezeigt, dass die konstruktivistischen Überzeugungen der Studierenden insbesondere zwischen dem dritten und fünften Semester ansteigen. Dabei sind auch Unterschiede zwischen ITPP- und Nicht-ITPP-Studierenden in der Entwicklung zu verzeichnen: während des 5. Semesters steigen die konstruktivistischen Überzeugungen von ITPP-Studierenden stärker an als bei den Nicht-ITPP-Studierenden. Die transmissiven Überzeugungen gehen in beiden Gruppen vor allem zu Beginn des Studiums zurück. Dabei verfügen die ITPP-Studierenden schon zu Beginn des Studiums über geringere transmissive Überzeugungen als die Nicht-ITPP-Studierenden. Die Ergebnisse können als Hinweis dafür gedeutet werden,

dass das Bachelor-Studium möglicherweise eine Zunahme der konstruktivistischen und eine Abnahme der transmissiven Überzeugungen begünstigen kann. Dabei stellt sich die Frage für zukünftige Studien, welche jeweiligen Lerngelegenheiten im Studium zu den einzelnen Zeitpunkten ursächlich für diese Veränderungen sein können.

Die Ergebnisse deuten zudem darauf hin, dass die Zusammenarbeit der Studierenden mit ITPP-Lehrpersonen mit einer Zunahme konstruktivistischer Überzeugungen bei den Studierenden einherzugehen scheint. Daher wird angenommen, dass die Begleitung durch ITPP-Lehrpersonen möglicherweise die Entwicklung konstruktivistischer Überzeugungen bei den Studierenden begünstigen kann. In der Entwicklung der transmissiven Überzeugungen gibt es allerdings keine Unterschiede zwischen ITPP- und Nicht-ITPP-Studierenden, was die Frage aufwirft, inwiefern die stärker konstruktivistisch orientierten ITPP-Lehrpersonen die Veränderung von transmissiven Überzeugungen überhaupt beeinflussen können. Vielmehr unterscheiden sich die Studierenden in diesem Bereich bereits von Anfang an, sodass zu klären wäre, welche Rolle die Eigenschaften der Studierenden für den Eintritt in die Betreuungssituation und für die Veränderung ihrer Überzeugungen im Verlauf der Zeit spielen.

Limitierend ist anzumerken, dass keine 1:1-Zuordnung zwischen Studierenden und Lehrpersonen hergestellt werden konnte, sodass die erkennbaren Veränderung nur auf Gruppenebene beschrieben werden konnten. Zugleich basieren diese Ergebnisse auf der Untersuchung einer ersten, kleinen Stichprobe. Um die angedeuteten Unterschiede besser beschreiben zu können und die Ergebnisse zu überprüfen, ist daher die Schaffung der Zuordnung zwischen den Lehr-Lern-Überzeugungen der Studierenden und Lehrpersonen sowie die Erweiterung der Stichprobe geplant.

Literatur

Biedermann, H., Brühwiler, C. & Krattenmacher, S. (2012). Lernangebote in der Lehrerausbildung und Überzeugungen zum Lehren und Lernen. Beziehungsanalysen bei angehenden Lehrpersonen. Zeitschrift für Pädagogik 58 (4), 460-475.

Biedermann, H., Brühwiler, C. & Steinmann, S. (2012). Making the Impossible Possible? Establishing Beleifs about Teaching and Learning during Teacher Training Courses. In J. König (Eds.), Teachers‘ Pedagogical Beliefs. Definition and Operationalisation – Connections to Knowledge and Performance – Development and Change. Münster: Waxmann, 37-52.

Kleickmann, T. (2008). Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis. Inaugural-Dissertation. Universität Münster.

Kleickmann, T., Tröbst, S., Jonen, A., Vehmeyer, J. & Möller, K. (2015). The effects of Expert Scaffolding in Elementary Science Professional Development on Teachers‘ Beliefs and Motivations, Instructional Practices, and Student Achievement. Journal of Educational Psychology. Advanced online publication. http://dx.doi.org/10.1037/edu0000041.

Kunter, M., & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (2. vollst. Überarb. U. aktual. Aufl.). Springer: Berlin & Heidelberg, 261-281.

Lortie, D. C. (1975). School teacher: A sociological inquiry. Chicago: University of Chicago Press

Reusser, K. & Pauli, C. (2014). Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In Terhart, E., Bennewitz, H., & Rothland, M. (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster: Waxmann Verlag, 642-661.

Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. Handbook of research on teacher education, 2, 102-119.

Richter, D., Kunter, M., Lüdtke, O., Klusmann, U., Anders, Y., & Baumert, J. (2013). How different mentoring approaches affect beginning teachers' development in the first years of practice. Teaching and Teacher Education, 36, 166-177.

Schlichter, N. (2012). Lehrerüberzeugungen zum Lehren und Lernen. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen.

Staub, F. C., & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. Journal of educational psychology, 94 (2), 344-355.

Steinmann, S. & Oser, F. (2012). Prägen Lehrerausbildende die Beliefs der angehenden Primarlehrpersonen? Shared Beliefs als Wirkungsgrößen in der Lehrerausbildung. Zeitschrift für Pädagogik 58 (4), 441-459.

Lars Oettinghaus[1]
Marvin Krüger[1]
Friederike Korneck[1]
Mareike Kunter[2]

Goethe-Universität Frankfurt am Main
[1]Institut für Didaktik der Physik
[2]Institut für Psychologie

Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität

Ein Teil der alltäglichen Entscheidungsprozesse von Lehrkräften im Unterricht wird theoretisch durch die professionelle Kompetenz der Lehrkräfte beeinflusst. Diese bedeutsame Funktion der professionellen Kompetenz ist daher Gegenstand bildungswissenschaftlicher und fachdidaktischer Forschung (Kunter et al., 2013a; Kunter et al., 2013b; Seidel et al., 2008; Vogelsang, 2014).

Theoretischer Hintergrund

Unter der professionellen Kompetenz von Lehrkräften werden verschiedene kognitive und affektive Kompetenzbereiche zusammengefasst (Shulman, 1986). Zu diesen gehören die Lehrerüberzeugungen, die sich laut Definition und empirischer Befundlage auf das professionelle Handeln von Lehrkräften beziehen (Voss et al., 2013; Fives & Buehl, 2012; Cornelius-White, 2007; Pajares, 1992) Im Konkreten beziehen sich Lehrerüberzeugungen auf Einstellungen und Werthaltungen zu unterrichtsbezogenen Phänomenen und Prozessen (Pajares, 1992; Fives & Buehl 2012). Ein in den letzten Jahren verfolgtes Ziel der Forschung im Rahmen der Lehrerüberzeugungen war es, Lehrkräfte bezüglich eines kognitiv konstruktivistischen Professionsideals zu klassifizieren (Peterson et al., 1989; Staub & Stern, 2002; Voss et al., 2013).

Ein zentraler Befund zur Struktur der Lehrerüberzeugungen ist die Mehrdimensionalität dieses Professionsideals (Lamprecht, 2011; Voss et al., 2013). Die konstruktivistische Orientierung von Lehrkräften ist somit als mehrdimensionales Konstrukt mit den Dimensionen Überzeugung zum selbstständigen Lernen und Überzeugung zum transmissiven Lernen zu verstehen.

Die Überzeugungen zum selbstständigen Lernen beziehen sich auf das diskursive selbstständige Lernen und sind im naturwissenschaftlichen Unterricht stark mit dem Experimentieren der Schüler sowie dem Alltagsbezug des Unterrichts verbunden (Lamprecht, 2011; Voss et al. 2013). Damit haben sie auch einen Bezug zu den unterstützenden und lernförderlichen Unterrichtselementen. Die Überzeugungen zum transmissiven Lernen beziehen sich auf Unterrichtselemente, die eine direkte Informationsvermittlung im Unterricht verfolgen (Lamprecht, 2011; Voss et al., 2011). Das kognitiv konstruktivistische Professionsideal setzt sich dementsprechend aus der Befürwortung des selbständigen Lernens und der gleichzeitigen Ablehnung des transmissiven Lernens zusammen (Askew et al., 1997; Lamprecht, 2011).

Neben der Lehrerüberzeugung bezieht sich auch die Unterrichtsqualität auf unterrichtsbezogene Phänomene. Letztere wird in drei Kategorien eingeteilt: Kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung und Klassenführung (Kunter & Trautwein, 2013). Transmissive Unterrichtselemente sind dabei Indikatoren für eine geringe kognitive Aktivierung und selbstständiges Lernen wird als Indikatoren für konstruktive Unterstützung gesehen (Lipowsky et al., 2009; Vogelsang, 2014).

Fragestellung

Ziel dieses Beitrages ist es, den Zusammenhang zwischen Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität bei Physiklehramtsstudierenden zu beschreiben. Dabei soll untersucht werden, ob sich der positive Zusammenhang zwischen der Überzeugung zum

selbstständigen Lernen und der konstruktiven Unterstützung (H1), wie auch der negative Zusammenhang zwischen der Überzeugung zum transmissiven Lernen und der kognitiven Aktivierung (H2) empirisch für die Physik bestätigen lässt.

Methode

Das diesem Beitrag zugrunde liegende Projekt Φactio befasst sich mit dem Unterrichtshandeln in miniaturisierten Unterrichtseinheiten von Physiklehramtsstudierenden. Die Stichprobe basiert auf der Befragung und Beobachtung von Studierenden des Haupt- und Realschul- sowie des gymnasialen Lehramtes, die zwischen dem Wintersemester 2011/12 und dem Sommersemester 2014 an einer obligatorischen Lehrveranstaltung in Frankfurt a. M. teilgenommen haben. Es handelt sich folglich um eine standortspezifische Vollerhebung. Für die vorliegenden Analysen konnten Daten von 75 der insgesamt 94 Studierenden berücksichtigt werden.

Jeder Proband unterrichtet in dieser Lehrveranstaltung zwei Unterrichtsminiaturen (12 Minuten) vor je einer Klassenhälfte (Mittelstufe) mit einem Freihandexperiment aus der Mechanik. Trotz dieser Einschränkungen sind die resultierenden Unterrichtsminiaturen inhaltlich abgeschlossen und keine Unterrichtsausschnitte (Korneck et al., 2015). Das weitere Erhebungssetting ist in die Lehrveranstaltung integriert: In einer Vorerhebung wird die kognitiv konstruktivistische Orientierung durch einen Selbstbericht mit den beiden o. g. Subdimensionen (Fennema et al., 1990; Staub & Stern, 2002) erfasst. Die Qualität der Unterrichtsminiaturen wird von durchschnittlich zehn hospitierenden Peers mit einem an das Setting adaptierten Messinstrument der COACTIV-Studie (Baumert et al., 2009) beurteilt.

Beide Skalen der Lehrerüberzeugungen wurden manifest konstruiert und haben ausreichende bis gute Reliabilitäten (α=.73-.82). Die einzelnen Subdimensionen der beiden betrachteten Unterrichtsqualitätsmerkmale wurden in einem zweischrittigen Verfahren im Rahmen der IRT beschrieben und darauffolgend in einem Mehrebenen-Strukturgleichungsmodell latent modelliert. Sie konnten reliabel (α=.68-.70; ICC(2)=.82-.83) operationalisiert werden.

Darauf aufbauend werden in erweiterten Modellen bivariate und multivariate Zusammenhänge der Unterrichtsqualität und der professionellen Kompetenz beschrieben. Die Modellpassung liegt im guten Bereich.

Ergebnisse und Diskussion

Die multiplen Regressionsmodelle zeigen vorab, dass zehn Prozent der konstruktiven Unterstützung und elf Prozent der kognitiven Aktivierung durch die Lehrerüberzeugungen erklärt werden können. Damit wird eine wichtige theoretische, aber empirisch schwer zu belegende Eigenschaft der Lehrerüberzeugungen bestätigt. Darüber hinaus ist es möglich, Unterrichtsqualität und Lehrerüberzeugungen auch strukturell stärker aufeinander zu beziehen. Die beiden Bereiche der Unterrichtsqualität konstruktive Unterstützung und kognitive Aktivierung lassen sich theoretisch und empirisch auf die Überzeugung zum selbstständigen Lernen und die Überzeugung zum transmissiven Lernen beziehen. Die Korrelationsmodelle zeigen einen signifikanten positiven Effekt zwischen konstruktiver Unterstützung und der Überzeugung zum selbstständigen Lernen sowie einen signifikanten negativen Effekt zwischen der kognitiven Aktivierung und der Überzeugung zum transmissiven Lernen. Durch diese Ergebnisse konnten Hypothese 1 und Hypothese 2 bestätigt werden. Ein nächster, auf diesen Ergebnissen aufbauender Schritt ist, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität theoretisch und empirisch stärker aufeinander zu beziehen. Bisher wird dieser Ansatz jedoch dadurch begrenzt, dass sich diese Gemeinsamkeit zwischen beiden Konstrukten nur eingeschränkt in den bisherigen Operationalisierungen wiederfinden lässt. Um die Annahme einer gemeinsamen Struktur von Unterrichtsqualität und Lehrerüberzeugungen weiter zu prüfen, werden insbesondere für

die Lehrerüberzeugungen Messinstrumente benötigt, die sich auf ein mit der Unterrichtsqualität vergleichbares Spektrum von Unterrichtselementen beziehen.

Literatur

Askew, M., Brown, M., Rhodes, V., Wiliam, D., Johnson, D., et al. (1997). Effective Teachers of Numeracy: Report of a study carried out for the Teacher Training Agency. London: King's College, University of London

Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U. et al. (2009). Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV). Dokumentation der Erhebungsinstrumente (Bd. 83). Berlin: Max-Planck-Inst. für Bildungsforschung

Fennema, E., Carpenter, T. P., & Loef, M. (1990). Teacher belief scale: Cognitively guided instruction project. Madison: University of Wisconsin

Fives, H., & Buehl, M. M. (2012). Spring cleaning for the “messy” construct of teachers’ beliefs: What are they? Which have been examined? What can they tell us? In K. R. Harris, S. Graham, T. C. Urdan, G. M. Sinatra & J. Sweller (Hrsg.), APA educational psychology handbook. Vol 1 : theories, constructs, and critical issues (APA handbooks in psychology, 1st ed, S. 471–499). Washington, DC: American Psychological Association

Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M., & Redinger, R. (2015). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele (1. Aufl,). Weinheim: Beltz Juventa

Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U., & Richter, D. (2013). The Development of Teachers’ Professional Competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers. Results from the COACTIV project (Mathematics teacher education, v. 8, S. 63–77). New York: Springer

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

Kunter, M., & Trautwein, U. (2013). Psychologie des Unterrichts. Paderborn: Ferdinand Schöningh.

Lamprecht, J. (2011). Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz: Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik (Bd. 125). Berlin: Logos.

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. Learning and Instruction, 19 (6), 527–537

Pajares, M. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. Review of Educational Research, 62 (3), 307–332.

Peterson, P. L., Fennema, E., Carpenter, T. P., & Loef, M. (1989). Teachers' Pedagogical Content Beliefs in Mathematics. Cognition and Instruction, 6 (1), 1–40

Seidel, T., Schwindt, K., Rimmele, R., & Prenzel, M. (2008). Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 10, 259–276.

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

Staub, F. C., & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. Journal of Educational Psychology, 94 (2), 344–355

Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz (Bd. 174). Berlin: Logos Berlin

Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M., & Hachfeld, A. (2013). Mathematics Teachers’ Beliefs. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers. Results from the COACTIV project (Mathematics teacher education, v. 8, S. 249–271). New York: Springer

Philipp Straube Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier

Physikalische Erkenntnisgewinnung im Lehramtsstudium
Ergebnisse eines Quasi-Längsschnitts

Einleitung

Die Professionelle Kompetenz von Lehrenden unterteilt sich in die drei Bereiche Fachwissen, Pädagogisches Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen (Baumert & Kunter, 2006). Ein wesentlicher Teil des Fachwissens ist auch das Science Syntactic Knowledge, welches umfasst, wie in einer Wissenschaft neues Wissen generiert wird. Einem Wissen über diese Methoden der Erkenntnisgewinnung wird aus theoretischer Perspektive ein positiver Einfluss auf den Unterricht, aber auch auf die Aneignung von neuem Fachwissen zugesprochen (Grossman, Wilson, & Shulman, 1989). Zugleich gibt es über den Einfluss von syntaktischem Wissen auf den Unterricht aber nur wenige empirische Befunde und auch der Kompetenzstand von Studierenden oder aktiven Lehrern ist bislang weitgehend unerforscht (für einen Überblick siehe Abell, 2007; van Driel, Berry, & Meirink, 2014). Dies kann damit zusammenhängen, dass der Bereich der universitären Hochschullehre in der Kompetenzforschung bislang vernachlässigt wurde (Zlatkin-Troitschanskaia & Kuhn, 2010). Im Rahmen des Projekts „Ko-WADiS“ wurde nun ein Testinstrument zur Erfassung der Struktur und der Entwicklung der Kompetenzen Lehramtsstudierender mit naturwissenschaftlichen Fächern im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung konstruiert und validiert.

Theorie

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung wird durch Popper als ein hypothesengeleitetes Forschen beschrieben. Die Grundlage dieser Methode ist die Falsifikation und damit die Annahme, dass Hypothesen durch eine Prüfung niemals verifiziert, aber falsifiziert werden können (Popper, 1984). Aus kognitionspsychologischer Sicht werden diese Methoden international unter dem Label Scientific Reasoning beschrieben (z. B. Giere, Bickle, & Mauldin, 2006). Dabei werden zwei Arten von Erkenntnisprozessen unterschieden: sog. starke, fachspezifische Methoden (z. B. der Umgang mit bestimmten Geräten) und sog. schwache, fächerübergreifende Methoden (Klahr, 2000): Auch wenn verschiedene Wissenschaftsdisziplinen unterschiedliche Fachinhalte haben, so wird davon ausgegangen, dass sich VertreterInnen verschiedener Disziplinen über das Vorgehen beim Experimentieren (z. B. das Aufstellen von Hypothesen, die Entscheidung über Annahme oder Verwurf einer Hypothese) unabhängig vom Fachinhalt verständigen können (ebd.). Diese schwachen Methoden werden durch Mayer (2007) als wissenschaftliches Problemlösen beschrieben und in ein Kompetenzmodell übersetzt. Neben dem Experimentieren wird auch die Rolle von Modellen für das scientific Reasoning betont (Giere et al., 2006). Dieses wird durch Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) in einem Kompetenzmodell zum Nutzen von Modellen beschrieben.

Fragestellungen

Zentrale Fragestellungen dieses Projekts umfassen die Struktur und die Entwicklung der Kompetenz im Rahmen des Studiums. Die hier dargestellten Fragestellungen und Ergebnisse beziehen sich auf die Teilstichprobe der Physikstudierenden.

F1: Wie entwickelt sich die Kompetenz der Erkenntnisgewinnung im Studienverlauf?

F2: Gibt es Unterschiede in der Kompetenzentwicklung zwischen Lehramtsstudierenden und Fachstudierenden?

Methodik

Im Projekt „Ko-WADiS“ wurden diese beiden Modelle zu einem Modell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung kombiniert. Dabei war die Idee einer fächerübergreifenden Erkenntnisgewinnungskompetenz forschungsleitend. Ausgehend von diesem Modell wurden Testitems konstruiert und pilotiert (siehe Straube, Stiller, Tiemann, & Nordmeier, 2014).

Die Items wurden im Multi-Matrix-Design bei Studierenden der Biologie, Chemie und Physik (jeweils mit und ohne Lehramtsbezug) an der Freien Universität Berlin und der Humboldt Universität zu Berlin, sowie anderen Deutschen und Österreichischen Universitäten eingesetzt.

Die Auswertung erfolgte mit Hilfe eines Raschmodells und der Software Conquest (Adams, Wu, & Wilson, 2012). Nach einer Itemselektion und DIF-Kontrolle erfolgte zunächst eine Normierung auf Basis aller Probanden. Eine für die Gesamtkohorte durchgeführte Dimensionsanalyse zeigte die beste Passung für ein eindimensionales Modell (Hartmann et al., 2015). In ein latentes Regressionsmodell wurden die Prädiktoren Studienphase (unterteilt in BA1 = 1.+2. Semester Bachelor, BA2 = 3. Semester und höher Bachelor, Master = alle Studierenden im Master), Lehramt und weiblich aufgenommen und fünf Plausible Values (Wu, 2005) pro Proband exportiert. Die drei Prädiktoren wurden in eine faktorielle ANOVA (Field, 2009) mit dem ersten PV als abhängige Variable aufgenommen.

Ergebnisse

H1: Die Kompetenzen der Physikstudierenden steigen im Studienverlauf an.

Die ANOVA wird für den Prädiktor Studienphase signifikant ($F(2,670)=30,9$; $p<0,001$). Beide Paarvergleiche zwischen den Studienphasen BA1 und BA2 ($t(493)=-2,615$; $p<0,005$; $d=0,446$) und BA2 und Master ($t(493)=-6,963$; $p<0,001$; $d=0,645$) werden ebenfalls signifikant. Die Hypothese wird demnach durch die Ergebnisse gestützt.

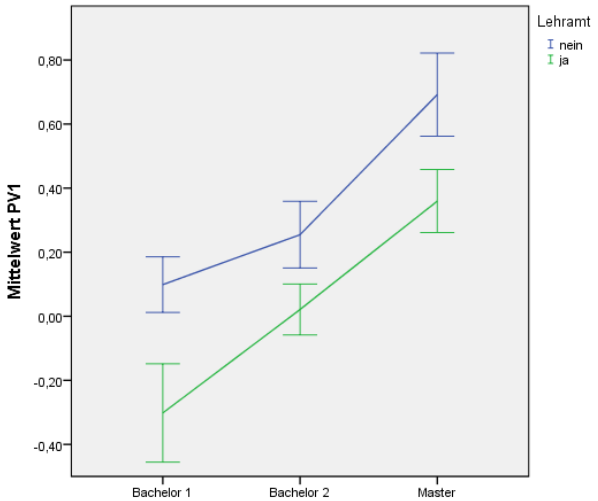


Abb1: Kompetenzentwicklung Lehramt und Fachstudierende Physik im Studienverlauf

H2: Die Kompetenzentwicklung von Lehramtsstudierenden und Fachstudierenden der Physik unterscheidet sich nicht.

Die ANOVA wird für die Interaktion der Prädiktoren Studienphase und Lehramt nicht signifikant ($F(2,670)=0,451$; $p=141$). Die Teststärke ($1-\beta \geq 0,9$ für $\eta^2 > 0,02$) ist ausreichend um mittlere bis große Effekte unwahrscheinlich zu machen. Die Hypothese kann daher zumindest für mittlere und starke Effekte angenommen werden.

Diskussion

Im Rahmen dieser Studie wurde ein Testinstrument zur Erhebung der Kompetenzen Studierender im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung konstruiert. Die Ergebnisse der untersuchten Fragestellungen in Bezug auf die Teilstichprobe der Physikstudierenden zeigen, dass innerhalb des Studiums eine kontinuierliche Kompetenzentwicklung stattfindet, die sich zwischen dem Lehramtsstudium und dem Fachstudium der Physik nicht unterscheidet. Beiden Ausbildungsformen scheint die Kompetenzförderung demnach im gleichen Maße zu gelingen, so dass keine Entscheidung zwischen der z. B. impliziten Förderung im Rahmen spezifischer Lehrveranstaltungen wie Experimentalpraktika und der eher expliziten Förderung innerhalb der Fachdidaktik-veranstaltungen o. ä. möglich ist.

Literatur

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105–1150). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Adams, R., Wu, M., & Wilson, M. (2012). ConQuest 3.0.1: Australian Council for Educational Research.

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9*(4), 469–520. doi:10.1007/s11618-006-0165-2

Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3. ed., reprinted 2009 (twice)). Los Angeles, Calif.: Sage.

Giere, R. N., Bickle, J., & Mauldin, R. F. (2006). *Understanding scientific reasoning* (5th ed). Belmont, CA: Thomson/Wadsworth.

Grossman, P. L., Wilson, S. M., & Shulman, L. (1989). Teacher ob Substance: Subject Matter Knowledge for Teaching. In M. C. Reynolds (Ed.), *Knowledge Base for the Beginning Teacher* (pp. 23–36). Oxford: Pergamon Press.

Hartmann, S., Mathesius, S., Stiller, J., Straube, P., Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2015). Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In B. Koch-Priewe, A. Köker, J. Seifried, & E. Wuttke (Eds.), *Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte* . Bad Heilbrunn: Klinkhart.

Klahr, D. (2000). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 177–184). Berlin, Heidelberg: Springer.

Popper, K. R. (1984). *Logik der Forschung* (8th ed.). *Einheit der Gesellschaftswissenschaften: Vol. 4*. Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck).

Straube, P., Stiller, J., Tiemann, R., & Nordmeier, V. (2014). Ko-WADiS | Aspekte der Itemkonstruktion. In S. Bernholt (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (pp. 162–164). Kiel: GDCP. Retrieved from http://www.gdcp.de/images/tb2014/TB2014_162_Straube.pdf

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

van Driel, J., Berry, A., & Meirink, J. (2014). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (2nd ed., pp. 848–870). Routledge.

Wu, M. (2005). The role of plausible values in large-scale surveys. *Studies in Educational Evaluation, 31*(2-3), 114–128. doi:10.1016/j.stueduc.2005.05.005

Zlatkin-Troitschanskaia, O., & Kuhn, C. (2010). Messung akademisch vermittelter Fertigkeiten und Kenntnisse von Studierenden bzw. Hochschulabsolventen: Analyse zum Forschungsstand. *Arbeitspapiere WP*, (56), 1–33.

Dominique Rosenberg Europa-Universität Flensburg
Maike Busker

Aufgaben in der Hochschullehre - Erkenntnisse einer Interviewstudie

Ausgangslage

Für die mathematisch-naturwissenschaftlichen Studiengänge weisen Studienabbruchquoten auf Schwierigkeiten im Übergang von Schule und Hochschule hin. Bisherige Arbeiten fokussieren weitestgehend Prädikatoren, wie Vorwissen, Interesse, Selbstkonzept oder Anforderungen und Erwartungen im ersten Studienjahr (BRINKWORTH ET AL. 2009, HEUBLEIN, SCHMELZER & SOMMER 2008). Die Gestaltung und Konzeption von Lehr- und Lernprozessen im Hochschulbereich werden bisher kaum betrachtet. Ein bedeutendes Gestaltungselement in Lernprozessen stellen Aufgaben dar. Diese sind vielseitig hinsichtlich ihrer Gestaltung, Verwendung und Einsatzmöglichkeiten (HOFFMANN-OCON ET AL. 2012) und können verschiedene Funktionen, wie die Entwicklung und Strukturierung von Inhalten, die Aneignung von Wissen sowie die Diagnose und Leistungsüberprüfung erfüllen (WOEST, 2004, STÄUDEL & WOEST 2004). Sowohl im schulischen als auch im hochschulischen Bereich nehmen Aufgaben eine bedeutende Rolle bei Lernprozessen ein (GRAF 2000). So werden beispielsweise in der Hochschullehre des Faches Chemie Aufgaben im Rahmen von Übungsseminaren eingesetzt. Aufgrund des Einsatzes von Aufgaben in der universitären Lehre sowie fehlende Untersuchungen hinsichtlich der Lern- und Lehrprozesse in diesem Bereich stellt die Untersuchung der Aufgabenkultur in der universitären Lehre im Fach Chemie ein Forschungsdesiderat dar.

Zielsetzung und Forschungsfragen

Im Rahmen eines Dissertationsprojekts soll der Einsatz von Aufgaben in der Hochschule im Fach Chemie untersucht werden. Ziel ist es, die Aufgabenkultur aus Sicht der Hochschuldozierenden und Studierenden zu charakterisieren und zu untersuchen, ob sich Unterschiede in den Teildisziplinen anorganische, organische und physikalische Chemie aufzeigen lassen. Dabei stehen folgende ausdifferenzierte Teilforschungsfragen im Fokus des Interesses:

- Nach welchen Merkmalen konzipieren und wählen die Dozierenden Aufgaben aus?
- In welchen Veranstaltungen und mit welcher Zielsetzung werden Aufgaben eingesetzt?
- Wie schätzen Professorinnen und Professoren das Angebot von Aufgaben aus Lehrbüchern ein und nutzen sie dieses?
- Welche Merkmale sind bei Aufgaben für die Hochschuldozierenden besonders wichtig?
- Welche Bedeutung besitzen Aufgaben nach Einschätzung der Dozierenden für das Chemiestudium?

Methodisches Design

Für die Untersuchung dieser Forschungsfragen wurde im Rahmen des Forschungsprojekts eine qualitative Interviewstudie mit Hochschuldozierenden des Faches Chemie durchgeführt. An der Befragung nahmen 24 Professorinnen und Professoren der Fachbereiche anorganische, organische und physikalische Chemie von 22 Universitäten deutschlandweit teil. Die Interviews wurden per Telefon durchgeführt und dauerten in der Regel zwischen 20 und 30 Minuten. Die Grundlage der qualitativen Studie bildet ein strukturierter, zweigeteilter Interviewleitfaden, der im ersten Teil Fragen hinsichtlich der Konzeption, Verwendung, Zielsetzung und Bedeutung von Aufgaben und im zweiten Teil zwei Aufgaben aus dem jeweiligen Fachbereich enthält. Diese beiden Aufgaben wurden kurz vor Beginn des Interviews an die Hochschuldozierenden versendet. Im Rahmen der Befragung schätzten die

Professorinnen und Professoren die Aufgaben hinsichtlich der lernförderlichen und lernhinderlichen Faktoren sowie ihrer Lösbarkeit ein. Zusätzlich wurden sie gebeten, selbst einen Lösungsweg zu skizzieren, den sie von Studierenden bei diesen Aufgaben erwarten würden. Nach der Erhebung der Daten wurden die Interviews transkribiert und anonymisiert. Die Auswertung der Daten erfolgte nach der zusammenfassenden Inhaltsanalyse (MAYRING 2008), indem für eine Strukturierung der Daten Codes am Material erarbeitet wurden. Anschließend erfolgte eine Kategorienbildung durch die induktive Vorgehensweise.

Ausgewählte Ergebnisse

Bei der Auswertung der Interviews zeigt sich deutlich, dass Aufgaben vorrangig in Übungen eingesetzt werden. Nur in wenigen Fällen werden sie in Vorlesungen verwendet. Wenn Aufgaben in diesem Rahmen eingesetzt werden, dienen sie zur Veranschaulichung von Rechenbeispielen in Vorlesungen der physikalischen Chemie. Viele Professorinnen und Professoren gestalten die Aufgaben für die Übungen selbst, jedoch werden diese in der Regel von Mitarbeitenden durchgeführt. In einigen Fällen erstellen diese nach Absprache mit den Hochschuldozierenden die Aufgaben auch selbst. Die Konzeption der Aufgaben erfolgt somit überwiegend in direkter oder indirekter Weise durch die Professorinnen und Professoren.

Das am häufigsten genannte Merkmal bei der Erstellung von Aufgaben ist der Inhalt der Vorlesung. Weiterhin bezeichnen viele Interviewte die Eindeutigkeit bei Inhalt und Formulierung von Aufgaben (siehe Tab. 1, Zitat 1) sowie eine Mischung von Aufgabentypen und deren Schwierigkeitsgrade auf Übungsblättern (siehe Tab. 1, Zitat 2) als sehr wichtig. Die Professorinnen und Professoren führen jedoch auch an, dass ihnen eine eindeutige Formulierung und Mischung von Schwierigkeitsgraden und Typen sehr schwer falle, da sie die Studierenden oftmals in dieser Hinsicht nicht einschätzen könnten. So wird von einzelnen Dozierenden angegeben, dass auch wenn für sie eine Aufgabe als eindeutig formuliert erschien, die Studierenden dennoch Verständnisprobleme hätten. Ebenso nennen Dozierende bezüglich der Aufgabenschwierigkeit, dass Aufgaben, die sie als einfach einschätzen, den Studierenden Probleme beim Bearbeiten und Lösen bereiten. Interessanterweise berücksichtigen viele der befragten Dozenten das Vorwissen und den Leistungstand von Studierenden bei der Konzeption und Auswahl von Aufgaben nicht.

Nr.	Dozent	Zitat
Zitat 1	H, AC	„Die Eindeutigkeit ist sehr, sehr wichtig bei den Aufgaben.“
Zitat 2	U, OC	„… dann natürlich auch der Schwierigkeitsgrad von einfach bis hin zu schwer, dass das gesteigert wird.“
Zitat 3	C, AC	„Für den Studenten geht es um die Vertiefung des Wissens …“
Zitat 4	R, OC	„… den Transfer auf ähnliche Probleme bewältigen können.“
Zitat 5	B, OC	„Na ganz entscheidend. […] Man kann die Stofffülle nicht auswendig lernen. Das heißt, über das Einüben von möglichst vielen Beispielen wird man einfach sicherer und entwickelt so ein bisschen, ein chemisches Gefühl. Und das ist […] mehr wert als viel antrainiertes, auswendig gelerntes Wissen.“

Tab. 1: Ausgewählte Zitate

Die Aufgaben für die Übungen und Klausuren formulieren die Professorinnen und Professoren in den überwiegenden Fällen frei, da die Inhalte der eigenen Vorlesung die Basis der Aufgaben bildet. Die Aufgaben aus Lehrbüchern und Aufgabensammlungen von anderen Kollegen nutzen die Hochschuldozierenden lediglich als Anregungen hinsichtlich gestalterischer Merkmale. Sollten sie die Aufgaben aus Lehrbüchern nutzen, verändern sie diese, um sie an die Inhalte ihrer Vorlesung anzupassen. Das Aufgabenangebot in

Lehrbüchern wird von den Dozierenden aus der organischen und physikalischen Chemie als ausreichend angesehen, die Qualität der Aufgaben sei allerdings sehr „durchwachsen“. Viele Aufgaben seien ihrer Ansicht nach für die Studieneingangsphase geeignet, jedoch fehle für weiterführende und spezielle Thematiken entsprechendes Material. Die befragten Dozierenden aus dem Bereich der anorganischen Chemie befinden das Angebot sowie auch die Qualität der Aufgaben aus Lehrbüchern als eher unzureichend.
In den Übungen werden Aufgaben in allen drei Fachbereichen mit dem Ziel des Übens und Festigens (siehe Tab. 1, Zitat 3), der Prüfungsvorbereitung und als Anwendung auf aktuelle Inhalte aus der Forschung eingesetzt. Darüber hinaus benennen die Befragten des Fachbereichs Organische Chemie noch Problemdenken (siehe Tab 1, Zitat 4) und Wissensaneignung als Ziel. Beim Aufgabenziel „Prüfungsvorbereitung“ zeigt sich deutlich in den Interviews, dass die Studierenden aus Sicht der Befragten nicht nur die Inhalte der Vorlesung für die Prüfung festigen, sondern auch die individuellen Gestaltungs- und Aufgabentypen der einzelnen Dozierenden kennen lernen sollen. Die Dozierenden erhoffen sich dadurch, dass die Studierenden eine Sicherheit in der Prüfung bekommen, wenn diese ihren Stil der Aufgabenkonzeption bereits kennen.
Zum Abschluss des ersten Teils des Interviews wurden alle Teilnehmer gefragt, wie sie die Bedeutung von Aufgaben für das Studium allgemein einschätzen. Es zeigt sich sehr deutlich, dass der überwiegende Teil der Professorinnen und Professoren nicht auf Aufgaben als Lernmedium verzichten möchte, wie das Zitat 5 in Tabelle 1 veranschaulicht.

Ausblick

Die Interviewstudie berücksichtigt bisher nur die Perspektive zum Einsatz von Aufgaben in der Hochschullehre aus Sicht von Professorinnen und Professoren. In einer weiteren Interviewstudie, die bereits erhoben wurde und sich derzeit in Auswertung befindet, wurden Studierende zur Verwendung und Einschätzung von Aufgaben aus dem Studium befragt. Darüber hinaus werden Aufgaben von Dozierenden und aus Lehrbüchern analysiert. Diese Ergebnisse sollen dann gemeinsam mit der in diesem Artikel beschrieben Interviewstudie für eine Charakterisierung der Aufgabenkultur im Fach Chemie genutzt werden.

Literatur

Brinkworth, R., McCann, B., Metthews, C. & Nordström, K. (2009). First year expectations and experiences: student and teacher perspectives. Higher Education, 58(2), 157-173

Graf, E. (2000). Aufgaben gut stellen und richtig beantworten – Tipps für Lehrende und Lernende. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 56, 35-38

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

Hoffmann-Ocon, A., Metz, P. & Oesch, D. (2012). Aufgabenkulturen in historischer Perspektive: Didaktische Diskurse in den Zeitschriften „Schulpraxis“ und „neue Schulpraxis“. In: Keller, S. und Bender, U. (Hrsg): Aufgabenkulturen. Fachliche Lernprozesse herausfordern, begleiten, reflektieren. Seelze, 62-80

Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse. In: Flick, U., Kardorff, E. & Steinke, I. (Hrsg). Qualitative Forschung, Reinbeck bei Haburg, 468-475

Stäudel, L. & Woest, V. (2004). Themenheft Aufgaben. Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie, 82/83

Woest, V. (2004). Aufgabenformate. Naturwissenschaften im Unterricht, 82, 7-13

Markus Bohlmann Universität Münster

Ergebnisse eines Systematic Reviews der Science Education

Die systematische Zusammenfassung (Systematic Review) (Gough, Oliver, & Thomas, 2012) ist eine in der Medizin und im internationalen Educational Research verbreitete Methode, um Forschungsergebnisse in selbst für Experten unübersichtlichen Forschungsfeldern nach bestimmten vorher definierten Fragestellungen zusammenzufassen (Antman, Lau, Kupelnick, Mosteller, & Chalmers, 1992). Durch Studien von Gene Glass bis John Hattie hat sich vor allem die Metaanalyse als Zusammenfassung von Forschungen zum Lehren und Lernen etabliert (Glass, 1987, 2000; Hattie, 2015). Die Metaanalyse ist eine statistische Möglichkeit, Effektstärken von randomisierten und kontrollierten Experimenten zusammenzuführen. Systematic Reviews bieten darüber hinaus aber auch die Möglichkeit der Synthese qualitativer Forschung und der Analyse der Struktur eines Forschungsfeldes. Entscheidend sind in dieser neuen Form datenbasierter Wissenschaft elaborierte Methoden der Suche, Sichtung und Kodierung einer erschöpfenden Anzahl von Studien im Feld, so dass das Ergebnis keinen Bias aufweist (bei aggregativen, eher quantitativen Ansätzen) bzw. kohärent ist (bei konfigurativen, eher qualitativen Ansätzen) (Sandelowski, Voils, & Barroso, 2006). Je nach Forschungsfrage gibt es dann unterschiedliche Synthesemethoden, von der ethnographischen Übersetzung von Studien ineinander (Noblit & Hare, 1988; Toye et al., 2014) bis hin zu der Integration von qualitativen und quantitativen Studien in bayesschen Netzen (Voils et al., 2009). Mit dem What Works Clearinghouse, dem EPPI-Centre, dem Danish Clearinghouse, der internationalen Campbell Collaboration und jüngst dem Clearinghouse an der TUM School of Education existieren mittlerweile Institutionen, die solche Reviews elaboriert durchführen. Reviews werden inzwischen auch in Deutschland als Desiderat der Forschung benannt (Bromme, Prenzel, & Jäger, 2014).

Das hier beschriebene Review war ein Teil meiner Dissertation und hatte zum Ziel, die Struktur des Forschungsfeldes der Science Education, also der internationalen Didaktik der Naturwissenschaft, zu skizzieren, um im nächsten Schritt hieraus eine Synthese zu bilden. Das gesamte Review war der Frage gewidmet, ob sich durch eine Synthese der Science Education wieder eine ähnliche Struktur zeigt, wie sie die Allgemeine Didaktik bot.

Das Feld der Science Education ist nicht nach Themen, Methoden oder Problemgebieten strukturiert, sondern definiert sich über Forschungsprogramme, die sich um einen psychosozialen Mechanismus herum bilden. Ein Beispiel hierfür ist die Conceptual Change Theorie, die sowohl die Existenz von Konzepten (Schülervorstellungen) als auch einen Mechanismus des Wandels dieser Konzepte postuliert. Diese Mechanismen zeigen sich in Inskriptionen (z.B. Vosniadou & Brewer, 1990, 1992), Forscher als Akteure gehen mit ihnen eine Verbindung ein und „machen“ fortan Conceptual Change, Nature of Science, SSI, Interesse, Learning Progressions und so weiter (Latour & Woolgar, 1979; Latour, 1987). Es ist aber im Feld unklar, welche Forschungsprogramme es gibt und in welcher Beziehung diese zueinander stehen. Als erster Schritt im Review wurde eine Suche nach diesen Forschungsprogrammen durchgeführt auf Basis folgender Grundannahme: Wenn Forschungsprogramme für Forscher im Feld der Science Education soziale Funktionen haben, so gibt es Artikel, sog. „Critical Reviews“, die ein Forschungsfeld abgrenzen und die Spielregeln dieser Forschung definieren. Um solche „Critical Reviews“ zu finden wurden insgesamt 8025 Zeitschriftenartikel in den Online-Datenbanken von 20 Journals der Jahrgänge 2003-2013 durchsucht (Cultural Studies of Science Education, Education in

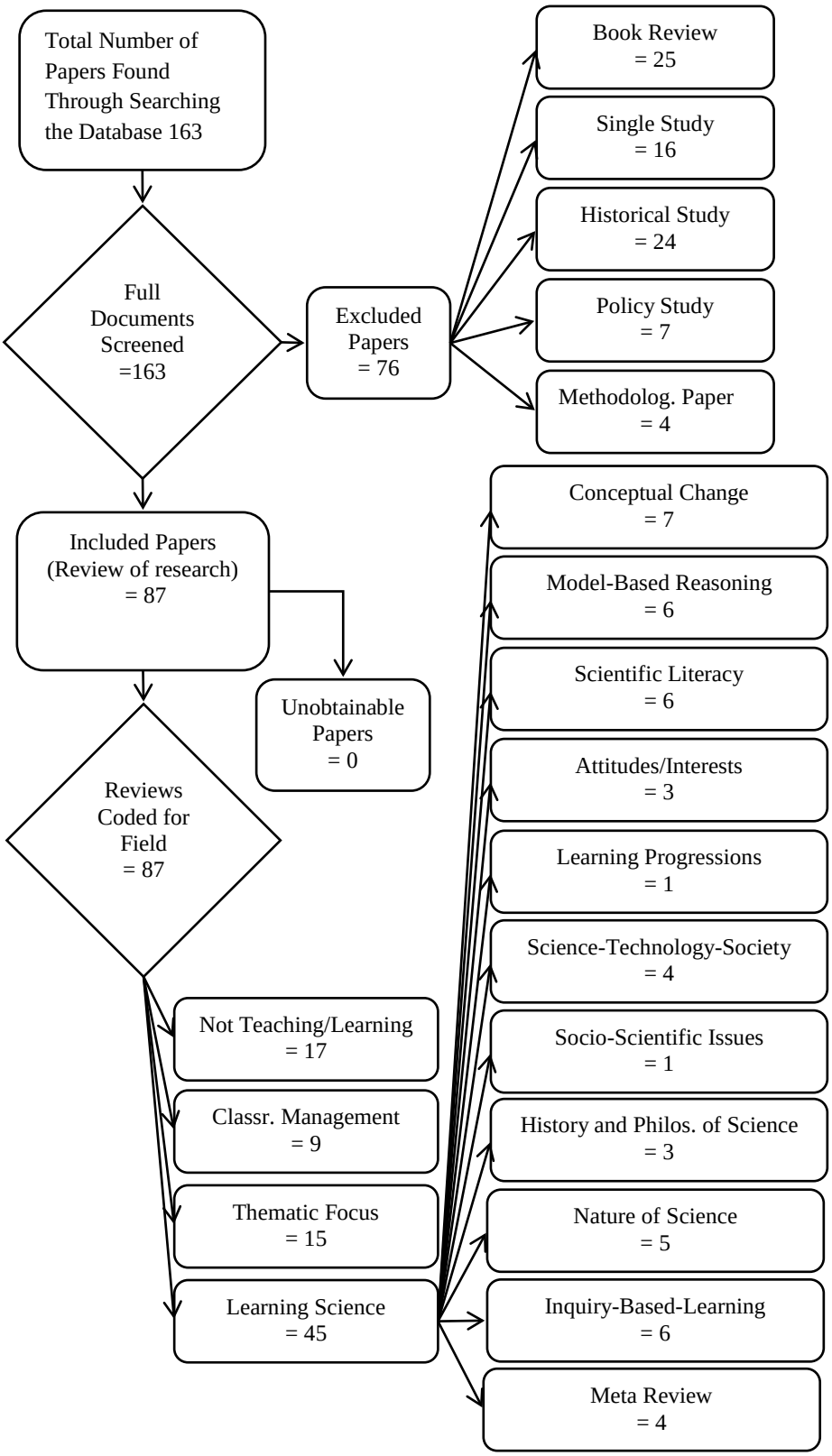


Abb. 1 Review of Science Education Research Programs (PRISMA-Diagram)

Science, Electronic Journal of Science Education, European Journal of Science and Mathematics Education, International Journal of Maths and Science Education, International Journal of Science Education, International Journal of Technology and Design Education, Journal of Research in Science Teaching, Journal of Science Education and Technology, Research in Science and Technological Education, Research in Science Education, Science and Education, Science as Culture, Science Education International, Science Education, Science in School, Studies in Science Education, The Journal of Science Teacher Education, The Science Education Review, The Science Teacher). Weil kein bestimmtes Wort im Titel spezifisch für die gesuchten Artikel ist, wurde die Suche durch eine Testperson durchgeführt, die drei beispielhafte „Critical Reviews“ als Anleitung in einem Manual erhielt und dann von Hand die Datenbanken durchsuchte. Diese Suche ergab 163 Treffer, von denen 87 tatsächlich Reviews eines Forschungsfeldes waren und davon wiederum 45 dieser Reviews auch ein Forschungsprogramm der Science Education beschrieben. Vier Artikel thematisierten die gesamte Science Education (Meta Review). Abbildung 1 zeigt das sog. PRISMA-Diagramm, das den Screening und Coding-Prozess dokumentiert (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & The Prisma Group, 2009). Die Kodierungen sind in einem EXCEL-Sheet dokumentiert und können auf Anfrage zugesendet werden. Die zehn gefundenen Forschungsprogramme wurden im weiteren Verlauf des gesamten Systematic Reviews im Detail analysiert und in eine Struktur gebracht. Nachzulesen sind diese weiteren Schritte des Reviews in der bald erscheinenden Ganzschrift meiner Dissertation.

Literatur

Antman, E. M., Lau, J., Kupelnick, B., Mosteller, F., & Chalmers, T. C. (1992). A Comparison of Results of Meta-Analyses of Randomized Control Trials and Recommendations of Clinical Experts: Treatments for Myocardial Infarction. JAMA, 268(2), 240–248.

Bromme, R., Prenzel, M., & Jäger, M. (2014). Empirische Bildungsforschung und evidenzbasierte Bildungspolitik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 17(4), 3–54.

Glass, G. V. (1987). What Works: Politics and Research. Educational Researcher, 16(3), 5–10.

Glass, G. V. (2000). Meta-Analysis at 25. Retrieved August 3, 2015, from http://www.gvglass.info/papers/meta25.html.

Gough, D., Oliver, S., & Thomas, J. (2012). An Introduction to Systematic Reviews. London; Thousand Oaks, CA: Sage.

Hattie, J. (2015). Lernen sichtbar machen. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von “Visible Learning.” (W. Beywl & K. Zierer, Eds.) (3. erw. Auflage). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Latour, B. (1987). Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Latour, B., & Woolgar, S. (1979). Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts. Beverly Hills, CA: Sage Publications.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The Prisma Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Medicine, 6(7), e1000097.

Noblit, G. W., & Hare, R. D. (1988). Meta-Ethnography: Synthesizing Qualitative Studies. Newbury Park, CA: Sage.

Sandelowski, M., Voils, C. I., & Barroso, J. (2006). Defining and Designing Mixed Research Synthesis Studies. Research in the Schools: A Nationally Refereed Journal Sponsored by the Mid-South Educational Research Association and the University of Alabama, 13(1), 29.

Toye, F., Seers, K., Allcock, N., Briggs, M., Carr, E., & Barker, K. (2014). Meta-Ethnography 25 Years On: Challenges and Insights for Synthesising a Large Number of Qualitative Studies. BMC Medical Research Methodology, 14(1), 80.

Voils, C. I., Hassselblad, V., Crandell, J. L., Chang, Y., Lee, E., & Sandelowski, M. (2009). A Bayesian Method for the Synthesis of Evidence from Qualitative and Quantitative Reports: The Example of Antiretroviral Medication Adherence. Journal of Health Services Research & Policy, 14(4), 226–233.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1990). A Cross-Cultural Investigation of Children’s Conceptions about the Earth, the Sun and the Moon: Greek and American Data. In H. Mandl, E. De Corte, N. Bennett, & H. Friedrich (Eds.), Learning and Instruction: European Research in an International Context: Vol. 2.2. Analysis of complex skills and complex knowledge domains (pp. 605–629). Oxford, England: Pergamon.

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. Cognitive Psychology, 24, 535–585.

Tobias Klug Justus-Liebig-Universität Gießen
Prof. Dr. Claudia von Aufschnaiter
Prof. Dr. Peter J. Klar

Auswirkung kontextorientierter Praktikumsversuche auf Lernprozesse

Die Modernisierung des Physikpraktikums für Studierende der Medizin durch neue berufsfeldorientierte Praktikumsversuche ermöglicht es, den Einfluss kontextorientierter Einbettungen auf das Lernen zu untersuchen. Die typische Kombination aus Leistungsstärke (Numerus clausus) und gleichzeitig niedrigem Interesse an Physik macht Studierende der Medizin zu einer interessanten Probandengruppe. Hier stellt sich die Frage, inwiefern Kontextbezüge zu positiven Erlebenszuständen während der Bearbeitung führen und wie die medizinischen Bezüge im Prozess aufgegriffen und für die Bearbeitung der physikbezogenen Aufgaben und Experimente genutzt werden.

Kontext

In der Forschungsliteratur wird der Begriff des Kontextes zwar häufig aber nicht einheitlich verwendet (Fechner, 2009). Mit Nawrath (2010, S. 21) gehen wir davon aus, dass der Begriff des Kontextes einen Anwendungsbezug umfasst, der aus dem Alltag bzw. der Lebenswelt von Lernenden stammt, für unsere Studie interpretiert als medizinischer Bezug. Die Wirkung von Kontexten auf das Lernen wurde in einer Vielzahl von Studien untersucht. In einer Metastudie kommt Bennett (2005) zu der Schlussfolgerung, dass die Studien zwar positive Effekte des Kontextbezugs auf die Einstellungen zu Naturwissenschaften nachweisen können, in Bezug auf Lernerfolge jedoch keine eindeutige Interpretation der Befundlagen möglich ist. Die Einbettung eines Sachverhaltes in einen lebensweltlichen Kontext scheint sich aber zumindest nicht nachteilig auf das Verständnis fachlicher Inhalte auszuwirken (Bennett, 2005). Für medizinische Bezüge, insbesondere im Rahmen von Physikpraktika, zeigen sich ebenfalls positive Effekte der kontextorientierten Lerneinheiten bzw. Versuche auf Motivation und Lernerfolg (Berger, 2000; Colicchia, 2007; Theyßen, 1999; Plomer, 2010).

Neue kontextorientierte Praktikumsversuche

Die im Zuge der Modernisierung entwickelten Praktikumsversuche wurden in Anlehnung an das Modell der Didaktischen Rekonstruktion konzipiert (vgl. Kattmann et al. 1997). Auf Seiten des *Fach*es wurden neben der Klärung physikalischer Inhalte auch die fachlichen Verbindungen zur Medizin aufgearbeitet. Auf Seiten der *Lernenden* wurden Befundlagen zum physikbezogenen Interesse gesichtet (u. a. Elster, 2007; Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998) sowie im Sommersemester 2013 eine Prä-Post-Befragung im laufenden Praktikum zum Interesse, zur Motivation und zu den Erwartungen durchgeführt. Es wurde ferner das Erleben der Bearbeitung der Versuche erfasst. Beide Schritte wurden genutzt, um die physikalischen Themen und derzeitigen Praktikumsversuche zu identifizierten, die sich fachlich und aus der Perspektive der Lernenden besonders eignen, Verknüpfungen von Physik und Medizin aufzuzeigen (vgl. Klug, v. Aufschnaiter & Klar, 2014). Für die *Strukturierung* der Lernmaterialien wurden zusätzlich die zu erwartenden Lernverläufe berücksichtigt (u. a. v. Aufschnaiter & Rogge, 2010).

Zu jeder Versuchsanleitung wurde eine ergänzende E-Learning-Einheit für die Vorbereitung auf den Versuch erstellt, somit stellen sie gemeinsam eine Lerneinheit dar. Die Entwicklung der Lernmaterialien wurde iterativ durchgeführt und von Erprobungen sowie einer Pilotstudie begleitet (vgl. Klug, von Aufschnaiter & Klar, 2015). Für die Haupterhebung wurden die Versuche „Ultraschall“ und „Hebel - Chirurgische Instrumente“ eingesetzt (vgl.

Abb. 1). Der Versuch „Ultraschall“ ist nach Nawrath (2010) als kontextstrukturiert zu bezeichnen, da hier das Entstehen eines Sonogramms sowie die physikalischen Gründe für Artefakte im Vordergrund stehen. Das Reflexionsverhalten von Schall an Grenzflächen dient als Werkzeug. Als fachsystematisch strukturiert ist der Versuch „Hebel“ zu klassifizieren, da dort die physikalischen Inhalte zum Thema Hebel an der Funktion und Verwendungsweise von Chirurgischen Instrumenten erarbeitet werden (vgl. Nawrath, 2010).

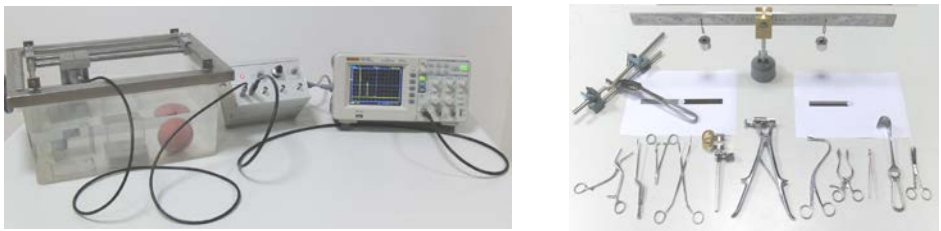


Abb. 1: Versuche „Ultraschall“ (links) und „Hebel-Chirurgische Instrumente“ (rechts)

Stichprobe der Haupterhebung

Zu Beginn des Medizinstudiums hören die Studierenden im ersten vorklinischen Semester eine Vorlesung zur Experimentalphysik und müssen im zweiten Semester das Praktikum absolvieren. Aus organisatorischen Gründen war es uns nicht möglich, die Haupterhebung direkt im Praktikum durchzuführen. Daher wurde versucht, Studierende der Medizin des ersten Semesters für die Teilnahme zu gewinnen. Von den mehr als 300 Studierenden meldeten sich trotz Aufwandsentschädigung nur 20 Personen in zehn Zweierteams. Fünf der zehn Dyaden führten an Termin I den Versuch „Hebel“ und an Termin II den Versuch „Ultraschall“ durch. Die anderen fünf Dyaden führten die Versuche in permutierter Reihenfolge durch. Die versuchsspezifischen E-Learning-Einheiten wurden vor Ort direkt vor der Versuchsdurchführung bearbeitet. Neben dem Bildschirmtracking der Bearbeitung der E-Learning-Einheiten wurde die Durchführung der Praktikumsversuche auf Video aufgezeichnet. Zudem füllten die Versuchspersonen vor dem ersten und nach dem zweiten Versuch einen Fragebogen aus, der Items zur Soziodemographie, dem Interesse, der Motivation sowie zu eigenen medizinischen Vorerfahrungen beinhaltet.

Videoanalyse und Kodiersystem

Die Analyse wird mit dem Programm MAXQDA vorgenommen, wobei personenbezogen kodiert wird. Es wird eine event-basierte Kodierung vorgenommen, bei der zusätzlich die zeitliche Dauer eines jeden Ereignisses erfasst wird. Bei den Hauptkategorien „Kontextbezug Medizin“, „Kontextbezug Alltag“, „Fachlicher Beitrag Physik“, „Erleben“ und „Off-task“ handelt es sich um nicht disjunkte Kategorien, die teilweise Subkategorien aufweisen (vgl. Abb. 2). Innerhalb der Kategorie „Kontextbezug Medizin“ wird erfasst, ob die kodierte Person einen Bezug zur Medizin herstellt. Um eine Kontextanregung von außen festzuhalten, wird ebenfalls kodiert, ob der/die Gruppenpartner/-in einen Bezug zur Medizin herstellt, oder ob ein „Kontextbezug Medizin“ in der Anleitung angelegt ist. Es wird jedem „Fachlichen Beitrag zur Physik“ ein Konzeptualisierungsniveau zugeschrieben und vermerkt, ob die Beiträge fachlich unangemessen bzw. zu ungenau sind. In Bezug auf das Erleben während der Versuchsdurchführung

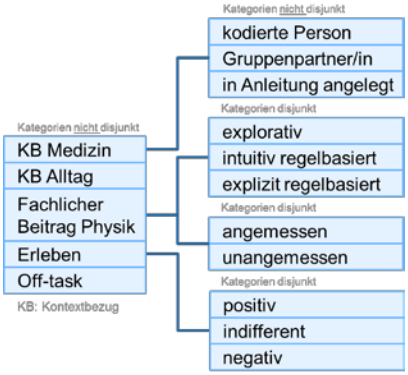


Abb. 2: Kodiersystem

werden alle Äußerungen (verbale und non-verbale) kodiert, durch die auf positives, indifferentes oder negatives Erleben geschlossen werden kann.

Erste Ergebnisse aus der Videoanalyse

Bisher wurden vier Dyaden bei der Durchführung des Versuches „Hebel“ vollständig kodiert. Die Auswertung der Kodierungen zeigt, dass die Studierenden den Kontext dort aufgreifen, wo dieser in der Anleitung angelegt ist. In einigen Fällen nehmen die Studierenden den Kontextbezug zwar wahr, nutzen ihn aber, vermutlich auf Grund mangelnden Vorwissens, nicht. Bei Einbezug der Fragebogendaten zeigt sich, dass die Studierenden mit mehr Vorerfahrung (z. B. Ausbildung im medizinischen Sektor) häufiger Aussagen mit Bezug zur Medizin tätigen als ihr/e Gruppenpartner/-in. Es scheint, dass die Kontextorientierungen in Abhängigkeit von den eigenen Vorerfahrungen in unterschiedlichem Ausmaß aufgegriffen werden kann. Es konnten bisher nur wenige fachliche Beiträge identifiziert werden, bei denen eine Versuchsperson einen Bezug zur Medizin herstellt. Die Kodierungen der Erlebensäußerungen ergaben in Summe für acht Personen 489 positive und 20 negative Erlebensäußerungen. In Verbindung mit den Kodierungen „KB-Medizin in Anleitung angelegt“ zeigen die Ergebnisse, dass pro Minute mehr positives Erleben geäußert wird, wenn die Studierenden Versuchsteile bearbeiten, in denen ein Kontextbezug durch die Anleitung angelegt ist. Die überraschend große Anzahl an positiven Erlebensäußerungen deutet, bei genauerer Betrachtung gerade der häufigen nonverbalen Äußerungen von Freude, auf allgemeines Wohlbefinden hin. Noch offen ist, was die verbalen positiven Erlebensäußerungen auslöst.

In den nächsten Schritten wird die Kodierung der Videos fortgesetzt und die Sequenzen vertieft analysiert, in denen Kontextbezüge *ohne* eine Anregung durch die Anleitung expliziert werden. Darüber hinaus werden die Sequenzen genauer betrachtet, in denen medizinische und physikalische Äußerungen in einer Abfolge auftreten, also eine wechselseitige Bezugnahme andeuten.

Literatur

Bennett, J. (2005). Bringing science to life: the research evidence on teaching science in context. http://www.york.ac.uk/media/educationalstudies/documents/research/Contextsbooklet.pdf [28.10.2013].

Berger, R. (2000). *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik - ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*. Berlin: Logos.

Colicchia, G. (2007). *Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie: Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten.* Berlin: Logos.

Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? *Plus Lucis Zeitschrift der physikalisch-chemischen Gesellschaft in Österreich, 3*, 2–8.

Fechner, S. (2009). *Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education.* Berlin: Logos.

Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.

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.

Klug, T., von Aufschnaiter, C. & Klar, P. (2014). Reform des Physikpraktikums für Mediziner – Anlage einer Studie. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (S. 582-584). Kiel: IPN.

Klug, T., von Aufschnaiter, C. & Klar, P. J. (2015). Kontextorientierte Lernumgebung für Mediziner – eine Videostudie. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht.* (S. 711-713). Kiel: IPN.

Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung: Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

Plomer, M. (2011). *Physik physiologisch passend praktiziert.* Berlin: Logos.

Theyßen, H. (1999). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin.* Berlin: Logos.

von Aufschnaiter, C. & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16*, 95-114.

Ines Sonnenschein Humboldt-Universität zu Berlin
Jenna Koenen
Rüdiger Tiemann

Förderung von Scientific Inquiry im Chemie - Bachelorstudium

Motivation und Hintergrund

Laborpraktika sind ein bedeutender Teil der naturwissenschaftlichen Ausbildung im Bereich Higher Education. Dennoch trägt die laborpraktische Arbeit gerade in der Bachelorausbildung wenig zur Entwicklung experimenteller Problemlösestrategien und zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen bei (Hilosky, Sutman, & Schmuckler, 1998). Strategien wie die gezielte Variablenkontrolle werden in der Regel nicht benötigt, da die laborpraktische Ausbildung an vielen Universitäten im In- und Ausland immer noch tradierten Abläufen mit einem Fokus auf der quantitativen Analyse und dem Abarbeiten von Versuchsvorschriften folgt (Reid & Shah, 2007). Die Grundlagenpraktika in allgemeiner und analytischer Chemie weisen größtenteils eine Orientierung an traditionellen Skripten und einschlägigen Experimenten auf und fokussieren laborpraktische Techniken. Sie sprechen daher eher lower - order cognitive skills an (Meester & Maskill, 1995) und tragen somit nicht dazu bei, Studierenden zum selbstständigen wissenschaftlichen Arbeiten zu befähigen (Hilosky, Sutman, & Schmuckler, 1998). Diese Befunde sind bemerkenswert, da das Ausbilden naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen zur Lösung naturwissenschaftlicher Probleme (Inquiry Skills) bereits seit Jahrzehnten als einschlägiges Ziel laborpraktischer Ausbildung verstanden wird (Schoffstall & Gaddis, 2007; Abraham & Millar, 2008).

Ansatzpunkte zur Implementierung von Scientific Inquiry im Chemie-Bachelorstudium

Um wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im (Chemie-)Bachelorstudium zu fördern, bieten sich grundlegend zwei Ansatzpunkte an. Zum einen die Vermittlung von Wissen über Scientific Inquiry durch direkte Instruktion. Hierzu würden Seminare zählen, in denen Wissen über Scientific Inquiry auf einem Metalevel gelehrt wird. Zum anderen ist eine entsprechend angepasste Gestaltung der Aufgaben für die laborpraktische Arbeit direkt im Rahmen des Praktikums denkbar. Scientific Inquiry – Aufgaben sind derart gestaltet, dass sie Fachwissen und Wissen über Experimentierstrategien gleichermaßen fördern. Das Arbeiten mit diesen Aufgaben erfordert bei den Lernern ein hohes Maß metakognitiver Selbstregulation (Wirth & Leutner, 2006). Als erfolgsversprechend haben sich hier insbesondere das Scaffolding über das Aufgabendesign und metakognitive Prompts zur Unterstützung des Lernprozesses erwiesen (Bannert, 2003; Wichmann & Leutner, 2009).

Ziel der Studie

Das Ziel dieser explorativen Fallstudie ist es, zunächst die Fähigkeiten der Bachelorstudierenden im Monobachelor Chemie sowie im Kombinationsbachelor-studiengang Chemie mit Lehramtsoption zu erheben und zu vergleichen. Interessant ist hierbei, dass die Curricula in Bezug auf die fachlichen Inhalte in beiden Gruppen vergleichbar sind. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen durch ein Zusatzseminar in der Lehramtsausbildung, welches auch epistemologisches Wissen und Wissen über Scientific Inquiry thematisiert. Des Weiteren wird der Umgang der Lernenden mit den metakognitiven Prompts zur Unterstützung des Lernprozesses untersucht, indem die Probanden bei der Bearbeitung einer zweiten Aufgabe durch metakognitive Prompts in ihrem Regulationsprozess unterstützt werden.

Aufgabendesign und Vorstudie 1

Für die Studie wurden daher Aufgaben aus dem Bereich der analytischen Chemie entwickelt, die naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Bachelor- Grundlagenpraktikum Analytik fördern. Für die Entwicklung der Aufgaben ist maßgebend, dass sie selbstgesteuertes Experimentieren zulassen, unter den speziellen zeitlichen und praktischen Gegebenheiten des Analytik-Praktikums umsetzbar sind und zudem vergleichbar in Bezug auf die kognitiven und technischen Anforderungen sind. Daher wurden zunächst fünf Aufgaben aus dem Bereich Titrimetrie entwickelt, die in einer ersten Vorstudie mit $N = 9$ Studierenden des Masterstudiengangs Lehramt Chemie pilotiert wurden. Eingesetzt wurde die Methode des lauten Denkens (Ericsson & Simon, 1993), die es erlaubt, ein detailliertes Verständnis der kognitiven Prozesse beim Bearbeiten der Aufgaben zu erlangen. Die so gewonnenen Ergebnisse wiesen drei der fünf Aufgaben also geeignet aus. Zwei der fünf Aufgaben erwiesen sich aufgrund der kognitiven Anforderungen als zu komplex.

Basierend auf dieser ersten Vorstudie wurde das endgültige Aufgabendesign entwickelt. Jede Aufgabe besteht aus einem Aufgabenstamm mit einem kurzen, einführenden Text, der gleichzeitig die relevanten Variablen thematisiert. Entsprechend der drei zentralen Inquiry Phasen (Doran, Lawrenz, & Helgeson, 1993; Dunbar & Klahr, 1989) wurden drei Teilaufgaben designt. Die erste Teilaufgabe fokussiert die Suche im Hypothesenraum. Die Probanden werden aufgefordert ein auf den im Aufgabenstamm gegebenen Informationen basierendes wissenschaftliches Experiment mit den ihnen zur Verfügung stehenden Materialien und Chemikalien zu entwickeln.

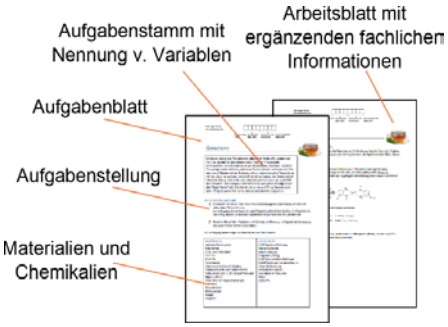


Abbildung 1. Aufgabendesign

Nach der Bearbeitung der ersten Teilaufgabe erhalten sie Teilaufgabe 2, mit der sie aufgefordert werden, das designte Experiment im Labor umzusetzen und ihre Hypothesen zu testen. Nach der Arbeit im Labor folgt Teilaufgabe 3, die sie explizit auffordert, ihr Experiment zu evaluieren.

Entwicklung und Evaluierung der metakognitiven Prompts, Vorstudie 2

Das beschriebene Aufgabendesign findet sich in allen Experimentieraufgaben wieder. Eine der Aufgaben wird zudem mit Prompts begleitet, um den Einsatz metakognitiver Regulationsstrategien zu unterstützen (Bannert, 2009). Für die Entwicklung der Regulationsprompts wurde das Modell metakognitiver Regulation, basierend auf Schraw (1998), herangezogen. Metakognitive Regulationsprompts sollen demnach den Lernenden unterstützen, seinen Lernprozess zu planen, zu überwachen und zu reflektieren. Für jede der drei Inquiry-Phasen „Fragestellung und Hypothesen aufstellen“, „Untersuchungen planen und durchführen“ und „Daten analysieren und interpretieren“ wurden daher Prompts entwickelt, die die Probanden auffordern, für die jeweilige Phase ein Ziel zu formulieren und die Umsetzung zu planen. Für die konkrete Phase der Umsetzung wurde auf begleitendes

Prompting verzichtet, um den Experimentierprozess nicht zu stören. Nach Abschluss der jeweiligen Phase wurden Reflektionsprompts angeboten (vgl. Bannert & Mengelkamp, 2013), die die Probanden auffordern, ihr Handeln in der jeweiligen Phase zu reflektieren. Während der Bearbeitung der Aufgaben sind die Probanden zudem aufgefordert, laut zu denken. Die Wirksamkeit der Prompts wurde in einer zweiten Vorstudie mit $N = 5$ Studierenden des Mono-Bachelorstudiengangs Chemie evaluiert. Basierend auf den Resultaten kann evidenzbasiert die Wirksamkeit der Prompts bestätigt werden.

Ausblick

Mit Hilfe der so entwickelten Inquiry-Aufgaben und der zusätzlichen Reflektionsprompts soll im Rahmen einer nachfolgenden Studie untersucht werden, ob sich die unterschiedlichen Vorbildungen im Bereich Scientific Inquiry auf den Umgang mit den Materialien auswirken.

Literatur

Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30 (14), 194-1969.

Bannert, M. (2003). Effekte metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17(1), 13–25.

Bannert, M. (2009). Promoting Self-Regulated Learning through Prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 139–145.

Bannert, M., & Mengelkamp, C. (2008). Assessment of metacognitive skills by means of instruction to think aloud and reflect when prompted. Does the verbalisation method affect learning? *Metacognition and Learning*, 3(1), 39–58.

Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*. Cambridge, London: MIT Press Ltd.

Doran, R. L., Lawrenz, F., & Helgeson, S. (1993). Research on assessment in science. In D. L. Gabel (Eds.), *Handbook of research on science teaching and learning* (S. 388–442). Toronto: Macmillan.

Dunbar, K., & Klahr, D. (1989). Developmental differences in scientific discovery strategies. In H. A. Simon, D. Klahr, & K. Kotovsky (Eds.), Complex information processing. The impact of Herbert A. Simon (S. 109–143). Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.

Hilosky, A., Sutman, F., & Schmuckler, J. (1998). Is Laboratory Based Instruction in Beginning College-Level Chemistry Worth the Effort and Expense? Journal of Chemical Education, 75(1), 100-104.

Meester, M. A. M. & Maskill, R. (1995). First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: organizational and teaching aspects. International Journal of Science Education, 17 (6), 705-719.

Reid, N., & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 8(2), 172-185.

Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. Instructional science, 26(1-2), 113-125.

Schoffstall, A. M., & Gaddis, B. A. (2007). Incorporating guided-inquiry learning into the organic chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 84(5), 848-851.

Wichmann, A., & Leutner, D. (2009). Inquiry Learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 117-127.

Wirth, J., & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Eds.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 172-184). Göttingen: Hogrefe.

Martina Strübe[1]
Oliver Tepner [2]
Elke Sumfleth[1]

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

Modelle und Experimente: Wissen und Handeln von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern

Theoretischer Hintergrund

Internationale und nationale Standards fordern, dass Schüler und Schülerinnen (nachfolgend als Schüler abgekürzt) Modelle und Experimente zur Gewinnung neuer Erkenntnisse nutzen (KMK, 2004; NRC, 1996) und entsprechende Kompetenzen am Ende ihrer Schullaufbahn erworben haben. Diese Kompetenzen können sie nur erwerben, wenn ihre Lehrkräfte über entsprechendes fachdidaktisches Wissen verfügen und es nutzen, um Experimente und Modelle adäquat im Chemieunterricht einzusetzen. Grundlage hierfür ist die begründete Annahme, dass die professionelle Kompetenz und das Lehrerhandeln einen Einfluss auf die Schülerleistung haben (Kunter et al., 2011).

Internationale Studien zeigen jedoch einen inadäquaten Einsatz von Experimenten (Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007) und Defizite im Wissen über Modelle (Henze, Van Driel, & Verloop, 2007). Nationale Studien belegen, dass die Phasen der Erkenntnisgewinnung im Unterricht kaum beobachtbar sind (Nowak, Nehring, Björkmann, Tiemann, & Upmeier zu Belzen, 2013) und Lehrkräfte den Zweck von Modellen stärker thematisieren als den Grund für alternative Modelle (Krell & Krüger, 2013).

Die Studie von Schmitt (2015) zeigt jedoch, dass Lehrkräfte, die an einer Fortbildung zur Erkenntnisgewinnung teilnehmen, ihren Unterricht entsprechend strukturieren und die Schüler dann weitestgehend vollständig den Erkenntnisgewinnungsprozess durchlaufen. Ergänzend hierzu konnte Schulz (2011) feststellen, dass die Nachbereitung eines Experiments positiv mit dem Lernzuwachs der Schüler korreliert.

Forschungsfrage

Ausgehend von diesem theoretischen Hintergrund geht es um die Frage, inwiefern ein Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Chemielehrkräften und der Schülerleistung besteht.

Studiendesign und Stichprobenbeschreibung

Die Studie wurde in NRW (2013 bis 2015) und Bayern (2014/2015) in achten und neunten Klassen an Gymnasien in der Unterrichtseinheit Atombau und Periodensystem der Elemente durchgeführt. Insgesamt nahmen 28 Chemielehrkräfte (Alter zwischen 42 und 43 Jahre; 50% weiblich) mit 34 Klassen (n_{SuS} = 764; 49.1% weiblich) teil.

Um den Lernzuwachs der Schüler sowie das Wissen der Lehrkräfte und ihr Handeln zu untersuchen, wurden Papier-Bleistift-Tests eingesetzt und Unterrichtstunden videographiert. Letztere wurden mit Hilfe von Kategoriensystemen zum Umgang mit Experimenten (adaptiert nach Schulz, 2011) bzw. mit Modellen und zum Erkenntnisgewinnungsprozess analysiert.

Insgesamt handelte es sich um vier Messzeitpunkte, wobei der erste und vierte Messzeitpunkt eine Fragebogenerhebung und die Messzeitpunkte zwei und drei das Filmen von zwei aufeinanderfolgenden Unterrichtsstunden, die ein Experiment und/oder Modell beinhalten sollten, umfassten. Der erste Messzeitpunkt lag vor dem Beginn der Unterrichtseinheit und stellte für die Schüler den Prätest dar, in dem sie einen Fachwissenstest zum Atombau und Periodensystem (30 Aufgaben; α_{post} = .73) sowie einen Strukturierungstest (Wahser, 2007) zum theoretischen Wissen über den

Experimentierprozess (35 Aufgaben; α_{post} = .87) bearbeiteten. Am Ende der Unterrichtseinheit (Messzeitpunkt 4) erhielten die Schüler erneut die beiden genannten Tests. Die Lehrkräfte bekamen zum ersten Messzeitpunkt einen Fragebogen zum Fachwissen (29 Multiple-Choice-Single-Select Items) und zum fachdidaktischen Wissen (Dollny, 2011) sowie einen Fragebogen zum demographischen Hintergrund. Der Fragebogen zum fachdidaktischen Wissen umfasste 9 Aufgaben zu Schülervorstellungen, 5 zu Experimenten und 3 zu Modellen, deren vier Antwortmöglichkeiten auf einer 6-stufigen Likert-Skala bewertet werden sollten ($\alpha_{62\ Relationen}$ = .66). Am vierten Messzeitpunkt bearbeiteten sie einen analog aufgebauten Fragebogen zum fachdidaktischen Wissen (FEMo) über Experimente (14 Aufgaben; $\alpha_{33\ Relationen}$ = .87) und Modelle (12 Aufgaben; $\alpha_{30Relationen}$ = .85), um mehr Daten zu den beiden relevanten Facetten des fachdidaktischen Wissens zu erhalten.

Ergebnisse

Lehrerwissen

Tabelle 1 zeigt, dass die Lehrkräfte im Mittel 68.3 Prozentpunkte im fachdidaktischen Fragebogen von Dollny (2011) und 68.5 Prozentpunkte im FEMo Fragebogenteil Experimente sowie 64.6 Prozentpunkte im Fragebogenteil Modelle erhalten. Um die kriteriale Validität der Fragebogenteile zu überprüfen, wurden Korrelationen mit dem fachdidaktischen Fragebogen von Dollny berechnet. Hier zeigt sich in beiden Fällen eine positive signifikante Korrelation (r = .43*, p = .023 für den Experimentteil und r = .43*, p = .024 für den Modellteil). Zwischen dem fachdidaktischen Wissen zu Experimenten und Modellen besteht ein mittlerer, signifikanter Zusammenhang von .55** (p = .003).

Fachdidaktisches Wissen	M_{Punkte}	*MD*	*SD*	*Min*	*Max*
PCK	42.32	42.5	5.95	32	56
FEMo_Experimente	22.62	23.0	5.69	4	31.5
FEMo_Modelle	19.39	19.5	5.85	10	30

Tab. 1: Fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte für den fachdidaktischen Fragebogen von Dollny (hier: PCK) und die FEMo Testteile Experimente und Modelle.

Schülerwissen

Die Schüler lernen sowohl im Fachwissen über Atombau und Periodensystem der Elemente ($t(763)$ = -35.88, p < .001; $d_{Cohen's}$ = 1.35) als auch im theoretischen Wissen über den Experimentierprozess ($t(763)$ = -14.82, p < .001; $d_{Cohen's}$ = .43) signifikant vom Prä- zum Posttestzeitpunkt dazu.

Zusammenhangsanalysen zwischen dem fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte über Experimente bzw. Modelle und dem Lernzuwachs der Schüler im Fachwissen deuten auf einen positiven, signifikanten Zusammenhang hin ($r_{Exp/FW}$ = .21**, p = .001; $r_{Mo/FW}$ = .17***, p < .001). Hierbei beträgt die Varianzaufklärung 4.5 Prozent für das fachdidaktische Wissen über Experimente und 2.9 Prozent für das fachdidaktische Wissen über Modelle. Bildet man bei den Lehrkräften drei gleich große Gruppen mit niedrigem, mittlerem und hohem fachdidaktischen Wissen (über Experimente bzw. Modelle) und berechnet auf Basis des Lernzuwachses der Schüler im Fachwissen eine ANOVA, so zeigen sich Gruppenunterschiede (fachdidaktisches Wissen Experimente: ($F(2, 761)$ = 29.92***, p < .001, η^2 = .072; fachdidaktisches Wissen Modelle: ($F(2, 761)$ = 5.45**, p = .004, η^2 = .014). Posthoc Analysen unter Verwendung des Bonferroni-Tests deuten darauf hin, dass Schüler, die von einer Lehrkraft mit niedrigem fachdidaktischen Wissen über Experimente unterrichtet werden, einen geringeren Lernzuwachs haben als Schüler, die von Lehrkräften mit einem mittleren oder hohen fachdidaktischen Wissen unterrichtet werden ($p_{niedrig,\ mittel}$ < .001; $p_{niedrig,\ hoch}$ < .001; η^2 = .072). Für das fachdidaktische Wissen über

Modelle kann dieser Sachverhalt nur zwischen den Schülern, die von Lehrkräften mit einem niedrigen, und Schülern, die von Lehrkräften mit einem hohen fachdidaktischen Wissen unterrichtet werden, gezeigt werden ($p_{niedrig,\ hoch}$ = .003, η^2 = .014).

Diskussion

Für die fachdidaktischen Fragebogenteile des FEMo bestehen sowohl positive Zusammenhänge zum fachdidaktischen Fragebogen von Dollny (2011) als auch untereinander, was zunächst für die Validität der beiden Testteile spricht. Die mittleren Korrelationen deuten auf das gemeinsame Konstrukt fachdidaktisches Wissen hin und lassen darauf schließen, dass das fachdidaktische Wissen über Modelle und Experimente zwei Aspekte des fachdidaktischen Wissens sind.

Auch scheint das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte über Experimente und Modelle einen Einfluss auf den Lernzuwachs der Schüler zu haben. Die Ergebnisse des Posthoc-Tests lassen vermuten, dass für das fachdidaktische Wissen ein Schwellenwert besteht, über den hinaus kaum noch ein Einfluss auf den Lernzuwachs der Schüler besteht. Die Varianzaufklärungen von 4.5 bzw. 2.9 Prozent können, betrachtet vor dem Hintergrund der oben bereits angesprochenen Vielschichtigkeit des fachdidaktischen Wissens aber auch der vielen Parameter, die den Lernzuwachs von Schülern beeinflussen, als zufriedenstellend angesehen werden.

Ausblick

Die Schülerdaten sind aufgrund der Erhebung innerhalb der Klassen geclustert, so dass an dieser Stelle Mehrebenenanalysen weitere Aufklärung über den Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Professionswissen der Lehrkräfte und dem Lernzuwachs der Schüler geben könnten. Zudem sollen Videoanalysen Informationen über den Umgang der Lehrkräfte mit Modellen und Experimenten im Erkenntnisgewinnungsprozess und dementsprechend über den Zusammenhang zwischen dem Lehrerhandeln und dem fachspezifischen Wissen bzw. der Schülerleistung ermöglichen.

Literatur

Dollny, S. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften*. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 127. Berlin: Logos.

Henze, I., Van Driel, J. H., & Verloop, N. (2007). Science Teachers' Knowledge about Teaching Models and Modelling in the Context of a New Syllabus on Public Understanding of Science. *Research of Science Education*, (37), 99–122. doi:10.1007/s11165-006-9017-6

Krell, M., & Krüger, D. (2013). Wie werden Modelle im Biologieunterricht eingesetzt?: Ergebnisse einer Fragebogenstudie. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 9–26.

Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M., P. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (1st ed., pp. 393–441). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Nowak, K. H., Nehring, A., Björkmann, J., Tiemann, R., & Upmeier zu Belzen, A. (2013). Phasen der Erkenntnisgewinnung im Biologie- und Chemieunterricht. In S. Bernholt (Ed.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen /. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012* (Vol. 33, pp. 68–70). Kiel: IPN.

Schmitt, A.-K. (2015). *Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*. Dortmund: Technische Universität Dortmund.

Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: -Eine Videostudie-*. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 113. Berlin: Logos.

Wahser, I. (2007). *Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie*. Studien zum Physik- und Chemieunterricht: Vol. 73. Berlin: Logos.

Die weitere Literatur kann bei der Erstautorin erfragt werden.

Holger Tröger[1]
Elke Sumfleth[1]
Oliver Tepner[2]

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

Fachdidaktisches Wissen und Lehrerhandeln im Chemieunterricht

Theoretischer Rahmen

In der fachdidaktischen Forschung wird das professionelle Wissen von Lehrkräften als bedeutsam für die Unterrichtsqualität erachtet (Kunter et al., 2011). Untersuchungen auf nationaler und internationaler Ebene (z. B. COACTIV, MT-21) deuten auf einen Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Lehrkräften und dem Lernzuwachs ihrer Schülerinnen und Schüler (SuS) hin (Krauss & Kunter, 2008).

Professionswissen

Die aktuelle Forschung zum Professionswissen von Lehrkräften legt einen Schwerpunkt auf die Dimensionen *Pädagogisches Wissen* (Pedagogical Knowledge, PK), *Fachwissen* (Content Knowledge, CK) und *Fachdidaktisches Wissen* (Pedagogical Content Knowledge, PCK) (z. B. van Driel & de Jong, 2015). Im Rahmen dieser Studie werden CK und PCK als Elemente des fachspezifischen Professionswissens untersucht. CK wird dabei als das vertiefte Wissen über die Inhalte des Fachs operationalisiert (Kleickmann et al., 2012), während PCK das Wissen umfasst, Unterrichtsgegenstände und Themen adressatengerecht aufzubereiten und die Vermittlung zu planen und umzusetzen (Berry, Friedrichsen & Loughran, 2015). Überträgt man diese weit gefasste Operationalisierung auf das PCK in der Chemie, können beispielsweise der Umgang mit Modellen, Experimenten oder auch Schülervorstellungen relevante Facetten darstellen. Daher erfordert eine empirische Untersuchung eine Schwerpunktsetzung.

Fachsprache

Unterrichtsinhalte werden vornehmlich durch die Verwendung gesprochener Sprache vermittelt, daher gilt Sprache als das primäre Medium des Unterrichtens und ist von fundamentaler Wichtigkeit für das Lernen (Childs, Markic & Ryan, 2015; Merzyn, 2008). Fachsprachen stellen dabei eine spezielle Form funktioneller Sprache dar, die zur Kommunikation von Inhalten auf fachlicher Ebene dient (Rincke, 2007) und auch in der Schule zur Vermittlung von Inhalten eingesetzt wird.

Studienziel und -design

Ziel dieser Studie im Rahmen des Projektes *Professionswissen in den Naturwissenschaften (ProwiN) 2* ist die Erforschung des Zusammenhangs zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Chemielehrkräften zum Umgang mit Fachsprache, dem Lehrerhandeln im Unterricht und dem Lernzuwachs ihrer Schülerinnen und Schüler.

Unter dieser Zielsetzung wird der Chemieunterricht von nordrhein-westfälischen und bayrischen Lehrkräften zum Thema *Atombau und Periodensystem der Elemente* in der 8. Jahrgangsstufe an Gymnasien untersucht. Das Instrumentarium umfasst Papier-Bleistift-Tests zur Erfassung des Fachwissens (Eigenentwicklung) und kognitiver Fähigkeiten der SuS (Heller & Perleth, 2000) sowie des CK der Lehrkräfte (Dollny, 2011). Außerdem werden Fragebögen zur Erhebung des Fachinteresses der Schülerinnen und Schüler und des PCK der Lehrkräfte zum Umgang mit Fachsprache (PCK_{FS}) (Strübe, Tröger, Tepner & Sumfleth, 2014) sowie hoch-inferente Kodiermanuale zur Erfassung des Lehrerhandelns eingesetzt. Basierend auf den Kodiermanualen wurden zudem Ratingfragebögen zur qualitativen Analyse von Unterrichtsgeschehen entwickelt (Eigenentwicklung).

Ergebnisse

Lehrkräfte

An der Studie haben insgesamt 28 gymnasiale Lehrkräfte teilgenommen (♀ = 50). Die Lehrkräfte sind im Mittel zwischen 42 und 43 Jahre alt und sind seit zwischen 12 und 13 Jahren im Schuldienst. Die Lehrkräfte dieser Studie zeigen im Vergleich zu den getesteten Gymnasiallehrkräften aus der 1. Projektphase (Dollny, 2011) und der anschließend durchgeführten Nacherhebung, zusammengefasst als Validierungsstichprobe, (Tepner, unveröffentlicht) ein deutlich besseres Fachwissen ($t(201) = 3.32$, $p < .001$, $g = 1.08$[1]). Dies bietet eine Erklärung für die nur akzeptable Reliabilität des CK-Tests bei der ProwiN-2-Stichprobe. Die Reliabilität des PCK_{FS}-Tests ist als gut zu bezeichnen.

Skala	N_{LuL}	N_{Items}	*M*	*SD*	***Reliabilität***	
					Personen	**Item**
CK	28	29	2.62	1.35	.54	.58
PCK_{FS}	28	35	1.42	1.14	.78	.84

Tabelle 1. Fachspezifisches Professionswissen der teilnehmenden Lehrkräfte

Schülerinnen und Schüler

Grundlage der hier berichteten Ergebnisse für Schülerinnen und Schüler bilden die vollständigen Datensätze von 764 Schülerinnen und Schülern. Die SuS sind im Mittel zwischen 13 und 14 Jahre alt und zeigen einen signifikanten Zuwachs ihres Fachwissens mit starkem Effekt ($t(763) = 36.14$, $p < .001$, $d = 1.4$).

Skala	N_{LuL}	N_{Items}	*M*	*SD*	***Reliabilität***	
					Personen	**Item**
Prä Test	764	30	-.77	.60	.40	.97
Post Test	764	30	.27	.90	.73	.99

Tabelle 2. Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler

Als stärkster Prädiktor für das Wissen zum Postzeitpunkt erweist sich das Vorwissen. Mithilfe des CK und PCK der Lehrkraft können jedoch zusätzliche 2% der Gesamtvarianz aufgeklärt werden (siehe Tabelle 3).

	B	***SE***	***ß***	R^2	ΔR^2	***p***
Schülerinnen und Schüler						
Vorwissen	.63	.05	.43	.22	-	-
Fachinteresse	.01	.00	.16	.24	.02	< .001
Lehrkräfte						
CK	.07	.02	.10	.25	.01	< .001
PCK_{FS}	.08	.03	.10	.26	.01	.004

Tabelle 3. Prädiktoren für den Wissenszuwachs der Schülerinnen und Schüler

Vergleichende Analysen von Lernern mit geringem und hohem Vorwissen zeigen, dass sich der Anteil erklärter Varianz bei Annahme derselben Prädiktoren und auch die prädiktive Kraft der Variablen stark unterscheiden. Für Lernende mit niedrigem Vorwissen sinkt die erklärte Gesamtvarianz geringfügig auf 24%, für Lernende mit hohem Vorwissen deutlich auf 13%. Regressionsanalysen zeigen, dass Lernende mit wenig Vorwissen insgesamt mehr von hohem CK und PCK_{FS} einer Lehrkraft profitieren als Lernende mit hohem Vorwissen. Für Lernende mit hohem Vorwissen sind Vorwissen und Fachinteresse gleich starke

[1] Alle Leistungen wurden Rasch-skaliert bestimmt. Daher handelt es sich um Personenfähigkeiten.

Prädiktoren für die Entwicklung des Fachwissens, während CK und PCK_{FS} der Lehrkraft keine signifikant prädiktive Kraft besitzen.
Qualitative Unterrichtsanalysen zum Umgang mit Fachsprache in Klassen mit viel und wenig Fachwissen zum Postzeitpunkt deuten auf einen deutlichen Unterschied im Umgang mit Fachsprache (Häufigkeit und Varianz von Fachwörtern, fachlich korrekte Verwendung von Fachbegriffen, Achtsamkeit, ob Lerner Fachwörter korrekt verwenden,…) hin.

Zusammenfassung und Ausblick

Bisherige Analysen konnten zeigen, dass die teilnehmenden Lehrkräfte der Studie durchgängig gutes CK und Varianz im PCK_{FS} aufweisen. Diese Aspekte fachspezifischen Professionswissens ermöglichen, Varianz im Fachwissenszuwachs aufzuklären. Eine signifikant stärkere Varianzaufklärung von 2% nur durch das CK und PCK_{FS} der Lehrkraft ist angesichts des komplexen Geflechts an Determinanten für Unterrichtsqualität und Lernzuwachs von Lernenden (z. B. Kunter et al., 2011) als bedeutsam zu betrachten. Die prädiktive Kraft des fachspezifischen Professionswissens der Lehrkräfte variiert stark für Lernende mit geringem und hohem Vorwissen. Für Lernende mit geringem Vorwissen kommt dem CK und PCK_{FS} der Lehrkraft mehr Bedeutung zu als für Lernende mit hohem Vorwissen.
Die noch ausstehenden quantitativen hoch-inferenten Analysen des Lehrerhandelns im Unterricht werden nach vorliegenden ersten qualitativen Hinweisen weiteren Aufschluss über den Zusammenhang zwischen fachspezifischem Professionswissen, Lehrerhandeln und Wissenszuwachs der Lernenden geben.

Literatur

Berry, A., Friedrichsen, P. & Loughran, J. (Hrsg.). (2015). *Re-Examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. New York: Routledge.

Childs, P. E., Markic, S. & Ryan, M. C. (2015). The Role of Language in the Teaching and Learning of Chemistry. In J. García-Martínez & E. Serrano-Torregrosa (Hrsg.), *Chemistry Education* (S. 395-420). Weinheim: Wiley-VCH.

Dollny, S. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften*. Berlin: Logos.

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

Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S.et al. (2012). Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge: The Role of Structural Differences in Teacher Education. *Journal of Teacher Education, 64*(1), 90-106.

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J ., Brunner, M., & Kunter, M. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematikdidaktik, 29*(3/4), 223–258.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.

Merzyn, G. (2008). Sprache und Chemie lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht, 19*(106/107), 94–97.

Rincke, K. (2007). *Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht: Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*. Berlin: Logos-Verl.

Strübe, M., Tröger, H., Tepner, O. & Sumfleth, E. (2014). Development of a Pedagogical Content Knowledge test of chemistry language and models. *Educatión Química, 25*(3), 380-390.

van Driel, J. H. & de Jong, O. (2015). Empowering Chemistry Teachers' Learning: Practices and New Challanges. In J. García-Martínez & E. Serrano-Torregrosa (Hrsg.), *Chemistry Education* (S. 99-121). Weinheim: Wiley-VCH.

Cornelia Sunder Universität Münster
Maria Todorova
Kornelia Möller

Entwicklung der professionellen Wahrnehmung im Studium

Die professionelle Unterrichtswahrnehmung gilt als wichtige Komponente der Lehrerexpertise (Sherin, 2007). Da sich Bachelor- und Masterstudierende des Grundschullehramts in ihrer professionellen Wahrnehmung bezüglich Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht unterscheiden (Meschede, Steffensky, Wolters & Möller, angenommen), ist zu vermuten, dass sich diese Unterrichtswahrnehmung bereits im Bachelorstudium entwickelt. Diese mögliche Entwicklung wird in der vorliegenden Längsschnittstudie untersucht. Vor dem Hintergrund, dass ein Zusammenhang zwischen den Lehr-Lern-Überzeugungen zu einem Fach und der Unterrichtswahrnehmung besteht (z.B. Kuntze, 2008), wird zudem die Frage untersucht, ob eine Veränderung der Lehr-Lern-Überzeugungen der Studierenden mit einer Veränderung in der Wahrnehmung von lernrelevanten Unterrichtssituationen einhergeht.

Professionelle Wahrnehmung und Zusammenhänge zu Lehr-Lern-Überzeugungen

Die professionelle Unterrichtswahrnehmung wird in die Prozesse *Erkennen* und *theoriegeleitetes Interpretieren* lernrelevanter Unterrichtsereignisse unterteilt (Sherin, 2007). Konzeptuell wird sie zudem als wissensbasiert aufgefasst (Stürmer, Könings & Seidel, 2013), da das Erkennen und Interpretieren von zentralen Ereignissen im Unterricht unter Rückgriff auf theoretisches Wissen geschieht.

In der aktuellen Forschungsliteratur gibt es jedoch auch Hinweise dafür, dass die professionelle Wahrnehmung nicht nur wissensbasiert ist, sondern auch mit den Überzeugungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen zusammenhängt (z.B. Kuntze, 2008). Solche Überzeugungen beinhalten subjektive Annahmen und Wertvorstellungen von Lehrenden über Lehr-Lern-Prozesse im Allgemeinen bzw. bezogen auf einzelne Fächer (Kunter & Pohlmann, 2015; Reusser & Pauli, 2014), die für wahr gehalten werden. In Studien zu Lehr-Lern-Überzeugungen (angehender) Lehrkräfte wird häufig zwischen konstruktivistischen und transmissiven lerntheoretischen Überzeugungen unterschieden (Reusser & Pauli, 2014). Diesen wird im Kontext der Unterrichtswahrnehmung eine Filterfunktion zugeschrieben (Kuntze, 2008) – demnach nehmen z.B. Personen mit stärker ausgeprägten konstruktivistischen Überzeugungen auch eher konstruktivistische Elemente im Unterricht wahr.

Entwicklung und Veränderung von Wahrnehmung und Überzeugungen

Verschiedene Studien aus dem Bereich der Expertise-Forschung weisen darauf hin, dass es Unterschiede in der professionellen Unterrichtswahrnehmung zwischen erfahrenen Lehrkräften und Studierenden gibt (z.B. Sabers, Cushing & Berliner, 1991). Auch im Kontext des naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts konnten Unterschiede zwischen Gruppen unterschiedlicher Expertise-Stufen in ihrer Wahrnehmung aufgezeigt werden (Meschede et al., angenommen): Lehrkräfte unterschieden sich positiv von Masterstudierenden, die ihrerseits Bachelorstudierende in der Wahrnehmungsleistung übertrafen. Zusammengefasst können diese Befunde als Hinweis dafür interpretiert werden, dass sich die professionelle Wahrnehmung nicht nur mit steigender Berufserfahrung, sondern auch bereits im Verlauf des Studiums entwickelt. Bislang fehlt eine Studie, die die Entwicklung der professionellen Wahrnehmung im Längsschnitt fokussiert. Ungeklärt ist

bislang auch der Zusammenhang zwischen der Entwicklung der professionellen Wahrnehmung und der Entwicklung von Lehr-Lern-Überzeugungen im Studium.
Obwohl die Lehr-Lern-Überzeugungen (angehender) Lehrkräfte als relativ stabil und schwer zu verändern gelten (Lortie, 1975), konnte bereits gezeigt werden, dass sie durch gezielte und längerfristige Interventionen im Rahmen des Studiums verändert werden können (z.B. Kleickmann, Gais & Möller, 2005). Auch im Verlauf eines Studiums über mehrere Jahre scheinen Lehr-Lern-Überzeugungen veränderbar, was verschiedene quasi-längsschnittliche Untersuchungen andeuten (z.B. Schlichter, 2012): Studierende weisen zu Beginn ihres Studiums eher transmissive Überzeugungen zum Lehren und Lernen auf, wohingegen zum Ende des Studiums eher konstruktivistische Überzeugungen dominieren.

Das ViU-Projekt

Im BMBF-geförderten ViU-Projekt wird die Entwicklung der professionellen Wahrnehmung bezüglich Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht u.a. bei Studierenden im Bachelor-Studium untersucht. Lernunterstützung wird dabei vor dem Hintergrund eines konstruktivistisch orientierten Lernverständnisses in Anlehnung an das Konzept des *scaffolding* betrachtet (Wood, Bruner & Ross, 1976).

Fragestellungen und Hypothesen

In der vorliegenden Studie wird zum einen die Frage untersucht, wie sich die professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung von Sachunterrichtsstudierenden im Verlauf des Bachelor-Studiums entwickelt. In Anlehnung an Meschede und Kollegen (angenommen) wird erwartet, dass sich die professionelle Wahrnehmung der Studierenden verbessert.
Zum anderen wird untersucht, ob Zusammenhänge zwischen der Veränderung der professionellen Wahrnehmung der Studierenden und der Veränderung ihrer transmissiven und konstruktivistischen Überzeugungen in Bezug auf das Lernen und Lehren von Naturwissenschaften in der Grundschule bestehen. Da Überzeugungen als Filter der Wahrnehmung fungieren (Kuntze, 2008) und es Hinweise für eine Abnahme transmissiver Überzeugungen bzw. auf eine Zunahme konstruktivistischer Überzeugungen gibt (z.B. Schlichter, 2012), wird erwartet, dass es Zusammenhänge zwischen einer positiven Entwicklung der professionellen Wahrnehmung und einer Abnahme transmissiver Überzeugungen bzw. einer Zunahme konstruktivistischer Überzeugungen gibt.

Methode

Um die zuvor formulierten Fragen zu beantworten, wurden 68 Sachunterrichtsstudierende an der Uni Münster zu 4 Messzeitpunkten online befragt. Die erste Erhebung fand 2011 zu Beginn des Bachelor-Studiums statt, wobei die Teilnahme freiwillig war. 2 Jahre später fanden in kurzen Abständen die zweite und dritte Erhebung im Rahmen fachdidaktischer Seminare statt. Die letzte Erhebung war ebenfalls freiwillig und fand kurz vor dem Ende des Bachelorstudiums in 2014 statt. In die Analysen gingen die Daten von 58 Studierenden ein, die zumindest zu 3 Messzeitpunkten an der Befragung teilgenommen haben. Das durchschnittliche Alter dieser Personen zu Beginn der Studie war 21 Jahre (SD = 2.8), 86% der Teilnehmenden waren weiblich.
Die professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung wurde mit einem standardisierten Videotest erfasst (Meschede et al., angenommen). Die interne Konsistenz des Videotests war zu den 4 Messzeitpunkten als sehr gut einzustufen. Die Messung der transmissiven und konstruktivistischen Überzeugungen erfolgte in Anlehnung an die Skalen von Kleickmann (2008). Die interne Konsistenz lag zu allen Messzeitpunkten im zufriedenstellenden bis guten Bereich. Die Auswertung der Daten im Hinblick auf die beiden Fragestellungen erfolgte mithilfe von Mehrebenenanalysen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass sich die professionelle Wahrnehmung ungeachtet heterogener Anfangswerte zu Beginn des Studiums bei den Studierenden im Verlauf des Studiums im gleichen Ausmaß verbessert. Dies kann als Indiz dafür gesehen werden, dass das Studium die professionelle Wahrnehmung aller Studierenden gleichstark zu fördern vermag. In Bezug auf die zweite Frage zeigen die Ergebnisse, dass die positiven Entwicklungen in der professionellen Wahrnehmung mit einer Abnahme der transmissiven Überzeugungen einhergehen, es aber keine Zusammenhänge zwischen der Veränderung der professionellen Wahrnehmung und der Veränderung konstruktivistischer Überzeugungen gibt. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass die transmissiven Überzeugungen möglicherweise stärker als Filter der Wahrnehmung funktionieren als die konstruktivistischen Überzeugungen.

Allerdings sind einige Einschränkungen bei der Interpretation dieser Ergebnisse zu beachten: So fehlt zum sicheren Ausschluss von Testwiederholungseffekten eine Kontrollgruppe. Zudem wirkt sich die kleine Stichprobe aus einer einzigen Uni einschränkend auf die Generalisierung der Ergebnisse aus. Darüber hinaus dürfen die hier aufgezeigten Zusammenhänge zwischen der professionellen Wahrnehmung und den transmissiven Überzeugungen im Längsschnitt nicht kausal interpretiert werden. Denn für solche kausale Schlüsse wäre es erforderlich, dass die Ursache zeitlich vor dem Effekt eintritt. Daher sollen demnächst cross-lagged-Analysen durchgeführt werden, um die Frage beantworten zu können, ob die Überzeugungen das Wahrnehmen oder ob das Wahrnehmen die Überzeugungen beeinflussen.

Literatur

Kersting, N.B., Givvin, K.B., Sotelo, F.L. & Stigler, J.W. (2010). Teachers' analyses of classroom video predict student learning of mathematics: Further explorations of a novel measure of teacher knowledge. *Journal of Teacher Education. 61* (1-2), 172-181.

Kleickmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis.* Dissertation. WWU Münster.

Kleickmann, T., Gais, B. & Möller, K. (2005). Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Gibt es einen Zusammenhang zwischen Vorstellungen und Lehrerausbildung? In D. Cech & H. Giest (Hrsg.). *Sachunterricht in Praxis und Forschung – Erwartungen an die Didaktik des Sachunterrichtes* (S. 167-176). Klinkhardt: Bad Heilbrunn.

Kuntze, S. (2008). Zusammenhänge zwischen allgemeinen und situiert erhobenen unterrichtsbezogenen Kognitionen und Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. *Unterrichtswissenschaft, 36* (2), 167-192.

Kunter, M., & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.). Pädagogische Psychologie (2. vollst. Überarb. U. aktual. Aufl., S. 261-281). Springer: Berlin & Heidelberg.

Lortie, D. C. (1975). *School teacher: A sociological inquiry*. Chicago: University of Chicago Press.

Meschede N., Steffensky, M., Wolters, M. & Möller, K. (angenommen). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht - Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung.

Reusser, K. & Pauli, C. (2014). Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In Terhart, E., Bennewitz, H., & Rothland, M. (Hrsg.). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 642-661). Waxmann Verlag.

Sabers, D., Cushing, K. & Berliner, D. (1991). Differences among teachers in a task characterized by simultaneity, multidimensionality and immediacy. *American Educational Research Journal, 28* (1), 63-88.

Schlichter, N. (2012). Lehrerüberzeugungen zum Lehren und Lernen. Dissertation. Georg-August-Universität Göttingen.

Sherin, M. (2007). The development of teachers´ professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. Derry (Hrsg.), *Video research in the learning sciences* (S. 383-395). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Stürmer, K., Könings, K.D. & Seidel, T. (2013). Declarative knowledge and professional vision in teacher education: Effect of courses in teaching and learning. *British Journal of Educational Psychology, 83,* 467-483.

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

Viktoria Rath Universität Paderborn
Peter Reinhold

Schülervorstellungen in der Mechanik und ihre kriteriengeleitete Diagnose in Videos

Die hohe Bedeutung von Schülervorstellung für das Lernen von Physik ist in der Physikdidaktik anerkannt (vgl. Duit, 2015; Hopf et al. 2011). Auch herrscht ein Konsens über zentrale Forschungsergebnisse dieses Bereichs (vgl. Niedderer & Schecker, 1992; Wodzinski, 1996). Trotz der über Jahrzehnte intensiven Forschungsaktivitäten in diesem Bereich und des frühen Appells von Walter Jung (1982) für eine einheitliche Terminologie, fällt bei genaueren Betrachten auch heute noch eine beträchtliche Divergenz bei den Beschreibungen und Repräsentationen von Schülervorstellungen, insbesondere in der Mechanik, auf. Dieses Problem, auf das die Autoren gestoßen sind, als es darum ging, ein Instrument für die Kriterien geleitete Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik in einer Expertenbefragung zu validieren, soll im Folgenden entfaltet werden. Berichtet wird außerdem über einen Lösungsansatz.

Heterogene Darstellungen des Forschungsstands zu Schülervorstellungen in der Mechanik

Exemplarisch für die Darstellungsvielfalt (Fehlkonzepte, p-prims, alternative frameworks, Sichtweisen) und die unterschiedlichen inhaltlichen Breite gleicher Termini sei hier der geläufige Begriff „Präkonzept“ aufgeführt. Walter Jung (1979, 1982) versteht unter diesem Begriff spezifische Vorstellungen, kontextunspezifische Denkschemata sowie Schwierigkeiten, die aufgrund des Kategorienproblems zwischen der Alltagssprache und der Physik entstehen. Präkonzepte sind überdauernd, typisch (z.B. für eine Altersgruppe) sowie verbalisierbar und können dem Lernenden bewusst gemacht werden. Mit der Vorsilbe „Prä“ legt Jung die Betonung auf den Zustand vor dem Erkenntnisprozess. Es handelt sich daher um keine zeitliche Vorstufe von Schulunterricht, wie dies Dieter Nachtigall (1986) beschreibt. Für letzteren sind Präkonzepte ausschließlich vor dem Unterricht anzutreffen, sind nach diesem noch falsche Vorstellungen bei den Lernenden vorhanden, so spricht Nachtigall von Misskonzepten. Hierbei umfasst sein Begriffsverständnis ausschließlich kognitive Aspekte zu physikalischen Begriffen und Konzepten. Horst Schecker (1985) hingegen definiert den Begriff „Präkonzept“ als emotional besetztes Erklärungsmuster für stabile inhaltliche Repräsentationen bzw. inhaltliche Ausprägungen von Begriffen inklusive deren affektiver Besetzungen und stellt erstmalig eine Systematisierung der von ihm verwendeten Begrifflichkeiten auf.

Alle drei Autoren haben Schülervorstellungen untersucht und Klassifizierungen dieser in der Mechanik aufgestellt, die sich jedoch erheblich voneinander unterscheiden. Diese Diskrepanz lässt sich durch die verschieden Begriffsauffassungen, Blickrichtungen und Forschungsinteressen begründen. Jung hat vorwiegend durch strukturierte Probleminterviews und schriftliche Befragungen Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der 8. bis zur 13. Klasse über Begriffe der Newtonschen Mechanik erhoben (vgl. Jung 1982; Jung et al. 1981). Sein Hauptuntersuchungsinteresse lag auf der Fähigkeit der Lernenden physikalische Sachverhalte, speziell Alltagsphänomene, begriffliche zu erfassen und diese zu beschreiben. Anhand seiner empirischen Daten klassifizierte Jung Schülervorstellungen in 6 Blöcken mit insgesamt 12 Vorstellungen. Nachtigall (1986) hat aus mehreren internationalen und nationalen empirischen Studien zu Schülervorstellungen in der Mechanik die Daten zusammengefasst und aus einem fachwissenschaftlichen Blickwinkel 6 Kategorien von defizitären kognitiven Bestandteilen bei den Vorstellungen

von Lernenden aufgeführt. Bei der Beschreibung des bei Lernenden aus der Sekundarstufe II empirisch untersuchten Vorverständnisses unterscheidet Schecker (1985) 6 bzw. 8 Präkonzepte, die jeweils durch fehlerhafte (Teil-)Vorstellungen näher charakterisiert werden und in Wechselbeziehungen zu Interessen, Denkrahmen und Erfahrungen gesetzt werden. Diese beispielhaft aufgeführten Kataloge von Schülervorstellungen in der Mechanik unterscheiden sich nicht nur durch oberflächliche Merkmale, wie beispielsweise die Anzahl und Benennung von Kategorien, sondern auch in ihrer Körnung und Graduierung. Letzteres führt dazu, dass die einzelnen Schülervorstellungen nicht deckungsgleich sind und sich auch nicht ineinander überführen lassen.

Probleme bei der Validierung von Instrumenten zur Diagnose von Schülervorstellungen

Diese hier kurz skizzierte Problematik ist zum einen ein Indiz dafür, wie heterogen der gemeinhin als gesichert und kongruent geltender Forschungsstand zu Schülervorstellungen (in der Mechanik) sich verhält. Darüber hinaus birgt diese Problematik auch erhebliche Schwierigkeiten, wenn es darum geht in Forschungskontexten die Grundlage für eine valide Diagnose von Schülervorstellungen zu schaffen, beispielsweise bei der Entwicklung eines Kategorien basierten Instruments zur Beurteilung von Schülervorstellungen in videographierter Gruppenarbeit von Lernenden im Physikunterricht. Die uneinheitlichen Darstellungen von Schülervorstellungen in der Physikdidaktik, d.h. die beträchtliche Divergenz der verwendeten Termini und der verschiedenen Klassifizierungen, führt in solchen Fällen zu uneinheitlichen diagnostischen Urteilen von (externen) Experten darüber, welche Schülervorstellungen in den Videos konkret auftrete . Konsequenterweise führt dann eine Expertenbefragung als Validierungsstrategie und Grundlage für die Erstellung eines Gütemaßstabes zu keinem befriedigenden Ergebnis. Dies hat sich aktuell bei der Entwicklung eines videobasierten, leidfadengestützten Testinstrumentes zur Erhebung der diagnostischen Performanz mit Schülervorstellungen in der Mechanik als Diagnosegegenstand (vgl. Rath & Reinhold 2014, 2015a, 2015b) gezeigt. Als Alternative eine abgeschwächte Strategie zu verfolgen und eine Validierung durch Orientierung an nur einem der oben aufgeführten Autoren (Jung, Nachtigall, Schecker) herbeizuführen, führt ebenfalls zu keinem befriedigenden Gütemaßstab für ein diagnostisches Urteil der Schülervorstellungen in Videos. Gründe liegen in der Formulierung der einzelnen Repräsentationsklassen und der teilweise nicht möglichen Zuordbarkeit von für die Diagnose wichtigen semantischen Einheiten zu den Kategorien. Offenbar enthalten die jeweiligen Kataloge immer noch auch „Färbungen“ ihres Entstehungskontextes (z.B. Begrenzung auf eine bestimmte Altersstufe oder spezifische Forschungsinteressen und Blickrichtungen der Autoren).

Vorschlag eines Lösungsansatzes

Im zugrundeliegenden Projekt zur Erfassung der diagnostischen Kompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften ist ein (valider) Gütemaßstab für die Analyse von Schülervorstellungen zwingend notwendig. Daher wurde ein theoriegeleiteter Katalog von Schülervorstellungen in der Mechanik speziell für die Diagnose eben dieser in Videos erstellt. Dieser Katalog stellt eine Synthese aus den Klassifizierungen von Jung (1982), Schecker (1985), Nachtigall (1986) und Wodzinski (1996) da und weist (ausschließlich) kontextspezifische Vorstellungen zu Phänomenen, Begriffen und Gesetzten über den gesamten Schulstoff der Mechanik auf. Ein weiterer Unterschied zu den bisherigen Katalogen ist die für Diagnosezwecke angepasste Formulierung der einzelnen Schülervorstellungen und deren Indikatoren, die in Anlehnung an die (Teil-)Vorstellung von Schecker (1985) vorgenommen wurde.

Dieser auf bereits bestehenden Klassifizierungen aufbauende Katalog wurde auf die drei Videos des Instruments zur Erhebung der diagnostischen Performanz angewendet (vgl. Rath & Reinhold 2015b). Bei Einsatz des Instruments durch zwei unabhängige Rater wurden gute bis sehr gute Werte bei der prozentualen Übereinstimmung sowie ähnlich gute Kappa-Werte erreicht. Der gefundene Katalog stellt damit einen projektbezogenen Lösungsansatz für die heterogene Darstellung der Forschungsergebnisse zu Schülervorstellungen in der Mechanik dar. Die Projektbezogenheit des Gütemaßstabs ist allerdings mit Einschränkungen in der Verallgemeinerbarkeit der mit dem o.g. Erhebungsinstrument gewonnenen Ergebnisse verbunden. Es bleibt zu diskutieren, ob dies ein inhärentes Problem von Maßstäben ist, die auf noch nicht vollständig kanonisiertem Wissen (wie dies oft in der Fachdidaktik der Fall ist) basieren.

Literatur

Duit, R. (2015): Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: Kircher, E.; Girwitz, R.; Häußler, P. (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Srpinger-Verlag. S. 657-680.

Hopf, M.; Schecker, H.; Wiesner, H. (Hrsg.) (2011)): Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.

Jung, W.; Reul, H.; Schwedes, H. (1977): Untersuchung zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6. Frankfurt/Main: Disterweg.

Jung, W. (1979): Aufsätze zur Didaktik der Physik und Wissenschaftstheorie. (Beiträge zur Methodik und Didaktik der Physik) 1. Auflage. Frankfurt am Main, Berlin, München: Diesterweg.

Jung, W.; Wiesner, H.; Engelhardt, P. (1981): Vorstellungen von Schülern über Begriffe der Newtonschen Mechanik. Empirische Untersuchungen und Ansätze zu didaktisch-methodischen Folgerungen. (Texte zur mathematisch-naturwissenschaftlichen-technischen Forschung und Lehre; Bd. 8)

Jung, W. (1982): Vorstellung der Schüler zu physikalischen Begriffen. In: Fischler (Hrsg.): Lehren und Lernen im Physikunterricht. Didaktik des Physikunterrichts. Bestandaufnahme. Köln, Aulis-Verlag. Deuber. S. 70-104.

Nachtigall, D. (1986): Vorstellungen im Bereich der Mechanik. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik/ Chemie. Heft 13. 34. Jg. S. 16-21

Niedderer, H.; Schecker, H. (1992): Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In: Duit, R.; Goldberg, F.; Niederer, H. (Hrsg.): Research in physics learning: theoretical issus ans empirical studies: proceedings of an international workshop. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. S. 74- 98.

Rath, V.; Reinhold, P. (2014) : Diagnosekompetenz von Physiklehramtsstudierenden. In S. Bernholt, (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013. Münster: Lit.

Rath, V.; Reinhold, P. (2015a): Modellierung diagnostischer Kompetenz von Physiklehramtsstudierenden. In S. Bernholt, (Hrsg.): Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschatflichen Unterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014. Münster: Lit.

Rath, V.; Reinhold, P. (2015b): Diagnostische Kompetenz von Physiklehramtsstudierenden_2 GEBF-Tagung, Bochum

Schecker, H. (1985): Das Schülervorverständnis zur Mechanik. Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftstheoretischer Aspekte.

Wiesner, H. (2008):

Wirtz, M.; Caspar, F. (2002): Beurteilungsübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Hogrefe.

Wodzinski, R. (1996): Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonischer Dynamik im Anfangsunterricht. Münster: LIT-Verlag.

Yannik Tolsdorf Universität Bremen
Silvija Markic

Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie

Theoretischer Rahmen

Die Diagnostik wird im schulischen Kontext sehr unterschiedlich verwendet. Einerseits thematisieren Florian und Black-Hawkins (2011) die Diagnose im Hinblick auf einen inklusiven Unterricht. Andererseits steht die Diagnostik bei der individuellen Förderung von Schülerinnen und Schülern und der Identifizierung von Fehlvorstellungen im Mittelpunkt (Barke, Hazari & Yitbarek, 2009). Auch bei einem sprachsensiblen naturwissenschaftlichen Unterricht (Markic, Broggy & Childs, 2013) wird die Diagnostik berücksichtigt. Somit zeigt sich, dass die Diagnostik in der Schule allgemein und spezifisch im Chemieunterricht ein wichtiger Aspekt sein soll.

Im schulischen Kontext wird die Diagnostik in zwei Bereiche gegliedert: (i) die psychologische und (ii) die didaktische Diagnostik. Unter der psychologischen Diagnostik versteht man z.B. die Diagnose von Lernbehinderungen (Füchter, 2011). Generell werden unter der didaktischen Diagnostik alle Aktivitäten zusammengefasst, die den Lernprozess optimieren sollen (Ingelkamp & Lissmann, 2008). Um solch eine angemessene Diagnostik im Unterricht durchführen zu können, sollten die Lehrerinnen und Lehrer über ein Wissen und bestimmte Kompetenzen verfügen. Oft wird eine gute diagnostische Kompetenz bei Lehrerinnen und Lehrern mit der Exaktheit und Korrektheit einer Diagnose gleichgesetzt. Diagnostizieren meint jedoch nicht nur exakte Aussagen über die Schülerinnen und Schüler zu treffen, sondern umfasst u.a. die anschließende Förderung dieser (Klug, 2011). Ausgehend von einer tiefergreifenden Analyse eines diagnostischen Prozesses beschreibt Jäger die diagnostische Kompetenz, die für eine erfolgreiche Diagnostik wichtig ist. Jäger (2007) definiert die diagnostische Kompetenz mit Hilfe von vier Teilkompetenzen, die eine Lehrperson besitzen soll und Jäger als Wissen bezeichnet:

- *Bedingungswissen*: Kenntnisse über die Einflüsse im inhaltlichen Zusammenhang, die Erleben und Verhalten verursachen.
- *Technologisches Wissen*: Wissen über mögliche Erhebungs- und Auswertungsmethoden für eine diagnostische Fragestellung.
- *Änderungswissen*: Kenntnisse über die Entwicklung und den Einsatz von Strategien zur Veränderung.
- *Kompetenzwissen*: Fähigkeit zur Selbstreflexion und das Wissen überhaupt eine Fragestellung beantworten zu können. Dies bedeutet auch, sein Wissen erweitern zu wollen oder die Fragestellung an eine andere Person weiterzugeben.

Methode und Probanden

Um in der Schule einen guten diagnostischen Prozess durchführen zu können, sollten die diagnostischen Kompetenzen bereits in der Lehramtsausbildung entwickelt werden. Somit liegt der Fokus dieser Studie auf der universitären Lehramtsausbildung und wird von folgenden Forschungsfragen geprägt:

- Welche diagnostische Kompetenz besitzen Lehramtsstudierende in der Chemie an unterschiedlichen Punkten ihrer Ausbildung?
- Welche Unterschiede/Gemeinsamkeiten sind in der diagnostischen Kompetenz von Lehramtsstudierenden in der Chemie unterschiedlicher Semester zu erkennen?
- Welche Rückschlüsse lassen sich auf die Lehramtsausbildung bezüglich der Thematik schließen?

Der Fokus der Studie liegt dabei auf zwei Chemiefachdidaktik-Modulen, die eine Kombination der Theorie und der Schulpraxis darstellen. In beiden Modulen werden die Studierenden u.a. für den Einfluss der Heterogenität und Diversität im Chemieunterricht sensibilisiert, verschiedene Instrumente der Diagnostik werden präsentiert und die Möglichkeiten des Umgangs mit der Heterogenität und Diversität im Unterricht aufgezeigt. Nach den Seminaren befinden sich die Studierenden im Schulpraktikum: (i) im erstem Modul in Zweier-Teams für 10 Unterrichtsstunden und (ii) im zweiten Modul im Rahmen des Praxissemesters für ca. 5 Monate. Bisher wurden die Daten mit Hilfe eines Fragebogens an drei Zeitpunkten gesammelt: (i) Studierende, die keines der beiden Module besucht haben (N= 22), (ii) Studierende, die das erste Modul vor dem offiziellen Beginn der Studie besucht haben (N= 28) und (iii) Studierende, die beide Module erfolgreich beendet haben (N= 15).
Der Fragebogen beginnt mit einer Aufforderung, einen Aufsatz zum Thema *Diagnostizieren* zu schreiben. Somit beeinflussen die weiteren Fragen unserseits die Meinungen zu diesem Thema nicht. Danach sollen die Studierenden vier weitere Fragen beantworten, die sich auf die Teilkompetenzen von Jäger beziehen. Die Entwicklung des Evaluationsrasters erfolgte mit der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2002). Es wurden dabei vier Teilkompetenzen gefunden. Das Evaluationsraster wurde induktiv aus dem Material heraus differenziert. Dabei konnten alle Gütekriterien der qualitativen Sozialforschung nach Mayring (2002) eingehalten werden. Die Daten wurden von zwei Kodierer ausgewertet und ein *Intersubjective Agreement* nach Swanborn (1996) gesucht. Es wurde ein $\kappa = ,85$ erreicht.

Ergebnisse

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse für die vier Wissensbereiche dargestellt.

Kompetenzwissen:

Die erste Gruppe der Studierenden äußert eine negative Einstellung zur Heterogenität und Diversität im Chemieunterricht. Es zeigt sich, dass die Studierenden den Umgang mit der Heterogenität als ein Problem sehen. Im Laufe des Studiums ändert sich die negative Einstellung zur Heterogenität, welche in den folgenden Evaluationen abnimmt. Des Weiteren zeigt sich eine Veränderung im Bewusstsein zur Diagnostik im Chemieunterricht. Die erste Gruppe der Studierenden schreibt, dass sie die Diagnostik benötigen. Die Gruppe, die nur das erste Modul abgeschlossen hat, stellt die Diagnostik im Chemieunterricht nicht mehr als wichtig dar, was sich nach dem Beenden des zweiten Moduls wieder stark ändert. Auffällig ist, dass die Gruppe nach dem ersten Schulpraktikum eine eigene Unsicherheit bezüglich des Umgangs mit Heterogenität äußert. Davon berichten die Studierenden nach der langen praktischen Phase nicht mehr.

Bedingungswissen:

Die Sprache und die Leistung der Schülerinnen und Schüler werden von den Studierenden als die Haupteinflussfaktoren für die Heterogenität im Chemieunterricht genannt. Andere Dimensionen des *Diversity Wheels* werden im Laufe des Studiums wichtiger. Auch hier ist eine Auffälligkeit nur nach der ersten praktischen Phase. Dort denken die Studierenden, dass eine mangelnde und schlechte Förderung bzw. Forderung der Grund für die Heterogenität im Chemieunterricht sei.

Technologisches Wissen:

Jegliche Arten von Verschriftlichungen werden zu allen drei Zeitpunkten als ein wichtiges Diagnoseinstrument angesehen. Dabei werden Tests im Laufe des Studiums immer wichtiger. Die Beobachtung im Unterricht wird dagegen immer unbedeutender.

Änderungswissen:

Alle drei Gruppen der Studierenden zeigten ein breites Wissen bezüglich des Umgangs mit der Heterogenität im Chemieunterricht und das Wissen steigt von Gruppe zu Gruppe an. Dabei werden häufig Differenzierungsmöglichkeiten von den Studierenden aufgezeigt. Sobald die Studierenden praktische Erfahrungen sammeln konnten, wurde die Planung des

Unterrichts immer wichtiger, genauso wie die Gestaltung von Arbeitsblättern und Experimenten. Sie nennen dabei verschiedene Möglichkeiten, wie man die Texte an die z.B. sprachliche Heterogenität der Schülerinnen und Schüler anpassen kann oder die Unterstützungsmöglichkeiten bei Texten z.B. durch Bilder bei den Leistungsunterschieden.

Diskussion

Obwohl diese Studie mit einer vergleichsweise kleinen Anzahl an Studierenden durchgeführt wurde, konnten erste Rückschlüsse für die entwickelten Module gezogen werden. Die Studie zeigt, dass das Änderungswissen der Studierenden am stärksten und ausdifferenziertesten ausgeprägt ist. In den Seminaren wurden den Studierenden genügend Möglichkeiten gezeigt, jedoch wäre ein breiteres Spektrum an Diagnoseinstrumenten wünschenswert, die in den Seminaren kennengelernt und entwickelt werden können, um diese dann in den Praktika sinnvoll einzusetzen.

Für das technologische Wissen zeigt die Studie, dass die Studierenden sich auf die Verschriftlichungen und Klausuren fokussieren und die Beobachtung immer unwichtiger wird. Die Vermutung liegt nahe, dass insbesondere im ersten Schulpraktikum der Fokus – falls vorhanden – auf die Verschriftlichung und Klausuren gelegt wird. Somit ist hier genauer zu untersuchen, was in der Schule passiert und wie die Kooperation mit den Mentoren an der Schule verbessert werden kann.

Allgemein ist eine auffällige Veränderung nach dem ersten Modul und somit nach dem ersten kurzen Schulpraktikum zu sehen, insbesondere wenn es um Unsicherheiten und Einstellungen geht. Dieses könnte an der kurzen und unreflektierten Phase im ersten Modul liegen. Da dies das erste Praktikum im Fach Chemie ist, ist zu vermuten, dass die Studierenden in dieser sehr kurzen Praxisphase von 5 Doppelstunden, doch ihre Aufmerksamkeit auf andere Geschehnisse im Unterricht legen und die Diagnostik noch nicht im Fokus haben. Darüber hinaus stellt sich die Frage, welche Einstellungen die Mentoren zu Diagnostik und Heterogenität hatten und wie sehr dies von den Studierenden adaptiert wurde. Hier bedarf es noch einer genaueren Untersuchung.

Dieses Projekt wird ermöglicht durch die Förderung der Deutschen Telekomstiftung, der die Autoren an dieser Stelle ausdrücklich für deren Unterstützung danken.

Literatur

Barke, H.-D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). Misconceptions in Chemistry: Addressing Perceptions in Chemical Education. Berlin: Springer-Verlag

Florian, L., & Black-Hawkins, K. (2011). Exploring inclusive pedagogy. British Educational Research Journal, 37 (5), 813-828

Füchter, A. (2011). Pädagogische und didaktische Diagnostik: Eine schulische Entwicklungsaufgabe mit hohem Professionalitätsanspruch. In A. Füchter & K. Moegling (Eds.), Diagnostik und Förderung Teil I: Didaktische Grundlagen (Band 14). Kassel: PROLOG-Verlag, 45-83

Ingenkamp K., & Lissmann, U. (2008). Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik (6. Auflage). Weinheim: Beltz Verlag

Jäger, R. S. (2007). Diagnostik. In H. E. Tenorth & R. Tippelt (Eds.), Beltz Lexikon Pädagogik. Weinheim: Beltz, 154-155

Klug, J. (2011). Modeling and Training a New Concept of Teachers' Diagnostic Competence. Dissertation, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt

Markic, S., Broggy, J., & Childs, P. (2013). How to deal with linguistic issues in chemistry classes. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), Teaching chemistry – A studybook: a practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers. Rotterdam: Sense, 127-152

Mayring, P. (2002). Einführung in die Qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken (5. Auflage). Weinheim: Beltz Verlag

Swanborn, P. G. (1996). A common base for quality control criteria in quantitative and qualitative research. Quality and Quantity, 30, 19–35

Marvin Krüger[1]
Friederike Korneck[1]
Lars Oettinghaus[1]
Mareike Kunter[2]

Goethe-Universität Frankfurt am Main
[1]Institut für Didaktik der Physik
[2]Institut für Psychologie

Perspektiven auf Unterrichtsqualität in Unterrichtsminiaturen

Motivationale wie kognitive Lernergebnisse von Schüler(innen) werden durch das Handeln ihrer Lehrkraft geprägt. In der bildungswissenschaftlichen wie didaktischen Forschung liegt der Fokus daher häufig neben der theoretischen Betrachtung dieses Handelns auf dessen empirischer Messung. Die Studie Φactio untersucht die Lehrerüberzeugungen als (vermutlich) wirksame Determinanten qualitätsvollen Unterrichtshandelns und verfolgt bei der Erhebung der Unterrichtsqualität einen neuen Weg. Statt der Betrachtung von Regelunterricht werden sog. Unterrichtsminiaturen als Erhebungsgrundlage gewählt. Dabei handelt es sich um kurze, inhaltlich abgeschlossene Unterrichtssequenzen von 12 Minuten Länge, in deren Mittelpunkt ein Freihandexperiment aus der Mechanik steht.
Der vorliegende Beitrag diskutiert die Verwendung unterschiedlicher Zugänge zu Unterrichtsqualität in diesem Setting, stellt die in Φactio eingesetzten Instrumente dar und beleuchtet ihre Eignung in Hinblick auf Reliabilität und Validität.

Theoretischer Hintergrund

Bei der Betrachtung unterrichtlicher Prozesse lassen sich prinzipiell unterschiedliche Strukturebenen unterscheiden, von deren Wahl der Grad an Inferenz bei der Erhebung entsprechender Merkmale abhängt. Im Bereich der Sichtstruktur finden sich Oberflächenmerkmale, die sich mit keiner oder wenig Inferenz beurteilen lassen, z. B. Unterrichtsmethoden oder Sozialformen. Merkmale der Tiefenstruktur sind dagegen solche, die sich einem Beobachter nicht unmittelbar erschließen, jedoch mit einem höheren Grad an Inferenz dennoch beurteilbar sind, z. B. die Beziehungsqualität von Lehrkräften und Schüler(innen). Seidel und Shavelson (2007) sowie Hattie (2009) zeigten in ihren Metaanalysen, dass es insbesondere die Merkmale der Tiefenstrukturen sind, die erfolgreiches Lernen prädiktieren. Ein empirisch und theoretisch fundiertes Modell der wesentlichen Merkmale von Unterrichtsqualität im Bereich der Tiefenstrukturen entwickelten Klieme et al. (2006). Sie beschreiben die drei Basisdimensionen „kognitive Aktivierung“, „Klassenführung“ und „schülerorientiertes Sozialklima“, wobei letzteres hier im Sinne von Kunter und Trautwein (2013) als „konstruktive Unterstützung“ verstanden wird. Kognitive Aktivierung entspricht dem „intellektuellen Anforderungsgehalt“ (Kunter & Trautwein, 2003, S. 86) des Unterrichts mit der dahinterstehenden Vorstellung einer aktiven Wissenskonstruktion seitens der Schüler(innen). Die Klassenführung umfasst die klare, strukturierte und insbesondere störungspräventive Unterrichtsführung durch eine entsprechende Vorbereitung und Ausgestaltung des Unterrichts. Konstruktive Unterstützung bezieht sich wesentlich auf die Selbstbestimmung der Schüler(innen) und wird z. B. durch ein adäquates Interaktionstempo und eine positive Fehlerkultur ermöglicht.
Zur Erhebung von Unterrichtsqualität werden in der Regel Beurteilungen von Schüler(innen), Lehrkräften und/oder externen (Video-)Beobachtern herangezogen. Alle drei Zugänge weisen spezifische Vor- und Nachteile auf (vgl. Clausen, 2002): Aufgrund der Möglichkeit zur Aggregation vieler Urteile zu einer Lehrkraft, weisen die Beurteilungen durch Schüler(innen) in der Regel eine hohe Reliabilität auf, zudem ist ihr Einsatz sehr ökonomisch. Demgegenüber sind aufgrund mangelnder didaktisch-methodischer Expertise jedoch Halo-Effekte zu erwarten, zudem sind die Urteile möglicherweise durch andere Faktoren, wie die Lehrerbeliebtheit, beeinflusst. Schüler(innen) fällt es schwer, Urteile zu eige-

nen Lehrkräften bezüglich eines bestimmten Beurteilungszeitraumes abzugeben. Die unterrichtenden Lehrkräfte lassen sich im Sinne einer Selbstauskunft ebenfalls befragen, mögliche selbstdienliche Verzerrungen überwiegen jedoch den Vorteil des ökonomischen Einsatzes, weshalb in dieser Studie auf die Erhebung der Lehrerperspektive verzichtet wurde. Der Einsatz externer (Video-)Beobachter scheint der beste Weg für die Erhebung zu sein, da sie eine hohe Objektivität, eine hohe Validität (aufgrund ihrer Expertise) und Reliabilität (aufgrund ihrer Schulung) aufweisen. Nachteil der Beobachterperspektive ist der hohe Aufwand und die damit verbundenen Kosten. Szogs et al. (in diesem Band) entwickelten daher ein sehr schlankes, aber dennoch differenziertes Videomanual zur ökonomischen Erhebung der Unterrichtsqualität im nachfolgend beschriebenen Setting. Im Fokus dieses Beitrags stehen die beiden anderen, in der Studie Φactio eingesetzten, Perspektiven: Neben den Schüler(innen) sind dies die (hospitierenden) Peers, andere angehende Physiklehrkräfte, die als entsprechend ungeschulte, aber didaktisch versierte Beobachter beschrieben werden können.

Design und Stichprobe

Die vorliegende Studie erfasst Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte durch eine Erhebung im Rahmen 12-minütiger Unterrichtsminiaturen, welche in einer studiengang- und phasenübergreifenden Lehrveranstaltung von den Teilnehmer(innen) eigenständig entwickelt werden und in deren Mittelpunkt jeweils ein Freihandexperiment steht (Korneck et al., 2015). Der Unterricht findet an kooperierenden Gymnasien und Gesamtschulen mit Klassen der Sekundarstufe I statt. Die Lehrkräfte sind Studierende des Haupt-/Realschul- sowie des gymnasialen Lehramts im Hauptstudium und gymnasiale Lehrkräfte im ersten Modul des Vorbereitungsdienstes.

Die Stichprobe umfasst die Teilnehmer(innen) der Seminarveranstaltungen zwischen WiSe 2012/13 und SoSe 2014 und damit insgesamt 84 angehende Physiklehrkräfte. Da alle Teilnehmer(innen) doppelt unterrichten, stehen für die Auswertungen insgesamt 168 Unterrichtssequenzen sowie die dazugehörigen Beurteilungen der Unterrichtsqualität von durchschnittlich 10 hospitierenden Peers und 12 unterrichteten Schüler(innen) zur Verfügung.

Instrument

Für die Erhebung der Einschätzungen von unterrichteten Schüler(innen) und hospitierenden Peers bedurfte es aufgrund der organisatorischen Gegebenheiten im Rahmen der Lehrveranstaltung eines kurzen Fragebogens, der innerhalb von zwei Minuten beantwortbar ist und dennoch die drei Basisdimensionen möglichst umfassend abdeckt. Die Operationalisierung fand in direkter Anlehnung an die COACTIV-Studie (Baumert et al., 2009) statt, deren Items für das vorliegende Setting adaptiert wurden. Es wurden dabei die Items des entsprechenden Schülerfragebogens verwendet, allerdings auf den Bereich der sozialen konstruktiven Unterstützung verzichtet, da diese im vorliegenden Falle fremder Lehrkräfte bzw. Schüler(innen) nicht zum Tragen kommen kann. Daraus entstand ein Itempool von insgesamt 22 Items (7 bis 8 pro Basisdimension), die in zwei verschiedene Testhefte aufgeteilt wurden. Die 10 repräsentativsten Items für die jeweilige Skala wurden als Ankeritems eingesetzt und 6 weitere jeweils auf die Testhefte verteilt.

Analysen und Ergebnisse

Bisherige Analysen auf Ebene der 84 Lehrkräfte, in die die Urteile von Schüler(innen) und Peers durch die Bildung von Durchschnittsscores Eingang fanden, zeigten durch angemessene bis sehr gute Skalenreliabilitäten und Intraklassenkorrelationen eine ausreichende Reliabilität des eingesetzten Instrumentes an. Die Einschätzungen der Peers weisen gegenüber den Schüler(innen) zum Teil sehr gute Intraklassenkorrelationen (ICC(2)>.85) auf und erlauben es sogar, eine Analyse auf Ebene der einzelnen Unterrichtssequenzen durchzuführen. Die

Schüler(innen) weisen im Allgemeinen akzeptable Beobachterübereinstimmungen auf, liegen jedoch bezüglich aller Merkmale unter denen der Peers und knapp unterhalb von .70.
Neben der Reliabilität sind insbesondere Rückschlüsse auf die Validität des eingesetzten Tests möglich. Ein Vergleich der Schüler(innen)- und Peer-Perspektive zeigt substantielle, signifikante Übereinstimmungen beider Zugänge und spricht für eine konvergente Konstruktvalidität, die in anderen Studien zur Unterrichtsqualität bislang nicht erreicht werden konnte (z. B. Fauth et al., 2014). Dies ist vermutlich auf das spezielle Setting zurückzuführen, das durch die Beurteilung der Unterrichtsminiaturen fremder Lehrkräfte zwei wesentliche Nachteile der Schüler(innen)perspektive abschwächt: Die Urteile der Schüler(innen) beziehen sich nur auf den untersuchten Beobachtungszeitraum und können hier als objektiv gelten. Die Modellierung des Zusammenhangs zwischen Unterrichtsqualität und Lehrerüberzeugungen liefert Ergebnisse, die zur empirischen Befundlage konform sind (siehe Oettinghaus et al., in diesem Band). Dies kann als positiver Befund zur Kriteriumsvalidität gewertet werden.

Diskussion und Ausblick

Im Rahmen der bisherigen Analysen in der Studie Φactio konnte nachgewiesen werden, dass das Schülerinstrument der COACTIV-Studie auch für den Einsatz bei miniaturisiertem Unterricht geeignet erscheint und eine hohe Güte aufweisen kann. Aufgrund des berichteten Zusammenhangs von Schüler- und Peer-Perspektive und der gleichermaßen schlechteren Beobachterübereinstimmung der Schüler(innen), wird im Folgeprojekt auf die Erhebung der drei Basisdimensionen durch die Schüler(innen) verzichtet. Stattdessen erscheint es nun sinnvoll, den Fokus auf andere Aspekte zu legen, über die nur die Schüler(innen) Auskunft geben können. Dazu gehören insbesondere motivationale und kognitive Merkmale ihres Lernprozesses, wie ihre soziale Eingebundenheit. Derartige Merkmale liegen näher am tatsächlichen Outcome des Unterrichts und können damit weitere interessante Einblicke liefern. Aktuell werden die Unterrichtssequenzen mit Hilfe des neu entwickelten Videomanuals beurteilt. Durch einen Vergleich der Urteile von Schüler-, Peer- und Videobeobachtern wird dadurch eine weitere Möglichkeit zur Überprüfung der Konstruktvalidität gegeben. In Anlehnung an das Videomanual, das gegenüber dem Instrument der COACTIV-Studie eine bessere Passung an das Setting aufweist, wird zudem der Peerfragebogen überarbeitet.

Literatur

Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U. et al. (2009). Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente (Materialien aus der Bildungsforschung Nr. 83). Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Clausen, M. (2002). Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Münster: Waxmann.

Fauth, B., Decristan, J., Rieser, S., Klieme, E. & Büttner, G. (2014). Grundschulunterricht aus Schüler-, Lehrer- und Beobachterperspektive: Zusammenhänge und Vorhersage von Lernerfolg. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 28 (3), S. 127–137.

Klieme, E., Lipowsky, R., Rakoczy, K. & Ratzka, N. (2006). Qualitätsdimensionen und Wirksamkeit von Mathematikunterricht. Theoretische Grundlagen und ausgewählte Ergebnisse des Projekts Pythagoras. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms (S. 127–146). Münster: Waxmann.

Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M., & Redinger, R. (2015). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle, & T. Engartner (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und aktuelle Anwendungsbeispiele. Weinheim: Beltz Juventa.

Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). Psychologie des Unterrichts. Paderborn: Schöningh.

Oettinghaus, L., Krüger, M., Korneck, F., Kunter, M. (in diesem Band). Überzeugungen und Unterrichtshandeln.

Szogs, M., Krüger, M., Korneck, F., Oettinghaus, L. & Kunter, M. (in diesem Band). Kognitive Aktivierung in standardisierten Unterrichtsminiaturen.

Fadime Karaböcek Goethe-Universität Frankfurt
Roger Erb

Die Entscheidung für den Einsatz von Experimenten

Ausgangslage und Untersuchungsinteresse

Die Entscheidung für die Art und Weise des Einsatzes von Experimenten erfolgt größtenteils in der Planungsphase des Unterrichts durch die Lehrkraft. Möchte man Informationen über diesen Prozess erhalten, ist es interessant, sich mit der Sicht der Lehrkraft auseinanderzusetzen. In der Studie *Einsatz von Experimenten im Physikunterricht* (Karaböcek & Erb, 2014) werden neben der Praxis in der experimentellen Gestaltung des Physikunterrichts und den Zielen der eingesetzten Experimente auch Voraussetzungen und Bedingungen betrachtet, die bei der Entscheidung für oder gegen den Einsatz von Experimenten eine Rolle spielen, wie die Überzeugungen der Lehrkraft rund um den Einsatz von Experimenten. In diesem Beitrag wird ein Einblick in Untersuchung und Ergebnisse des zuletzt genannten Teils gegeben.

Zur Analyse der Überzeugungen wird das Experimentieren der Lehrkräfte als ein Verhalten verstanden und operationalisiert, das sich – wie anderes Verhalten auch – an den vorhandenen Rahmenbedingungen orientiert. Die Lehrperson ist die entscheidende Person, die den Unterricht plant, indem sie u.a. nach curricularen, schulischen, räumlichen und persönlichen Vorgaben und Möglichkeiten handelt. Dabei ist interessant, ob der übliche Einsatz von Experimenten im Physikunterricht auf persönliche Merkmale der Lehrperson – wie beispielsweise die Überzeugungen zum Experimentieren – zurückgeführt werden kann.
Zur weiteren Untersuchung wird ein Modell verwendet, mit dem das Verhalten einer Person erklärt werden kann.
Nach der Theorie des geplanten Verhaltens (Theory of Planned Behavior, TPB) nach Fishbein & Ajzen (2010) wird das tatsächliche Verhalten einer Person maßgeblich durch die individuelle Intention, das Verhalten auszuführen, bedingt. Diese Intention kann laut der Theorie durch nur drei Komponenten bestimmt werden. Diese sind die Einstellung gegenüber dem Verhalten, die subjektive Norm (wahrgenommener Druck des sozialen Umfeldes) und die wahrgenommene Verhaltenskontrolle über das Verhalten. Diese bewertenden Komponenten (direkten Prädiktoren) basieren wiederum auf spezifischen salienten Überzeugungen der handelnden Personen (vgl. Abb. 1).
Die Annahme der TPB, dass das Verhalten vor allem durch die Intention einer Person bestimmt wird, erleichtert empirische Untersuchungen in hohem Maße. In Untersuchungssituationen, in denen die Beobachtung des interessierenden Verhaltens aus zeitökonomischen Gründen schwierig durchzuführen ist, ist es ausreichend, die Intention der Personen zu untersuchen. Ähnlich ist es beim Einsatz von Experimenten im Physikunterricht, weswegen nicht das Verhalten der Lehrpersonen, sondern ihre Intention zum Einsatz von Experimenten untersucht wird.
Neben der Überprüfung der Eignung der Theorie des geplanten Verhaltens für das spezifische Verhalten zum Einsatz von Experimenten im Physikunterricht werden drei weitere Forschungsfragen untersucht:

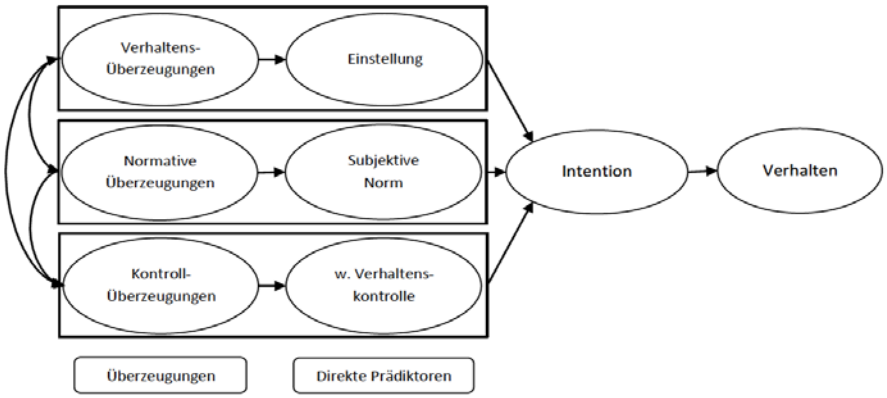


Abb. 1: Modell der Theorie des geplanten Verhaltens (eigene Darstellung nach Fishbein und Ajzen (2010, S.22)). Alle Variablen beziehen sich inhaltlich auf das betrachtete Verhalten.

- FF_1: Ist der Einsatz von Experimenten von den jeweiligen Themengebieten (Mechanik, Elektrizitätslehre oder Optik) abhängig, und gibt es Themengebiete, in denen bevorzugt Experimente eingesetzt werden?
- FF_2: Welchen Einfluss haben die direkten Prädiktoren auf die Intention zum Einsatz von Experimenten im Physikunterricht?
- FF_3: Welche salienten Überzeugungen haben einen maßgeblichen Einfluss auf die Intention zum Einsatz von Experimenten im Physikunterricht?

Studiendesign und Methoden

In einer Querschnittstudie wurden Lehrkräfte mithilfe eines Online-Fragebogens zu ihrer Intention zum Einsatz von Experimenten im eigenen Physikunterricht befragt. In Anlehnung an Empfehlungen von Fishbein & Ajzen (2010) zur Entwicklung von Messinstrumenten auf Grundlage der TPB konnte ein Fragebogen entwickelt und pilotiert werden. Der Fragebogen enthält Skalen zur Messung der Intention für das Experimentieren allgemein und in bestimmten Themengebieten (Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik). Zusätzlich konnten Skalen zur Erhebung der drei Komponenten und den möglicherweise zugrunde liegenden Überzeugungen eingesetzt werden. Dabei wurde nach der Häufigkeit des Einsatzes von Experimenten gefragt, so dass alle Komponenten und Überzeugungen bezüglich des Verhaltens ermittelt werden konnten.

Die Gelegenheitsstichprobe umfasste 335 Physik-Lehrkräfte der Sekundarstufe I. Die Auswertung erfolgte für den Vergleich der Intentionen in den drei Themengebieten mittels einer einfaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung. Der Einfluss der direkten Prädiktoren wurde durch eine konfirmatorische Faktorenanalyse ermittelt und der Einfluss der salienten Überzeugungen auf die Intention wurde mittels schrittweiser multipler Regression bestimmt.

Ergebnisse

In der Auswertung zeigen die direkten Prädiktoren einen signifikanten ($p < .05$) Einfluss auf die Intention (Abb. 2), so dass davon ausgegangen werden kann, dass die TPB zur Untersuchung des hier interessierenden Verhaltens geeignet ist. Wichtige Prädiktoren scheinen die Einstellung und die wahrgenommene Verhaltenskontrolle zu sein. Etwas detaillierter soll an dieser Stelle auf die Ergebnisse zu Überzeugungen (FF_3) eingegangen werden.

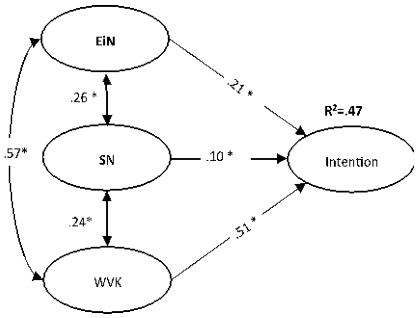


Abb. 2: Strukturgleichungsmodell zum Einsatz von Experimenten im Physikunterricht. Alle Prädiktoren haben einen signifikanten positiven Einfluss auf die Intention. Angezeigt werden die standardisierten Regressionsgewichte. EIN = Einstellung, SN = subjektive Norm, WVK = wahrgenommene Verhaltenskontrolle. Fit Indizes: $\chi 2(71) = 179{,}8$; $p < .001$; RMSEA 0.68; NFI .931; TLI .936; CFI .957

Es zeigt sich, dass nicht alle Überzeugungen einen direkten signifikanten Einfluss auf die Intention der Lehrkräfte haben. Im Folgenden werden exemplarisch die Verhaltensüberzeugungen, die der Einstellung zugrunde liegen, dargelegt. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der multiplen Regression einiger Überzeugungen auf die Intention. Von 14 korrelierenden Überzeugungen haben drei einen signifikanten Effekt. Interessant ist, dass diese Überzeugungen vorrangig methodischer Natur sind. Überzeugungen zum Lehren und Lernen dagegen haben keinen Effekt.

Tab. 1: Einige Überzeugungen zur Konsequenz des Einsatzes von Experimenten. Einen Effekt auf die Intention haben besonders die methodischen Überzeugungen.

Wenn ich häufig Experimente einsetze, ...	β
... wird der Unterricht durch die Experimente strukturiert.	.22**
... habe ich keine Zeit für andere Dinge.	-.20*
... motiviere ich die Schülerinnen und Schüler.	.18*
... haben meine SuS ein besseres Faktenwissen.	.08
... werden die physikalischen Zusammenhänge im Unterricht besser veranschaulicht.	.01
... erhalten meine SuS einen Einblick in physikalische Arbeitsweisen.	.01

Anhand dieser Ergebnisse wird deutlich, dass die Entscheidung für den Einsatz von Experimenten auf Überzeugungen der Lehrkräfte zurückgeführt werden kann. Während die Lehrkräfte oft fachliche bzw. didaktische Ziele für den experimentellen Unterricht angeben (Welzel et al., 1998), kann dies jedoch mit den hier vorgefundenen Überzeugungen zur Entscheidung nicht bestätigt werden. Hierdurch werden Fragen aufgeworfen, denen in weiteren Untersuchungen nachgegangen werden sollte.

Literatur

Fishbein, M., & Ajzen, I. (2010). Predicting and changing behavior: The reasoned action approach. New York: Psychology Press (Taylor & Francis).

Karaböcek, F. & Erb, R. (2013). Experimentieren im Physikunterricht: Welche Ziele verbinden Lehrkräfte mit dem Experimentieren? In: Helmuth Grötzenbauch, Volkhard Nordmeier (Hrsg.): PhyDid B – Didaktik der Physik, Beitrag DD 17.43.

Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H., Paulsen, A., Robinault, K. & von Aufschnaiter, S. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: ZfDN, 4 (1998) 1, S. 29-44.

* $p < .05$

Andreas Nehring[1]
Thomas Garus[2]
Kathrin H. Nowak[2]
Annette Upmeier zu Belzen[2]
Rüdiger Tiemann[2]

[1]Leibniz Universität Hannover
[2]Humboldt-Universität zu Berlin

Die Unterrichtswahrnehmung von Prozessen der Erkenntnisgewinnung durch Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler

Einleitung

Die Einbindung von Experimenten und Modellen zur Umsetzung von Prozessen der Erkenntnisgewinnung stellt ein zentrales Merkmal des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar. Diese Einbindung kann verschiedene Funktionen übernehmen. Neben der Motivierung von Schülerinnen und Schülern, der Darstellung und dem Aufbau von Fachwissen, der Möglichkeit, Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften und der Erkenntnisgewinnung zu entwickeln, sollen in einer prozessorientierten Funktion Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung gefördert werden (KMK, 2005; Tesch & Duit, 2004). Fachdidaktische Forschung konnte jedoch zeigen, dass das Erreichen dieser Ziele nicht per se mit deren Umsetzung im Unterricht einhergeht (Hofstein & Lunetta, 2004). So spielen Elemente der Oberflächenstruktur des Unterrichts, wie z. B. die Frage, ob Experimente und Versuche als Demonstrations- oder Schülerexperiment eingebunden werden, eine eher untergeordnete Rolle (Winkelmann & Erb, 2014). Bedeutsamer scheinen vielmehr Elemente der Tiefenstruktur des Unterrichts zu sein (Börlin, 2012; Schulz, 2013).

Die Bedeutung der Unterrichtswahrnehmung für die Lernwirksamkeit von Prozessen der Erkenntnisgewinnung

Ein weiterer zentraler Faktor besteht in der Wahrnehmung des Unterrichts durch die beteiligen Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler (Talanquer, Tomanek, & Novodvorsky, 2013). Weitere Befunde weisen darauf hin, dass Divergenzen zwischen den Zielen, mit denen Lehrkräfte Experimente, Versuche und Modelle in den Unterricht einbinden, und der Wahrnehmung durch die Schülerinnen und Schüler ein Faktor sein könnte, der auf die Leistungsentwicklung wirkt. Insbesondere das Erkennen der Zielstellungen und der hinter Experimenten, Versuchen und Modellen stehenden Ideen könnte eine Herausforderung darstellen; entsprechend schreiben Abrahams und Millar (2008, S. 1945): „Practical work was generally effective in getting students to do what is intended with physical objects, but much less effective in getting them to use the intended scientific ideas to guide their actions and reflect upon the data they collect.“ Insbesondere die Forschung zur Unterrichtsqualität zeigt, dass bei einem Vergleich der Einschätzungen durch Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte geringe bis moderate Übereinstimmungen feststellbar sind (Clausen, 2002; den Brok, Bergen, & Brekelmans, 2006; Kunter & Baumert, 2006). Damit erscheint die interpretierende Wahrnehmung von Unterricht eher divergent als konvergent.

Fragestellungen und Studienziel

Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel der vorliegenden Studie darin, Hinweise für Divergenzen und Konvergenzen in der Wahrnehmung von Unterrichtsprozessen mit Relevanz für die Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht zu erarbeiten. Dieser Bereich ist bisher nahezu vollkommen unbearbeitet. Daher wird diese Studie in einen explorativen Ansatz umgesetzt. Die folgenden Fragestellungen werden dabei beantwortet:

- Welche Kategorien der Wahrnehmung des eigenen Unterrichts lassen sich bei Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern bei der Betrachtung von Szenen mit Relevanz für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung identifizieren?

- Inwiefern unterscheidet sich die Wahrnehmung des eigenen Unterrichts durch Lehrkräfte und ihre Schülerinnen und Schüler?
- Inwiefern lassen sich Hinweise für eine unterschiedliche Unterrichtswahrnehmung bei Schülerinnen und Schülern mit unterschiedlicher Kompetenzausprägung aufzeigen?

Design und Methoden

Die Studie war eingebettet in die Datenerhebung eines größeren Projektes, bei der die Validierung und Beforschung eines fächerübergreifenden Kompetenzmodells in den Fächern Chemie und Biologie im Mittelpunkt stand. Neben Elementen des hypothetisch-deduktiven Durchführens von Untersuchungen definiert das Modell die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen „Beobachten, Vergleichen, Ordnen“, „Experimentieren“ und „Modelle nutzen“ als grundlegende Wege der Erkenntnisgewinnung (Nehring, Nowak, Upmeier zu Belzen, & Tiemann, 2012, 2015; Nehring, Nowak, Upmeiner zu Belzen, & Tiemann, 2014; Nowak, Nehring, Tiemann, & Upmeier zu Belzen, 2013). In diesem Rahmen wurde Chemieunterricht aus den Jahrgangsstufen neun bis zwölf videographiert. Dabei wurden drei Lehrkräfte und insgesamt 11 ihrer Schülerinnen und Schüler gebeten, an einem Interview über ihren durchgeführten bzw. erlebten Chemieunterricht teilzunehmen.

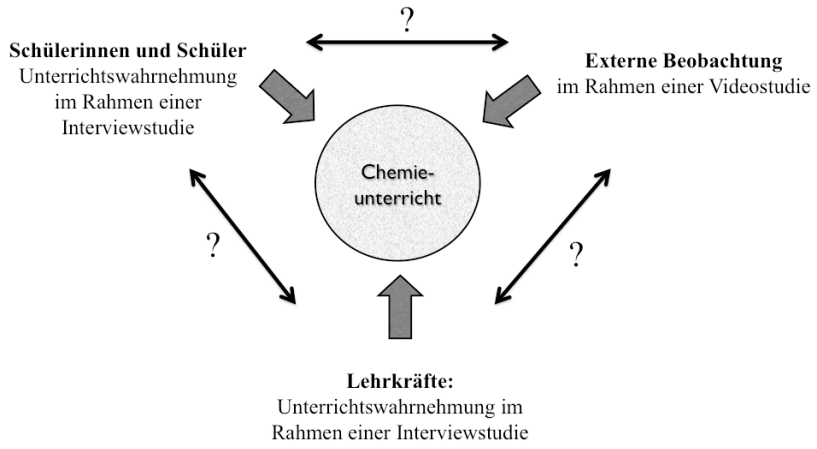


Abb. 1: Design zur explorativen Erforschung von Konvergenzen und Divergenzen in der Unterrichtswahrnehmung bei Prozessen der Erkenntnisgewinnung

Bei dem Interview handelte es sich um ein leitfadengestütztes Interview in einer Stimulated Recall Situation mittels Videoszenen. Das bedeutet, dass vier bis fünf Szenen mit Relevanz für die Erkenntnisgewinnung (Bildung von Fragestellungen oder Hypothesen, Planung oder Durchführung verschiedener Untersuchungen, Auswertung und Reflexion dieser Untersuchungen) pro Stunde entnommen und für die Interviewsituation aufbereitet wurden. Jeweils eine Szene ohne Bezug zur Erkenntnisgewinnung wurde ebenso verwendet, um den kurzfristigen Aufbau eines routinierten Antwortverhaltens zu verhindern. Daten über die Kompetenzausprägung der Schülerinnen und Schüler wurden mittels eines Tests gesammelt, der die Kompetenzen auf Grundlage des fächerübergreifenden Modells erfasst.

Ausblick auf die Studienergebnisse

Im Rahmen der Interviewauswertung mittels qualitativer Inhaltsanalyse wurden in einem ersten Schritt 1265 Kodierungen an insgesamt 65 kommentierten Szenen vorgenommen. Als Kodiereinheit wurden dafür ganze Sätze festgelegt. Je nach Inhaltsgehalt konnte ein Satz mehrfach kodiert werden. Zur Absicherung der Qualität der Analysen wurden 20 Prozent des

Interviewmaterials von unabhängigen Kodierern bearbeitet. Die so erhaltene Interrater-Reliabilität von κ_{gesamt} = 0.66 wird, im Falle dieser hoch-inferenten Kodierungen, als ausreichend für erste Analyse der Daten interpretiert.

Dabei konnten 55 Kategorien der Unterrichtswahrnehmung nachgewiesen bzw. aus dem Material abgeleitet werden. Diese verteilen sich derart vielfältig auf das Material, dass 53 Kategorien jeweils weniger als fünf Prozent der Kodierungen ausmachen. Zusammenhänge zwischen der Breite der Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler und der Kompetenzausprägungen im Bereich Erkenntnisgewinnung konnten ebenso abgeleitet werden. Diese Ergebnisse verweisen auf die hohe Komplexität des Konstrukts „Unterrichtswahrnehmung“ und seine mögliche Bedeutung für die Leistungsentwicklung im Fach Chemie. Aus Platzgründen werden weitere konkrete Ergebnisse in einer gesonderten Publikation berichtet.

Literatur

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *Internatinoal Journal of Science Education*, *30*(14), 1945–1969. http://doi.org/10.1080/09500690701749305

Börlin, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*. Berlin: Logos Verlag.

Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive?* Münster: Waxmann.

den Brok, P., Bergen, T., & Brekelmans, M. (2006). Convergence and divergence between teachers’ and students’ perceptions of instructional behaviour in Dutch secondary education. In D. L. Fisher & M. S. Khine (Eds.), *Contemporary approaches to research on learning environments: World Views* (pp. 125 – 160). Singapore: World Scientific Publishing.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, *88*(1), 28–54. http://doi.org/10.1002/sce.10106

KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.

Kunter, M., & Baumert, J. (2006). Who is the expert ? Construct and criteria validity of student and teacher ratings of instructionNo Title. *Learning Environments Research*, *9*(3), 231–251.

Nehring, A., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2012). Doing Inquiry in Chemistry and Biology. The Context’s Influence on the Students’ Cognitive Load. *La Chimica Nella Scuola*, *XXXIV-3*, 253–258.

Nehring, A., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2015). Predicting Students’ Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. *International Journal of Science Education*, *37*(9), 1343–1363. http://doi.org/10.1080/09500693.2015.1035358

Nehring, A., Nowak, K. H., Upmeiner zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2014). Ausgewählte Analysen der „VerE-Studie“ - Zur Trennbarkeit und zu Zusammenhängen von Fachwissen und Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung. In S. Bernholt (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013* (pp. 177–179). Kiel: IPN.

Nowak, K. H., Nehring, A., Tiemann, R., & Upmeier zu Belzen, A. (2013). Assessing students’ abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. *Journal of Biological Education*, *47*(3), 182–188. http://doi.org/10.1080/00219266.2013.822747

Schulz, A. (2013). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie*. Berlin: Logos Verlag.

Talanquer, V., Tomanek, D., & Novodvorsky, I. (2013). Assessing students’ understanding of inquiry: What do prospective science teachers notice? *Journal of Research in Science Teaching*, *50*(2), 189–208. http://doi.org/10.1002/tea.21074

Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, *10*, 51–69.

Winkelmann, J., & Erb, R. (2014). Die Rolle der Schüleraktivität beim Experimentieren. *Didaktik Der Physik*, 1–4.

Nico Schreiber Universität Duisburg-Essen
Heike Theyßen

Sind Selbstbeurteilungen beim Experimentieren praktikabel und nützlich?

Im Physikunterricht steht viel Unterrichtszeit im Zusammenhang mit Experimenten (z. B. Tesch & Duit, 2004). Dabei geht es nicht immer nur um das Lernen neuer Fachinhalte. Es geht auch darum, dass Schülerinnen und Schüler Fähigkeiten zum selbstständigen Experimentieren erwerben (z. B. KMK, 2005). Zu diesen Fähigkeiten gehört auch das praktische Aufbauen und Messen. Die Förderung solcher Fähigkeiten erfordert eine adäquate Diagnostik. Aber wie können Lehrkräfte während des Lernprozesses im Unterrichtsalltag experimentelle Fähigkeiten diagnostizieren?
Eine Möglichkeit besteht darin, dass Lehrkräfte neben ihren eigenen direkten Beobachtungen auch die Selbstbeurteilungen der Schülerinnen und Schüler zur Diagnostik nutzen (Schreiber & Nawrath, 2014; Schreiber & Theyßen, 2015). Im Gegensatz zur Lehrkraft, der im Unterricht nur lückenhafte Beobachtungen einzelner Schülerinnen und Schüler möglich sind, erleben die Schülerinnen und Schüler ihre eigene Performanz während des gesamten Experimentierens, die sie anschließend reflektieren und dabei selbst beurteilen. Um die Selbstbeurteilungen der Schülerinnen und Schüler zu erheben, bieten sich aufgabenspezifische Checklisten an. Diese führen die Beurteilungskriterien bezogen auf die gerade bearbeitete Experimentieraufgabe explizit auf und fordern dazu konkrete Beurteilungen ein. Die Checklisten mit den Selbstbeurteilungen können von Lehrkräften analysiert werden. Auf Basis dieser Analyseergebnisse, gestützt durch die eigenen Beobachtungen, können Lehrkräfte möglicherweise experimentelle Fähigkeiten genauer diagnostizieren als nur auf Basis ihrer eigenen unsystematischen Beobachtungen.

Fragestellungen

Ob Selbstbeurteilungen einen Weg in die Unterrichtspraxis finden, dürfte von verschiedenen Erfolgsfaktoren abhängen. Unterschiedliche Erfolgsfaktoren werden in der Literatur zur Implementationsforschung beschrieben (z. B. Goldenbaum, 2013, S. 150). Alle Erfolgsfaktoren können von einer Innovation nicht erfüllt werden. Es gibt aber Hinweise auf Faktoren, die zu einer wahrscheinlicheren Verbreitung in der Praxis führen: „*Eine Verbreitung ist umso wahrscheinlicher, je relevanter und nützlicher die Innovation von Lehrkräften wahrgenommen wird, je mehr sie sich also an den Bedürfnissen der Praxis orientiert. Die Innovation sollte im richtigen Ausmaß an die Praxis anknüpfen, also* [...]“ (Hervorhebungen nicht im Original: Gräsel & Parchmann, 2004, S. 204). Hier lassen sich im Wesentlichen zwei Erfolgsfaktoren identifizieren: Praktikabilität und Nutzen. Beide Faktoren wurden im Rahmen einer Feldstudie explorativ untersucht. Die konkreten Fragestellungen lauten:
F1 – Praktikabilität: Sind Selbstbeurteilungen mit Checklisten im Unterrichtsalltag praktikabel für Schülerinnen und Schüler sowie für die Lehrkraft?
F2 – Nutzen: Erleben Schülerinnen und Schüler sowie die Lehrkraft einen Nutzen von Selbstbeurteilungen im Unterrichtsalltag?

Studiendesign

Stichprobe: Die Studie wurde in einer 10. Klasse mit 15 Schülerinnen und 15 Schülern durchgeführt. Die Selbstkonzepte im Hinblick auf Physik und Experimentieren sind im Mittel eher hoch ausgeprägt. Die Schülerinnen und Schüler haben Erfahrung mit dem Experimentieren und gaben an, alle zwei bis drei Unterrichtsstunden zu experimentieren bzw. ein Demoexperiment zu bearbeiten. Die Lehrkraft ist mit über 30 Dienstjahren sehr

erfahren. Sie unterrichtet die Klasse als Klassenlehrer u. a. in Mathematik und Physik. Im Physikunterricht legt die Lehrkraft viel Wert auf praktisches Experimentieren.
Ablauf: Klasse und Lehrkraft wurden von September 2014 bis März 2015 begleitet. In diesem Zeitraum kamen elf aufgabenspezifische Checklisten zu Experimenten der Mechanik und Elektrizitätslehre zum Einsatz. Die Checklisten wurden von uns kriteriengeleitet auf Basis eines von der Lehrkraft erstellten Arbeitsblatts entwickelt. Ging es z. B. darum ein Experiment zügig funktionstüchtig aufzubauen, so wurde auf der Checkliste ganz konkret danach gefragt (s. Abb. 1). Die Lehrkraft führte den Unterricht mit Experiment und Checkliste durch und analysierte im Anschluss die Selbstbeurteilungen.
Methode: Nach acht bearbeiteten Checklisten wurden zum Schulhalbjahr leitfadengestützte Interviews durchgeführt. Der Leitfaden orientiert sich an normativ gesetzten Indikatoren für Praktikabilität und Nutzen (s. Tab. 1 & 2). Interviewt wurden die Lehrkraft und zehn Schülerinnen und Schüler. Die Interviews wurden transkribiert und von zwei Beurteilern unabhängig voneinander mit einem Beurteilungsmaßstab kodiert. Bei Abweichungen wurde ein Konsens hergestellt. Die kodierten Textstellen wurden anschließend paraphrasiert.

Ergebnisse
In den Tabellen 1 und 2 sind die paraphrasierten Äußerungen der Lehrkraft sowie der Schülerinnen und Schüler gegenübergestellt. Bei den Schülerinnen und Schülern sind nur Mehrfachnennungen aufgeführt sowie einmalig geäußerte Kritikpunkte.

Praktikabilität		
Indikatoren – Selbstbeurteilung...	Lehrerperspektive	Schülerperspektive
... zügig.	• unterschiedlich zügig	• kürzer als 5 Minuten (7) • länger als 5 Minuten (3)
... nicht lästig.	• am Anfang gewöhnungsbedürftig • nach Erläuterungen nicht mehr lästig	• nicht lästig (3) • mal lästig, mal nicht (4) • hatte zu wenig Zeit (1)
... nicht schwierig.	• fällt den Schülerinnen und Schülern leicht	• eher leicht (4) • abhängig von Beurteilungskategorie (2) • schwierig (2)

Tab. 1: Gegenüberstellung der paraphrasierten Äußerungen aus Lehrer– und Schülerperspektive zur Praktikabilität

Nutzen		
Indikatoren	Lehrerperspektive	Schülerperspektive
Experimentieren	• stärkere Auseinandersetzung • Gefühl der Leistungssteigerung	• stärkere Auseinandersetzung (5) • keine wesentlichen Veränderungen (4)
Unterricht	• bewusstere Planung (Experimente, Arbeitsaufträge)	• strukturierterer Ablauf (2) • Zieltransparenz (2) • höhere Aufmerksamkeit (2) • höhere Beteiligung (2) • keine wesentlichen Veränderungen (5)
Rückkopplung	• grundlegende Probleme thematisieren	• Probleme thematisieren (5) • Anpassung der nächsten Stunde (2) • keine Veränderungen (2)
Allgemein	• Profit für Lehrer sowie Schülerinnen und Schüler • Probleme erkennen • Stärken erkennen	• profitieren (3) • Probleme erkennen (3) • Stärken erkennen (2) • Reflexion (2) • sich verbessern (3) • kein persönlicher Profit (2)

Tab. 2: Gegenüberstellung der paraphrasierten Äußerungen aus Lehrer– und Schülerperspektive zum Nutzen

Versuchsanordnung aufbauen	stimmt....				Habe ich **nicht** durchgeführt.
Ich konnte ohne Probleme...	genau	ziemlich	wenig	gar nicht	
... den Versuch zügig funktionstüchtig aufbauen.	☐	☐	☐	☐	☐

Abb. 1: Beispielhafte Beurteilungskategorie aus einer Checkliste zur Elektrizitätslehre

Diskussion

Die Ergebnisse zur Praktikabilität zeigen, dass eine Selbstbeurteilung überwiegend zügig und einfach durchzuführen ist und – nach einer Einführung – auch bei mehrfachem Einsatz nicht als lästig wahrgenommen wird. Nur Einzelne äußern sich hier gegenteilig. Insgesamt äußerte niemand starke Argumente, die generell gegen die Praktikabilität sprechen.

Auch beim Nutzen konnten keine Gegenargumente, z. B. negative Veränderungen, festgestellt werden. Vielmehr lassen sich die Veränderungen beim Experimentieren und im Unterricht dahingehend interpretieren, dass sie den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler unterstützen. Auch der allgemein wahrgenommene Nutzen und die Rückkopplung zwischen der Lehrkraft und den Schülerinnen bzw. Schülern passen zu dieser Interpretation. Ferner liegt ein Nutzen in der Unterstützung der Lehrkraft bei der Unterrichtsplanung. Die Lehrkraft berichtete eine bewusstere Auseinandersetzung mit Arbeitsaufträgen und Experimenten. Außerdem wurden grundlegende Probleme in der Planung berücksichtigt und in der Stunde thematisiert.

Insgesamt wurden die Selbstbeurteilungen in dieser Klasse eher als praktikabel und nützlich wahrgenommen. Dieses Ergebnis darf allerdings nicht generalisiert werden. Die Stichprobe der Interviewten ist sehr gering und die Klasse weist besondere Stichprobeneigenschaften auf. Zudem basieren die Ergebnisse auf subjektiven Interviewaussagen. Diese können nicht abgesichert werden, weil in dieser Studie objektivere Maße (z. B. Videomaß) fehlten.

Ausblick

Lehrkräfte können erst dann sinnvoll mit Schülerselbstbeurteilungen diagnostizieren, wenn Schülerinnen und Schüler ihre Performanz möglichst genau beurteilen. Wie genau die Selbstbeurteilungen sind und welche kognitiven Prozesse dabei eine Rolle spielen, ist Gegenstand erster Pilotstudien. Im Hinblick auf die Urteilsgenauigkeit ist nicht davon auszugehen, dass sich alle Schülerinnen und Schüler gleichermaßen genau beurteilen können. Lehrkräfte werden also nicht alle Selbstbeurteilungen in gleichem Maße zur Diagnostik heranziehen können. Deshalb soll in der Folge die Urteilsgenauigkeit im Zusammenhang mit personenbezogenen Variablen der Urteilenden analysiert werden, um solche Variablen(-kombinationen) zu identifizieren, die Rückschlüsse auf die Urteilsgenauigkeit zulassen.

Literatur

Goldenbaum, A. (2013). Implementation von Schulinnovationen. In M. Rürup & I. Bormann (Hrsg.), Innovationen im Bildungswesen. Analytische Zugänge und empirische Befunde. Berlin, Heidelberg: Springer, 149 - 172

Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. Unterrichtswissenschaft, 32 (3), 196 - 214

KMK (Hrsg.) (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand

Schreiber, N., & Theyßen, H. (2015). Experimentelle Fähigkeiten unterstützt durch Schülerselbstbeurteilungen diagnostizieren? In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN, 654 - 656

Schreiber, N., & Nawrath, D. (2014). Experimentelle Fähigkeiten mit Schülerselbstbeurteilungen diagnostizieren. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik, 144, 14 - 18

Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 51 - 69

Martin Draude Universität Kassel
Rita Wodzinski

Wie Lehrkräfte Schwierigkeiten beim Experimentieren diagnostizieren

Einleitung

Um Schülerinnen und Schüler beim eigenständigen Experimentieren zu fördern und zu unterstützen, muss eine Lehrkraft in der Lage sein, einerseits die Schwierigkeiten der Lernenden beim Experimentieren bereits bei der Planung des Unterrichts vorauszuahnen und diese andererseits während des Experimentierprozesses zu erkennen. Im Rahmen des DiSiE-Projektes der Universität Kassel wurden in einer empirischen Untersuchung zur diagnostischen Kompetenz 25 Physiklehrkräfte zunächst danach befragt, welche Schwierigkeiten sie bei einer konkreten Experimentierumgebung zum Hooke‘schen Gesetz (siehe Kechel, in diesem Band) im Allgemeinen erwarten (prädiktive Diagnose), bevor sie an einem konkreten Videobeispiel die Schwierigkeiten zweier ihnen unbekannter Schülerinnen bei der Bearbeitung derselben Aufgabe diagnostizieren sollten (handlungsbegleitende Diagnose).

Auswertung

Die transkribierten Lehrerinterviews wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) induktiv kategorisiert. Hieraus ergab sich ein Kodiermanual mit insgesamt 34 Kategorien, das sowohl die prädiktiv als auch die handlungsbegleitend diagnostizierten Schwierigkeiten beschreibt. In einem zweiten Schritt erfolgte ein erneuter Materialdurchgang, bei dem die gesamten Interviews deduktiv von zwei Kodierern mit dem vorliegenden Kodiermanual ausgewertet wurden. Das Kodiermanual kann als reliabel betrachtet werden ($\kappa = .87$; für die einzelnen Kategorien $.67 \leq \kappa \leq 1.00$). Die Berechnung der Übereinstimmungsreliabilität beinhaltete Elemente diskursiver Validierung (Mayring, 2008).

Ergebnisse

Prädiktive Diagnose

Abbildung 1 zeigt alle von den Lehrkräften erwarteten Schwierigkeitsbereiche und die Häufigkeiten, mit denen diese erwartet wurden. Aus dieser Darstellung wird ersichtlich, dass am häufigsten Schwierigkeiten beim *Aufbauen des Experiments* und beim *Finden einer geeigneten Bearbeitungsstrategie* erwartet werden. Nur 20% der Lehrkräfte erwarten die eigentlich für dieses Experiment typische Schwierigkeit: die *Verwendung der Gesamtlänge statt der Längenänderung*. Außerdem kann man erkennen, dass sich nur einzelne Lehrkräfte Gedanken über Details machen (z.B. *Verwendung aller Massen*). Vergleicht man die Lehrkräfte untereinander, so ergibt sich ein sehr inhomogenes Bild: Während es einige Lehrkräfte gibt, die nur eine einzige Schwierigkeit erwarten, rechnen andere mit bis zu neun verschiedenen Schwierigkeiten.

Handlungsbegleitende Diagnose

Auf der Seite der handlungsbegleitend diagnostizierten Schwierigkeiten (Abbildung 2) sieht es ähnlich inhomogen aus: 84% der Lehrkräfte haben erkannt, dass die beiden Schülerinnen im Video Schwierigkeiten beim *Aufbau des Experiments* hatten und *statt der Längenänderung die Gesamtlänge der Feder verwendet* haben. Dass die Schülerinnen nur eine der vorgegebenen Referenzmassen in ihre Berechnung haben einfließen lassen, erkannten lediglich 24% der Lehrkräfte. Der Vergleich der Lehrkräfte untereinander zeigt auch hier, dass sich die Lehrkräfte bezüglich der Anzahl der beobachteten Schwierigkeiten stark unterscheiden (eine bzw. elf erwartete Schwierigkeiten). Die Daten liefern zunächst

auch kein klares Bild darüber, ob Lehrkräfte, die viele Schwierigkeiten erwartet haben, auch in der Lage sind, im Experimentierprozess die Schwierigkeiten angemessen zu erkennen.

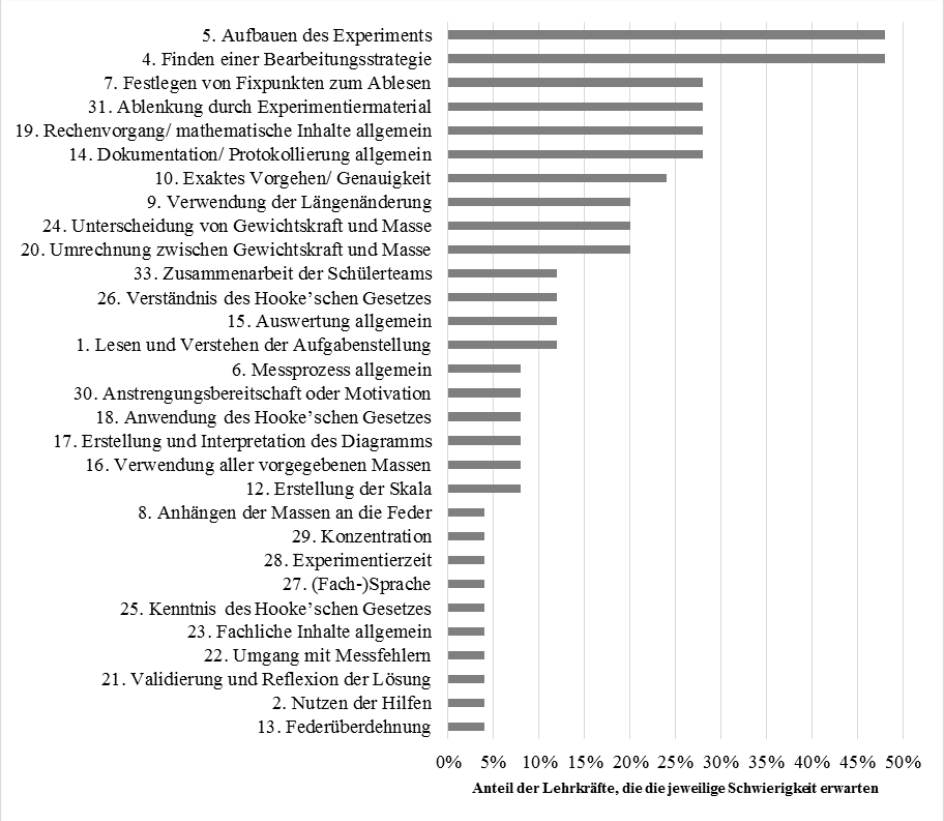


Abb. 1: relative Häufigkeiten der erwarteten Schwierigkeiten

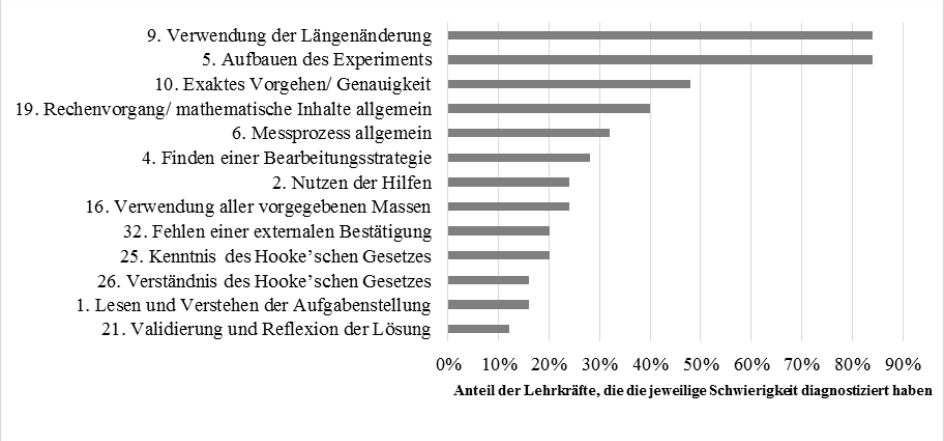


Abb. 2: relative Häufigkeiten der im Video beobachteten Schwierigkeiten

Gewichtung der Schwierigkeiten

Um nicht nur die Anzahlen der Nennungen miteinander zu vergleichen, sondern auch Aussagen über die Güte der Lehrerurteile zu treffen, wurde im Rahmen einer Zulassungsarbeit ein Rating durchgeführt, bei dem Experten aus Fach, Fachdidaktik und Schulpraxis auf einer sechsstufigen Skala einschätzen sollten, welche Bedeutung es für sie hat, dass sich eine Lehrkraft im Vorfeld des Experimentierprozesses über die jeweiligen Schwierigkeiten bewusst ist. Das Ergebnis dieser Gewichtung liefert für jede Kategorie einen Gewichtungsfaktor. Damit lässt sich für jede Lehrkraft ein Index für deren prädiktive sowie handlungsbegleitende Diagnosekompetenz berechnen. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis dieser Berechnung für alle Lehrkräfte (jede Lehrkraft entspricht einem Punkt in der Darstellung). Der Zusammenhang beider auf diese Weise beschriebenen Teilkompetenzen berechnet sich zu r = .58.

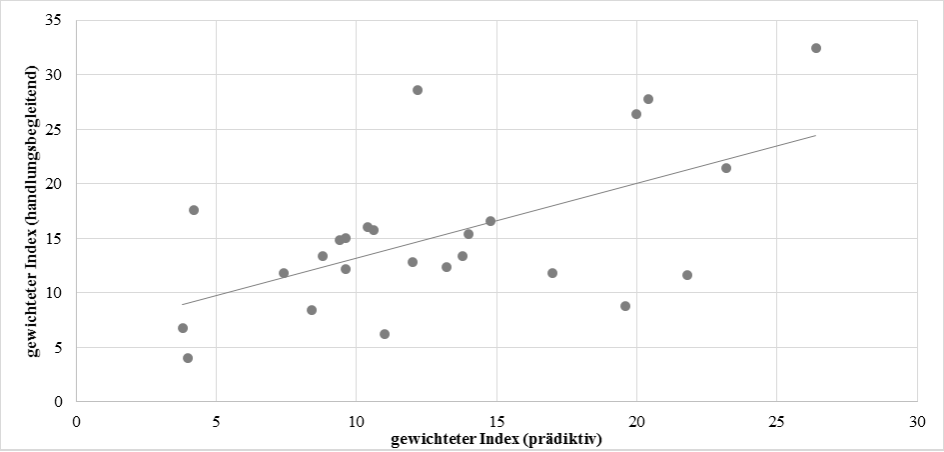


Abb. 3: Zusammenhang zwischen der prädiktiven und handlungsbegleitenden Diagnosekompetenz (gewichtet).

Zusammenfassung

Tendenziell zeigen die Ergebnisse, dass Lehrkräfte, die die Schwierigkeiten im Vorfeld gut im Blick haben, diese auch im Prozess angemessen erkennen. Zwischen den Lehrkräften konnten jedoch große Unterschiede sowohl in Bezug auf die prädiktive als auch in Bezug auf die handlungsbegleitende Diagnosekompetenz gezeigt werden. Damit deckt die vorgestellte Studie einige überraschende Defizite in der Diagnosekompetenz der untersuchten Lehrkräfte auf. Wenn man beachtet, dass die Lehrkräfte bei der Untersuchung lediglich zwei Schülerinnen über 20 Minuten lang konzentriert beobachten konnten, im Unterricht jedoch nur ein Bruchteil dieser Zeit für ihre Beobachtungen zur Verfügung steht, lässt sich grundsätzlich ein Förderbedarf der Lehrkräfte in Bezug auf ihre Diagnose-kompetenz von Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren erkennen. Inwiefern die Diagnosekompetenz mit anderen Merkmalen (Alter, Berufserfahrung, Schulform) der Lehrkräfte zusammenhängt, ist Gegenstand der weiteren Auswertung. Außerdem bleibt zu prüfen, inwiefern sich diese Ergebnisse auf andere Experimentiersituationen übertragen lassen.

Literatur

Mayring, P. (2008). Neuere Entwicklungen in der qualitativen Forschung und der Qualitativen Inhaltsanalyse. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse (2. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz, 7-19.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (11. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Jan-Henrik Kechel Universität Kassel
Rita Wodzinski

Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren zum Hooke'schen Gesetz

Motivation und Forschungsanliegen

Meyer (2009) zählt die *individuelle Förderung der Lernenden* zu einem Merkmal guten Unterrichts, für deren Umsetzung nach Helmke (2010) *diagnostische Fähigkeiten der Lehrperson* notwendige Voraussetzungen sind. Diese werden jedoch im Lehramtsstudium kaum entwickelt und gefördert. Auch die Lehrkräfte selbst empfinden einen Fortbildungsbedarf bzgl. der Anwendung von Methoden zur individuellen Förderung sowie der Diagnose von Lernschwierigkeiten (Solzbacher, 2010). Für den Bereich der Schülerexperimente konnte Draude (in diesem Band) bei Physiklehrkräften ebenfalls ein Defizit bzgl. der Diagnose von Schülerschwierigkeiten nachweisen. Im Rahmen des DiSiE-Projektes der Universität Kassel wird daher der Frage nachgegangen, inwieweit Physiklehrkräfte bei der Diagnose von Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren unterstützt werden können. Zur Beantwortung dieser Frage wurde theoriebasiert ein erster Modellansatz zur Beschreibung und Einordnung der Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren entwickelt, bei dem die unmittelbar beobachtbaren Schülerschwierigkeiten den Experimentierphasen des Experimentierprozesses zugeordnet werden (vgl. Kechel & Wodzinski, 2015).

Methodisches Vorgehen

Zur empirischen Überprüfung des Modells wurden zehn Schülerpaare aus zwei 8. Gymnasialklassen bei der Bearbeitung einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz in einer laborähnlichen Umgebung videographiert. Die Aufgabe bestand darin, innerhalb von 35 Minuten die Masse einer Bonbontüte unter Verwendung des Hooke'schen Gesetzes und mit Hilfe von Stativmaterial, einer Feder, eines Zollstocks sowie dreier Referenzmassen (Alltagsgegenstände mit Massenangaben) möglichst exakt zu bestimmen. Mittels einer ersten Kodierung der Videos wurde der Experimentierprozess jedes Schülerpaares näher beschrieben, um die in einer zweiten Kodierung herausgearbeiteten, unmittelbar beobachtbaren Schülerschwierigkeiten entsprechend des Experimentierprozesses einordnen zu können.

Erste Kodierung: Experimentierphasen

Hierbei handelt es sich um eine niedrig- bis mittel-inferente Kodierung der Videos, orientiert am Ablaufmodell der inhaltlichen Strukturierung (Mayring, 2010), bei der die sieben Teilkompetenzen aus dem Modell experimenteller Kompetenz von Nawrath, Maiseyenka & Schecker (2011) deduktiv als Kategorien zur Beschreibung der Experimentierphasen angewandt wurden. Beide Experimentierpartner wurden separat intervallbasiert von zwei Kodierern mit guten bis sehr guten Übereinstimmungen (im Mittel: $\kappa = .87$; für die einzelnen Kategorien: $.66 \leq \kappa \leq .94$) kodiert, so dass das Kodiersystem als reliabel angesehen werden kann.

Zweite Kodierung: unmittelbar beobachtbare Schülerschwierigkeiten

Diese hoch-inferente Kodierung der Videos erfolgte ebenfalls separat für beide Experimentierpartner, orientiert am Ablaufmodell der induktiven Kategorienbildung (Mayring, 2010). Die Überprüfung des Kodiersystems durch einen zweiten Kodierer steht z. Zt. noch aus. Als Selektionskriterium für die Kodierung einer unmittelbar beobachtbaren Schülerschwierigkeit wurde folgende Definition entwickelt und angewandt: *Eine unmittelbar beobachtbare Schülerschwierigkeit beim Experimentieren liegt dann vor, wenn die Schülerinnen und Schüler ein für das erfolgreiche Bearbeiten der Experimentieraufgabe erforderliches Teilziel nicht, in unbefriedigendem Maße oder nur mit großer Mühe erreichen oder wenn der*

Experimentierprozess von unerwünschten Nebenwirkungen im (Sozial-)Verhalten oder beim Erleben (motivational, emotional, volitional) begleitet wird. Die hierin angesprochenen Teilziele wurden normativ gesetzt.

Ergebnisse beider Kodierungen

Stellt man auf Ebene eines Schülerpaars den mittels der ersten Kodierung erhaltenen Experimentierprozess graphisch dar und markiert hierin die in der zweiten Kodierung herausgearbeiteten Schülerschwierigkeiten entsprechend der zugeordneten Experimentierphasen, so ergibt sich beispielsweise folgende Darstellung (Abb. 1):

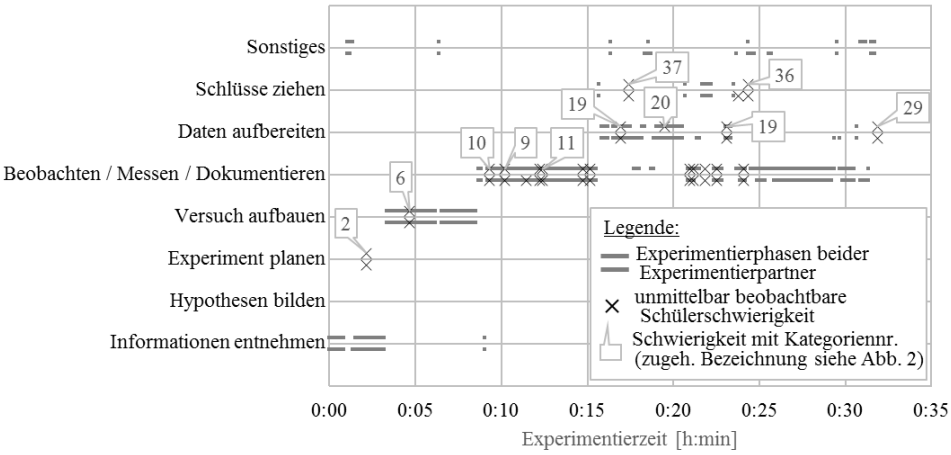


Abb. 1: Experimentierprozess und unmittelbar beobachtbare Schwierigkeiten eines Paares

Diese Visualisierung eignet sich insbesondere dazu, den Experimentierprozess sowie die unmittelbar beobachtbaren Schülerschwierigkeiten komplexitätsreduziert darzustellen, sie vergleichbar zwischen einzelnen Schülerpaaren zu machen und Besonderheiten aufzudecken – wie in diesem Beispiel die Vielzahl an Schwierigkeiten im Bereich des Messens.

Auf Ebene aller Schülerpaare können die unmittelbar beobachtbaren Schülerschwierigkeiten wie in Abb. 2 dargestellt werden. Aus dieser Darstellung lassen sich zahlreiche Schlussfolgerungen ableiten, wie z.B.:

- Es existieren bei diesem Experiment einige zentrale Schwierigkeiten, die mehr als die Hälfte aller Schülerpaare besitzen (Schülerschwierigkeiten 9, 11, 19, 29).
- Fast die Hälfte aller aufgedeckten Schülerschwierigkeiten sind bei diesem Experiment sehr speziell und tauchen nur bei einzelnen Schülerpaaren auf (Schülerschwierigkeiten 1, 4, 7, 12, 13, 17, 21-28, 32, 36, 38).

Fazit und Ausblick

Eine Lehrkraft, die das vorgestellte Experiment im Unterricht einsetzen möchte, sollte einerseits die o.g. zentralen Schülerschwierigkeiten kennen, um bereits im Voraus geeignete Hilfen für die Lernenden entwickeln zu können. Zur angemessenen und situationsgerechten Intervention zur Unterstützung der Lernenden während des Experimentierens sollte sie sich andererseits auch darüber bewusst sein, dass zahlreiche der auftretenden Schülerschwierigkeiten sehr individuell und verschieden sein können. Das vorgestellte Modell scheint geeignet, Lehrkräfte bei eben diesen beiden Aufgaben zu unterstützen und z.B. bei Lehrerfortbildungen zur Förderung der Diagnosekompetenz bzgl. Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren eingesetzt werden zu können. Es bleibt zu prüfen, inwiefern sich dieser Ansatz auf weitere Experimentierumgebungen und andere Stichproben übertragen lässt.

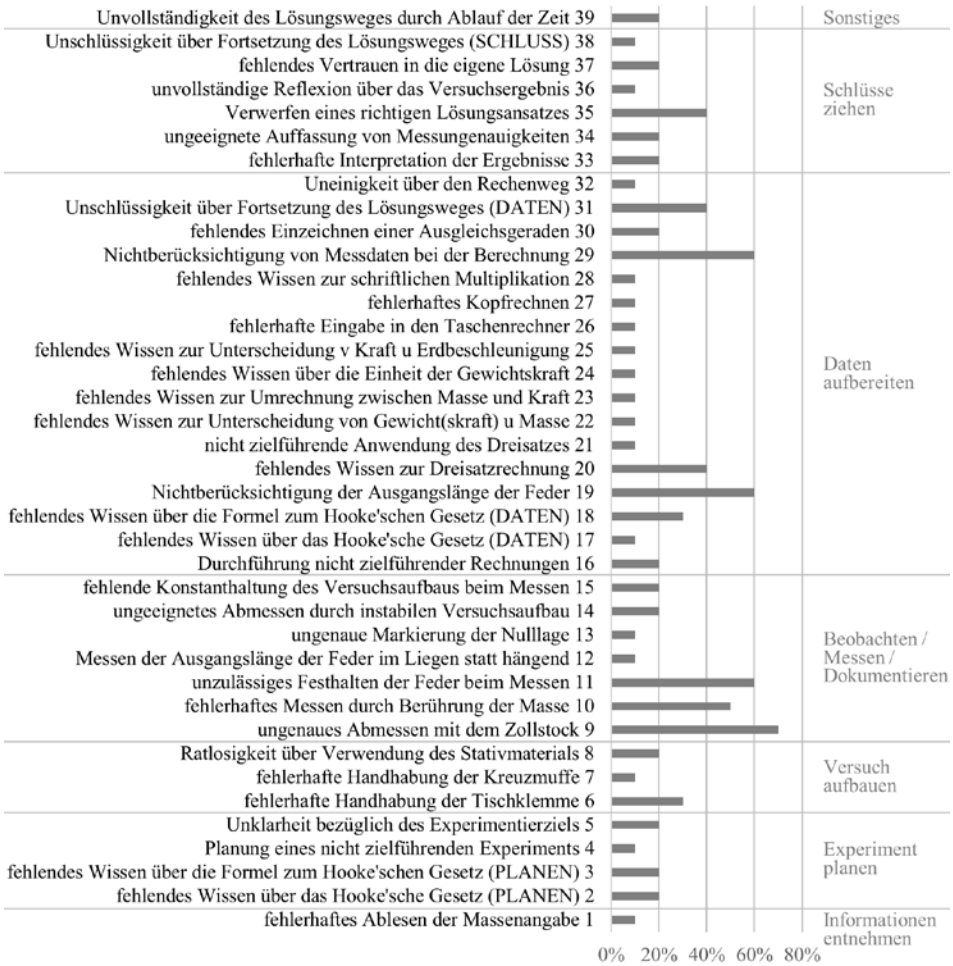


Abb. 2: relative Häufigkeiten der unmittelbar beobachtbaren Schwierigkeiten aller Schülerpaare (n=10) nach Experimentierphasen sortiert

Literatur

Helmke, A. (2010). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

Kechel, J.-H. & Wodzinski, R. (2015). Methoden zur Erfassung von Schwierigkeiten bei Schülerexperimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN, 304-306.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (11. Aufl.). Weinheim: Beltz

Meyer, H. (2009). Was ist guter Unterricht? (6. Aufl.) Berlin: Cornelsen Scriptor.

Nawrath, D.; Maiseyenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz. Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften Physik in der Schule, 60 (6), 42-49.

Solzbacher, C. (2010). Positionen von Lehrerinnen und Lehrern zur individuellen Förderung in der Sekundarstufe I – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In I. Kunze & C. Solzbacher (Hrsg.), Individuelle Förderung in der Sekundarstufe I und II (3. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren, 27-42.

Jurik Stiller Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann

Scientific Reasoning im Lehramtsstudium - das Projekt Ko-WADiS

Ausgangslage

Zwei zentrale Entwicklungen haben die Entwicklung der empirischen Bildungsforschung nachhaltig beeinflusst. Nach der „empirische[n] Wende“ (Köller, 2014, S. 104) der 1990er Jahre war dies vor allem auch der im Zusammenhang mit der Veröffentlichung der Ergebnisse der ersten PISA-Studie zu verzeichnende Paradigmenwechsel hin zu einer eher Output-orientierten Bildungssteuerung. Seither wächst die Bedeutung der Modellierung und -erhebung von Kompetenzen stetig an. Mittlerweile hat sich dieses Forschungsgebiet zu einem der zentralen Arbeitsfelder entwickelt. Ausgangspunkt und somit bisher vorrangig fokussiert worden ist die schulbezogenene Kompetenzforschung. Dies schlägt sich in der weitgehenden Abwesenheit entsprechender Projekte und Ergebnisse im Bereich der Hochschule nieder (vgl. Zlatkin-Troitschanskaia, Shavelson & Kuhn 2015). In den letzten Jahren werden Modellierung und Messung von Kompetenzen zunehmend auch im tertiären Bildungsbereich betrieben – auch im Bereich Lehrerbildung. Wegbereitend waren hier mathematikdidaktische Arbeiten (TEDS-M, COACTIV). Erkenntnisse zu Struktur und Entwicklung der professionellen Handlungskompetenz Naturwissenschaftslehrender im Verlauf von Studium, Vorbereitungsdienst und Lehrtätigkeit fehlen jedoch weitgehend (eine Übersicht bietet Schmidt, 2015, S. 34).

Einen Beitrag zur Behebung dieses Desiderats wurde im Projekt Ko-WADiS geleistet (Hartmann, Mathesius et al., 2015).

Ziel war die längsschnittliche Modellierung der Kompetenzen Lehramtsstudierender der Naturwissenschaften im Bereich Scientific Reasoning (Fischer et al., 2014), die in Anlehnung an Mayer (2007) und Upmeier zu Belzen & Krüger (2010) anhand der Kompetenzfacetten *Arbeiten mit naturwissenschaftlichen Untersuchungen* und *Nutzung naturwissenschaftlicher Modelle* operationalisiert werden (Stiller et al., 2015; Hartmann, Upmeier zu Belzen et al., 2015).

Methodik

Die Anlage der Studie, das Kompetenzmodell und die Ergebnisse der Pilotierungsstudien sollen hier nicht erneut aufgeführt werden (ausführlich zum Beispiel in Stiller et al., 2015).

Stichprobe

Die Stichprobe umfasst (Stand Oktober 2015) insgesamt 5128 Studierende an 11 deutschsprachigen Hochschulen, die Studierenden (M=22,55 Jahre; SD=4,56) sind zu 55,6 % weiblich. 53,2 % studieren im Lehramt (n=2730), 66,3 % in der Studienphase des Bachelors (n=3398), 9,3 % studieren zwei naturwissenschaftliche Fächer (n=371).

Forschungsfragen

Für den vorliegenden Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse zur Beantwortung der folgenden Forschungsfragen präsentiert:

- Wirkt sich der über die drei Fächer hinweg einheitliche hypothetisch-deduktive Erkenntnisweg im Sinne einer guten Repräsentation der Daten durch ein eindimensionales Modell aus?
- Führt eine höhere Anzahl der Lerngelegenheiten zu einem höheren Kompetenzstand (Master/Bachelor; zwei/ein nw. Studienfach; Lehramtsstudium(explizite Reflexion über das naturwissenschaftliche Arbeiten)/Fachstudium)?

Ausgewählte Ergebnisse

Qualität des Testinstruments

Alle nachfolgend beschriebenen Analysen basieren auf Daten, die anhand eines pilotieren Instruments gewonnen worden sind. Item-Infit, ICC, Itemfunktionskurven und Distraktorfunktionen bildeten insofern die Grundlage für die Entscheidung für Verbleib bzw. Auschluss von Items (resultierende Infit-Spanne: 0,87 < *wMNSQ* < 1,21).

Dimensionalität des Konstrukts (alle Fächer)

Im Rahmen einzelner quasilängsschnittlicher Modellierungen werden in Ko-WADiS ein- und mehrdimensionale Modelle spezifiziert. Es hat sich in der Tendenz die beste Repräsentation der Daten durch eindimensionale Modelle gezeigt. Exemplarisch sei die Studie von Hartmann, Mathesius et al. (2015) genannt. Die Modellierungen basieren auf Daten einer Teilstichprobe (*n*=3010 Personen).

Dimensionen	Beschreibung	BIC
1	eindimensional	64 383.80
2	Untersuchungen vs. Modelle	64 399.80
3	Biologie, Chemie, Physik	64 405.30
6	Modell 2 x Modell 3	64 498.20
7	Teilschritte der Erkenntnisgewinnung	64 512.89

Tabelle 1: Modellvergleich - Anzahl der Dimensionen, Beschreibung des Modells, Informationskriterium (Hartmann, Mathesius et al., 2015)

Dimensionalität des Konstrukts (Fokus: Chemie und Physik)

Stiller und Kollegen (2015) haben die Daten mit speziellem Fokus auf den Fächervergleich Chemie/Physik analysiert. Dabei zeigten sich hohe latenten Korrelationen zwischen den Leistungen in beiden Fächern (.845) und der Modellvergleich deutet auch hier auf die beste Repräsentation der Daten durch ein eindimensionales Modell hin. Die Modellierungen basieren ebenfalls auf Daten einer Teilstichprobe (*n*=858 Personen).

Dimensionen	Beschreibung	BIC
1	eindimensional	13 026.88
2	Untersuchungen vs. Modelle	13 038.39
2	Chemie, Physik	13 040.39
4	Modell 2 x Modell 3	13 080.67

Tabelle 2: Modellvergleich - Anzahl der Dimensionen, Beschreibung des Modells, Informationskriterium (Stiller et al., 2015)

Effekte von Studienphase, Anzahl naturwissenschaftlicher Fächer und Studientyp

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurde überprüft, ob die Zugehörigkeit der Studierenden zu bestimmten Personengruppen mit einer Unterschiedlichkeit der gemessenen Kompetenzen einhergeht (Hartmann, Mathesius, et al. 2015). Dazu wurde direkt in ConQuest eine latente Regression mit Hintergrundvariablen spezifiziert und die Gruppenunterschiede direkt im IRT-Modell geschätzt (Adams, Wilson & Wu, 1997).

Die Effekte der Prädiktoren *Master*, *zwei_nw_Fächer*, *Lehramt* sind signifikant (Tab. 3).

Prädiktorvariable	*B*	*SE (B)*
Konstante	0.064	0.045
Master (1 = Master)	0.362**	0.021
zwei naturwissenschaftliche Fächer (1 = 2 nw. Fächer)	0.123**	0.028
Lehramt (1 = Lehramtsoption)	-0.140**	0.018

**p < .001

Tabelle 3: Latentes Regressionsmodell zur Beurteilung der Effekte von Studienphase, Anzahl naturwissenschaftlicher Fächer und Lehramtsoption (unstandardisierte Regressionsgewichte und Standardfehler)

Diskussion & Ausblick

Der Kompetenztest zu fachmethodischen Kompetenzen repräsentiert ein objektives und ökonomisches Erhebungsinstrument. Die vorliegenden Daten deuten auf eine eindimensionale Struktur des Konstrukts *Scientific Reasoning* hin. Die Anzahl der Lerngelegenheiten und die Breite des Spektrums der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten hat - erwartungskonform - einen positiven Einfluss auf die Kompetenz im Bereich *Scientific Reasoning*, die Zugehörigkeit zur Gruppe *Lehramt* jedoch nicht. Es lässt sich also ein größerer Einfluss auch des impliziten Kontakts zu naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen im Fachstudium vermuten. Hierzu bedarf es jedoch weitergehender Analysen.

Literatur

Adams, R. J., Wilson, M. R. & Wu, M. L. (1997). Multilevel item response models: An approach to errors in variables regression. *Journal of Educational and Behavioural Statistics, 22*, 46-75.

Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R. Neuhaus, B., et al. 2014. Scientific Reasoning and Argumentation: Advancing an Interdisciplinary Research Agenda in Education. *Frontline Learning Research, 2* (3), 28-45.

Hartmann, S., Mathesius, S., Stiller, J., Straube, P., Krüger, D., & Upmeier zu Belzen, A. (2015). Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In B. Koch-Priewe, A. Köker, J. Seifried, & E. Wuttke (Ed.), *Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte* (S. 39-58). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Hartmann, S., Upmeier zu Belzen, A., Krüger, D., & Pant, H.A. (2015). Scientific Reasoning in Higher Education: Constructing and Evaluating the Criterion-Related Validity of an Assessment of Preservice Science Teachers' Competencies. *Zeitschrift für Psychologie, 223*, 47-53. doi:10.1027/2151-2604/a000199.

Köller, O. (2014). Entwicklung und Erträge der jüngeren empirischen Bildungsforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 60. Beiheft, 102-122.

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. 177-184). Berlin: Springer.

Schmidt, M. (2015). *Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften – Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt "Verbrennung"*. Duisburg, Essen: DuEPublico.

Stiller, J., Straube, P. Hartmann, S. Nordmeier, V., & Tiemann, R. (2015). Erkenntnisgewinnungskompetenz Chemie- und Physik-Lehramtsstudierender. Untersuchungen zu Domänenspezifität. In J. Stiller & C. Laschke (Ed.), *Berlin-Brandenburger Beiträge zur Bildungsforschung 2015. Herausforderungen, Befunde und Perspektiven interdisziplinärer Bildungsforschung* (179-202). Frankfurt am Main: Peter Lang.

Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 59-75.

Zlatkin-Troitschanskaia, O., Shavelson, R. J. & Kuhn. C. (2015). The International State of Research on Measurement of Competency in Higher Education. *Studies in Higher Education, 40* (3), 393-411. doi:10.1080/03075079.2015.1004241.

Britta Kalthoff
Heike Theyßen
Nico Schreiber
Universität Duisburg-Essen

Wirksamkeit der Förderung von Experimentierfähigkeiten - Eine Interventionsstudie mit Sachunterrichtsstudierenden

Motivation

Bereits im Sachunterricht sollen Grundschülerinnen und –schüler naturwissenschaftliches Experimentieren erlernen (GDSU, 2013; MSW NRW, 2008). Um das angemessen anleiten zu können, sollten alle angehenden Sachunterrichtslehrkräfte zunächst selbst während ihrer Ausbildung Experimentierfähigkeiten erwerben. Integrative Studiengänge sind eine Möglichkeit, alle angehenden Sachunterrichtslehrkräfte in möglichst vielen Bezugsfächern des Sachunterrichts und damit auch in der Physik auszubilden (z. B. Rinkens, 2009). Die große Breite der Ausbildung lässt jedoch pro Bezugsfach nur wenig Zeit, grundlegende Fachinhalte und Fachmethoden zu vermitteln. Somit stellt sich die Frage, wie dies innerhalb eines sehr begrenzten Zeitrahmens möglichst effektiv gelingen kann. Im Folgenden fokussieren wir diese Frage auf die möglichst effektive Vermittlung von Fachmethoden, insbesondere Experimentierfähigkeiten, im Kontext physikalischer Themen.

Zur Förderung von Experimentierfähigkeiten bietet sich in der Physik ein Experimentalpraktikum an, in dem eine handelnde Auseinandersetzung mit Experimenten erfolgt. In einem Experimentalpraktikum sind die kognitiven Anforderungen bezogen auf die Durchführung von Experimenten meist auf einem relativ niedrigen Niveau angesetzt (Domin, 1999). Es findet in der Regel keine direkte Erklärung einzelner Fachmethoden statt (implizite Instruktion). Demgegenüber steht ein Ansatz, in dem Fachmethoden explizit dadurch vermittelt werden, dass sie thematisiert und erklärt werden (explizite Instruktion). Verschiedene Studien haben Vorteile einer expliziten Instruktion gegenüber einer impliziten gezeigt (z. B. Chen & Klahr, 1999; Zohar & Peled, 2008). Allerdings wird in den vorliegenden Studien die explizite Instruktion unterschiedlich umgesetzt, von einem Beschreiben von „guten und schlechten Experimenten“ mit und ohne zusätzliche Reflexionsfragen (z. B. Chen & Klahr, 1999) bis hin zu allgemeinen expliziten Erklärungen (z. B. Zohar & Peled, 2008). Darüber hinaus liegen noch keine Untersuchungen zu wirksamen Instruktionsstrategien bei angehenden Sachunterrichtslehrkräften vor.

Ziel und Fragestellung

Mit dem Ziel, die Experimentierfähigkeiten bei Sachunterrichtsstudierenden möglichst optimal zu fördern, werden drei Instruktionskonzepte bezüglich ihrer Wirksamkeit verglichen: eine implizite Förderung sowie zwei Konzepte expliziter Förderung, die sich in Art und Umfang der expliziten Lerngelegenheiten unterscheiden (Details siehe unten). Die Forschungsfrage lautet: *Wie wirken sich die unterschiedlichen Instruktionskonzepte auf den fachmethodischen Lernerfolg von Sachunterrichtsstudierenden aus?*

Aufgrund vorliegender Forschungsergebnisse ist zu vermuten, dass eine explizite Förderung eine größere Wirksamkeit erzielt als eine implizite Förderung. Zudem ist anzunehmen, dass eine zusätzlich eingeforderte Reflexion die explizite Förderung noch wirksamer macht.

Design, Stichprobe und Erhebungsinstrumente

Zur Beantwortung der Fragestellung wurde eine Interventionsstudie im Rahmen eines Experimentalpraktikums für Sachunterrichtsstudierende durchgeführt. Die fachmethodische Förderung fokussiert exemplarisch die Fähigkeiten zur Variablenkontrolle und zum Umgang mit Messdaten. Die Studierenden bearbeiteten in drei Interventionsgruppen

Experimentieraufgaben aus den Themenbereichen „Schwimmen und Sinken“ sowie „hydrostatischer Auftrieb“. Alle Studierenden führten identische Experimente auf Grundlage schriftlicher Anleitungen (Praktikumsskripte) durch. Die Interventionsgruppen unterscheiden sich im Instruktionskonzept für die fachmethodische Förderung: Im Unterschied zur Gruppe „implizit“ erhielten die Gruppen „explizit I und II“ explizite Erklärungen zu den Fachmethoden, eingebettet in die Folge der Experimentieraufgaben. In Gruppe „explizit II“ waren zusätzliche Reflexionsfragen, bezogen auf die durchgeführten Experimente, schriftlich zu bearbeiten. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Studie. Die Vorerhebung wurde mehrere Wochen vor Praktikumsbeginn durchgeführt. Zwischen den übrigen vier 90-minütigen Terminen lag jeweils eine Woche. Die Intervention wurde zur Kontrolle der Lernprozesse pro Gruppe bei 14 bis 23 Studierenden, die zufällig ausgewählt wurden und sich freiwillig bereit erklärt hatten, videographiert.

Vorerhebung	personenbezogene Variablen			30 Minuten
Vortest	Fachmethoden , Fachwissen			90 Minuten
Intervention	**Gruppe „implizit“**	**Gruppe „explizit I“**	**Gruppe „explizit II“**	**2 x 90 Minuten**
+ Videostudie	implizite Instruktion	explizite Instruktion	explizite Instruktion & Reflexion	
Nachtest	Fachmethoden, Fachwissen			90 Minuten

Tabelle 1: Ablauf der Studie

Die auswertbare Stichprobe umfasst 66 Studierende, die an allen Erhebungs- bzw. Interventionsterminen anwesend waren. Die Studierenden wurden anhand der vorab erhobenen personenbezogenen Daten (u. a. Alter, Geschlecht, Abitur- und durchschnittliche Physiknote, Ende des Physikunterrichts in der Schule, physikbezogenes Selbstkonzept) auf die drei Interventionsgruppen verteilt. Die Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich personenbezogener Daten wie z. B. der Physiknote, der Abiturnote und des physikbezogenen Selbstkonzepts nicht (MANOVA: $F(5,90) = .523$; $p = .759$; $\eta_p^2 = .028$).

Das fachmethodische Wissen wurde vor und nach der Intervention mit einem schriftlichen Test erhoben. Der Test umfasst 17 Multiple Choice und sieben offene Aufgaben zur Variablenkontrolle und zum Umgang mit Messdaten. Die Reliabilität ist zufriedenstellend (Cronbachs $\alpha_{prä} = .83$, $\alpha_{post} = .84$). Um zusätzlich die praktische Umsetzung des fachmethodischen Wissens zu erheben, kam in Vor- und Nachtest jeweils eine praktische Experimentieraufgabe zum Einsatz, die die Studierenden in Einzelarbeit praktisch durchführten. Im Nachtest war die Aufgabe umfangreicher als im Vortest. Die Bearbeitungen wurden videographiert. Diese Videoaufnahmen sowie die Versuchsprotokolle, die die Studierenden bei der Bearbeitung der Experimentieraufgaben anfertigten, wurden anhand von Indikatoren analysiert. Die Indikatoren beziehen sich auf die Umsetzung der Variablenkontrolle und den Umgang mit Messdaten. Sie lassen sich objektiv einschätzen ($\kappa_{Ø} = .97$), bilden jedoch keine reliable Skala (Cronbachs $\alpha_{prä} = .26$, $\alpha_{post} = .40$).

Ergebnisse

Im schriftlichen Test zeigt sich ein signifikanter Lernzuwachs über die Zeit (ANOVA mit einem messwiederholtem Faktor: $F(1,107) = 99$; $p < .001$; $\eta_p^2 = .481$). Tendenziell ist der Lernzuwachs in der Gruppe „explizit II“ etwas größer als in den anderen beiden Gruppen, in denen der Lernzuwachs nahezu identisch ist (siehe Abbildung 1). Allerdings wird der Unterschied zwischen den Gruppen statistisch nicht bedeutsam (Interaktion Gruppe * Zeit: $F(2,107) = .65$; $p = .524$; $\eta_p^2 = .012$).

Bei den praktischen Experimentieraufgaben wurde aufgrund der unterschiedlich umfangreichen Aufgaben in Vor- und Nachtest die Vortestleistung als Kovariate in dem Vergleich der Nachtestleistungen einbezogen. Wie erwartet zeigt sich ein signifikanter Effekt der Vortestleistung ($F(1,101) = 5.5$; $p = .021$; $\eta_p^2 = .052$). Allerdings unterscheiden sich die Nachtestleistungen zwischen den Gruppen nicht signifikant ($F(2,101) = .47$; $p = .624$; $\eta_p^2 = .009$).

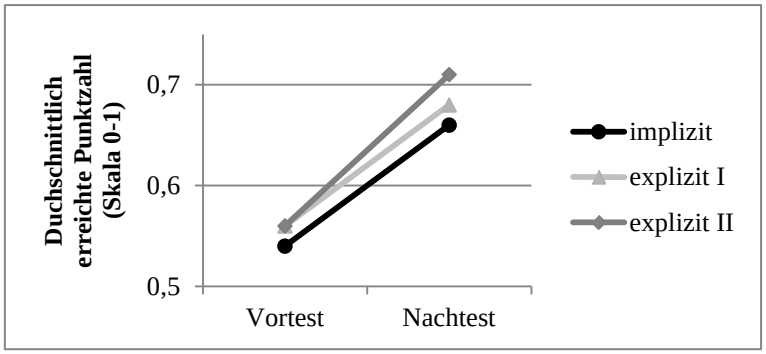


Abb. 1: Interaktionsdiagramm zum schriftlichen Fachmethodentest

Diskussion und Ausblick

In der praktischen Experimentieraufgabe zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Leistungen in den drei Gruppen. Allerdings basieren die Ergebnisse nur auf einer Experimentieraufgabe pro Messzeitpunkt, was mit einer niedrigen Reliabilität einhergeht. Aber auch beim schriftlichen Test zeigt sich der erwartete Vorteil der expliziten Gruppen nicht. Der Lernerfolg in den Fachmethoden ist in den drei Gruppen offenbar ähnlich. Die Gruppe „explizit II“ schneidet im schriftlichen Test zwar tendenziell etwas besser ab als die anderen Gruppen. Allerdings wird dieser Unterschied statistisch nicht bedeutsam. Selbst wenn größere Stichproben, die aufgrund der Rahmenbedingungen der Feldstudie nicht erreicht werden konnten, zu einer statistischen Signifikanz der kleinen Effekte geführt hätten, stellt sich hier die Frage nach der praktischen Relevanz für die Gestaltung von Experimentalpraktika für Sachunterrichtsstudierende. Ein Grund für die nicht erwartungskonformen Ergebnisse bezüglich der Gruppenunterschiede kann in der Nutzung der expliziten (und impliziten) Lerngelegenheiten durch die Studierenden während der Intervention liegen. Hierüber sollen Detailanalysen der videographierten Bearbeitungen der Experimentieraufgaben (vgl. Tab. 2) Aufschluss geben. Aus den Ergebnissen lassen sich ggf. weitere Hinweise für eine effektivere Förderung der Experimentierfähigkeiten ableiten.

Literatur

Chen, Z.; Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. Child Development. 70 (5), 1098 – 1120.

Domin, D. S. (1999). A Content Analysis of General Chemistry Laboratory Manuals for Evidence of Higher-Order Cognitive Tasks. Journal of Chemical Education, 76(1), 109-111.

GDSU (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

MSW NRW (2008). Lehrplan Sachunterricht. URL: http://www.schulentwicklung.nrw.de/-lehrplaene/lehrplannavigator-grundschule/sachunterricht/lehrplan-sachunterricht/ [Zugriff 09.2015].

Rinkens, H.-D. (2009). Das Neue Grundschullehramt NRW: Empfehlungen für die Ausgestaltung der universitären Grundschullehrerausbildung in Nordrhein-Westfalen. URL: http://zlb.uni-due.de/document /documents_ba-ma/Empfehlung_SU_+_%20 Empfehlungen_zu_fachl_Bezuegen_2009-10.pdf [Zugriff 07.2015]

Zohar, A; Peled, B. (2008). The effects of explicit teaching of metastrategic knowledge on low- and high-achieving students. Learning and Instruction. 18, 337-353.

David Woitkowski
Josef Riese
Peter Reinhold

Universität Paderborn

Konstruktion von Niveaus des fachlichen Wissens Physik

Mehrere Studien der empirischen Bildungswissenschaften nutzen die Angabe von Kompetenzniveaus zur Kommunikation wesentlicher Testresultate. Dabei handelt es sich um inhaltliche Beschreibungen der Kenntnisse oder Fähigkeiten der jeweiligen Probandengruppen. Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde für das fachliche Wissen in Physik ein Niveaumodell erstellt (Woitkowski, 2015). Das Verfahren basiert auf einem schwierigkeitserzeugenden Aufgabenmerkmal (der Aufgabenkomplexität), welches im Rahmen des zugrunde gelegten Strukturmodells beschrieben wurde (Woitkowski, Riese, Reinhold, 2011).

Verfahren zur Niveaudefinition in der Literatur

In der Literatur werden drei Verfahren zur Definition von Kompetenzniveaus vorgestellt, die jeweils auf einem Rasch-skalierten Testinstrument basieren. Dabei wird die Fähigkeits-Skala aus der Rasch-Analyse in mehrere Abschnitte, *Niveaus*, aufgeteilt. Dann werden die Items am unteren Rand des jeweiligen Niveaus zur inhaltlichen Charakterisierung herangezogen, da diese von den jeweiligen Probanden auf dem beschriebenen Niveau hinreichend wahrscheinlich gelöst werden können, von denjenigen auf dem Niveau darunter aber nicht.

Das *Scale-Anchoring-Verfahren* (Beaton & Allen, 1992) nutzt ein externes Kriterium zur Einteilung von Probandengruppen, bei PISA (Prenzel et al., 2007) und TIMSS (Klieme, 2000) wurde z. B. die Fähigkeits-Skala einfach in gleich breite Abschnitte eingeteilt, die dann durch die Analyse der Items am unteren Rand inhaltlich charakterisiert wurden.

Bei den Bildungsstandards Physik wurde die Bookmark-Methode (Mitzel et al., 2001) angewandt, bei der stärker von den Testitems selbst ausgegangen wird. Diese wurden in einem *Ordered Item Booklet* nach Schwierigkeit geordnet und einer Expertenkommission vorgelegt, die *Cut-Scores* dort festlegen sollte, wo ein fachdidaktisch begründeter Schritt zwischen den Itemanforderungen festgestellt werden konnte.

Ein drittes Verfahren, z. B. bei DESI (Hartig, 2007) und MT21 (Blömeke et al., 2008) nutzt die im Kompetenzstrukturmodell beschriebenen schwierigkeitserzeugenden Aufgabenmerkmale. Dieses Verfahren wird im vorliegenden Projekt zur Niveaudefinition eingesetzt und im Folgenden anhand der Fachwissens-Gesamtskala von Woitkowski (2015) exemplarisch skizziert.

Regressionsanalytische Definition von Kompetenzniveaus

Im Rahmen dieses Verfahrens wird zunächst eine Regressionsanalyse durchgeführt, die die Item-Schwierigkeit auf das schwierigkeitserzeugende Aufgabenmerkmal (hier: die hierarchische Komplexität, vgl. Woitkowski et al., 2011) zurückführt. Die Regressionsparameter für die FW-Skala zeigt Tab. 1. Die Varianzaufklärung von $R^2 = 46.4\,\%$ kann als akzeptabel gelten, eine Auftrennung der Skala nach Fach-Stufen (Schul-, vertieftes, universitäres Wissen) liefert für die Teilskalen z. T. wesentlich höhere Werte bis zu 70 %.

Prädiktoren	b_i (p)
Konstante	–1.75***
Komplexität: II	1.39***
Komplexität: III	2.36***
Komplexität: IV	3.88***
Var.-Aufkl. R^2	46.4 %
Signifikanz p	***

Tab. 1: Regressionsanalyse der Itemschwierigkeiten der Items der FW-Gesamtskala

Aus den Regressionsparametern b_i lässt sich für jede Itemgruppe (also jede Komplexitätsstufe) ein durchschnittlicher Item-Parameter, also ein für die Gruppe *typisches Item* bestimmen. Diese werden in die Wright-Map als vertikale Linien eingezeichnet (Abb. 1). Die

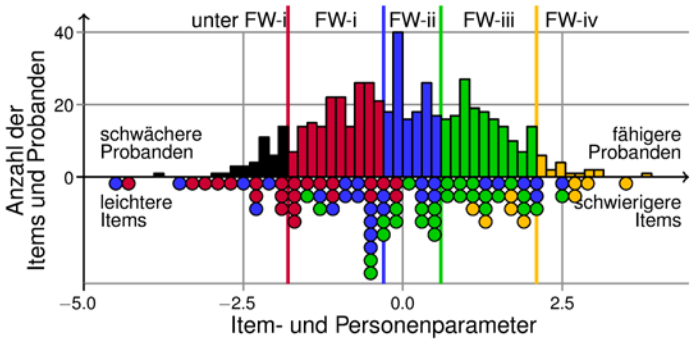


Abb. 1: Konstruktion von Niveaus der Fachwissens-Gesamtskala anhand der Wright-Map. Die Items sind nach Komplexität eingefärbt: (I) rot;(II) blau; (III) grün; (IV) gelb

Farben ordnen dabei jeweils die Items den Komplexitätsstufen zu. Man sieht deutlich, wie die *Fakten*-Items (rot) eher im leichteren Bereich, die *Multivariate-Interdependenz*-Items (gelb) deutlich im schwierigeren Bereich streuen.

Zur Sicherung der Qualität werden nun zwei Qualitätskriterien überprüft: Das **Signifikanzkriterium** besagt, dass sich zwei Itemgruppen im t-Test signifikant voneinander unterscheiden müssen. Dieses Kriterium wird jeweils mit $p < .01$ erfüllt. Damit streuen die Items einer Gruppe nicht zu stark und überlappen sich nicht zu sehr.

Das **Abstandskriterium** besagt, dass ein Proband, der auf der Höhe eines *typischen Items* liegt, für das nächst schwierigere *typische Item* eine Lösungswahrscheinlichkeit von maximal $P = 25\,\%$ haben sollte, um die Niveaus nicht zu nah aneinander zu rücken. Das entspricht einem Abstand von 1.1 Logit auf der Rasch-Skala. Dieses Kriterium wird von den Itemgruppen II und III (Blau und Grün) verletzt, diese liegen nur 0.97 Logit auseinander (entspricht $P = 27\,\%$). Während im Falle der FW-Gesamtskala diese Abweichung toleriert wird, führt sie bei anderen Skalen (ebenso wie eine Verletzung des Signifikanzkriteriums) zur Zusammenlegung zweier Itemgruppen und somit zu einer Reduzierung der Anzahl der gebildeten Niveaus.

Die vier so gebildeten und überprüften *typischen Items* dienen nun als untere Grenze für die jeweiligen Niveaus. So können die rot markierten Probanden das *typische rote Item* hinreichend sicher lösen (nämlich mit $P > 50\,\%$), das *typische blaue Item* aber nicht. Bei der inhaltlichen Beschreibung der Niveaus kann nun also auf die Beschreibung der Komplexitätsstufen aus dem Strukturmodell zurückgegriffen werden, was eine wesentlich übersichtlichere Niveaubeschreibung ermöglicht, als z. B. bei den Bildungsstandards, bei denen bis zu 10 nicht deutlich zusammenhängende Merkmale zur Beschreibung einzelner Niveaus genutzt werden (vgl. IQB, 2013, S. 33–37). Die Niveaubeschreibung der FW-Skala zeigt Tab. 2.

Diskussion

Das eingesetzte Verfahren produziert für diese Skala 5 Niveaus, wobei sich eine Probandengruppe als *unter Niveau i* bezeichnen lässt, über diese können keine positiven Könnensaussagen gemacht werden, da sie unterhalb des leichtesten *typischen Items* liegen. Bei anderen Skalen wurden Itemgruppen zusammengelegt und somit weniger (im Extremfall nur 3) Niveaus gebildet. Welche Itemgruppen dabei sinnvoll zusammengefasst werden, muss jeweils im Einzelfall anhand statistischer und inhaltlicher Überlegungen argumentiert werden.

Aufgrund des starken Bezugs zum Kompetenzstrukturmodell kann eine modellgeleitete Übertragbarkeit auf andere Itembestände für möglich gehalten werden (vgl. Hartig, 2007). Auch ein Vergleich mit anderen Niveaumodellen und eine Assoziation einzelner Niveaus

mit relevanten Bildungszielen wurden durchgeführt. Eine Ausführliche Darstellung findet sich bei Woitkowski (2015), Kapitel 17.

Niveau FW-i (Probandenfähigkeiten im Bereich $-1.75 \leq \theta < -0.36$)
Probanden auf diesem Niveau können Anforderungen bewältigen, die die Kenntnis und Wiedergabe von unverknüpften Fakten des physikalischen Fachwissens wie Merksätzen, Formeln, Definitionen oder Verweise auf einfache Tatsachen des Inhaltsbereichs Mechanik ohne weitere Arbeit damit erfordern. Dazu gehören auch Anforderungen, deren Lösungen gut ausgebildeten Studenten üblicherweise auswendig bekannt sind.
Niveau FW-ii (Probandenfähigkeiten im Bereich $-0.36 \leq \theta < 0.61$)
Probanden auf diesem Niveau können Anforderungen bewältigen, die die Kombination weniger Fakten des physikalischen Fachwissens im Inhaltsbereich Mechanik ohne Rechnung erfordern. Dies kann die Nutzung eines Diagramms oder die Beschreibung von Prozessen oder Vorher-Nachher-Zusammenhängen in Form von Worten oder Skizzen sein, bei denen keine weitere Begründung nötig ist.
Niveau FW-iii (Probandenfähigkeiten im Bereich $0.61 \leq \theta < 2.13$)
Probanden auf diesem Niveau können Anforderungen bewältigen, die einschrittige Begründungen oder Rechnungen im Bereich des physikalischen Fachwissens im Inhaltsbereich Mechanik verlangen. Diese umfassen Rechnungen, die das Auswählen einer passenden Formel, Umstellen und Einsetzen von Zahlenwerten oder etwa das Aufstellen eines Kräftegleichgewichts oder einer Energie- oder Impulsbilanz erfordern. An nicht-rechnerischen Begründungen werden lineare Begründungen der Form „Weil *x*, darum *y*“ oder die Berücksichtigung maximal eines wesentlichen Einflussfaktors beherrscht.
Niveau FW-iv (Probandenfähigkeiten im Bereich $2.13 \leq \theta$)
Probanden auf diesem Niveau können Anforderungen bewältigen, die die gleichzeitige Operation mit mehreren Einflussfaktoren oder physikalischen Zusammenhängen oder den Umgang mit komplexen Begründungslinien im Inhaltsbereich Mechanik erfordern.

Tab. 2: Beschreibung der gebildeten Niveaus der FW-Skala (Woitkowski, 2015, S. 255)

Literatur

Beaton, A. E. & Allen, N. L. (1992). Interpreting Scales Through Scale Anchoring. *Journal of Educational Statistics, 17*(2), 191-204.

Blömeke, S., Lehmann, R., Seeber, S. et al. (2008). Niveau- und institutionenbezogene Modellierungen des fachbezogenen Wissens. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer*. (S. 105–134). Münster: Waxmann.

Hartig, J. (2007). Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In B. Beck & E. Klieme (Hrsg.), *Sprachliche Kompetenzen. Konzepte und Messung* (S. 83–99). Weinheim u.a: Beltz.

IQB (2013). *Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“*, Humbold-Universität. Verfügbar unter: http://www.iqb.hu-berlin.de/bista/ksm/KSM_Physik.pdf.

Klieme, E. (2000). Fachleistungen im voruniversitären Mathematik- und Physikunterricht. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/III : Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie* (Bd. 2, S. 57–128). Opladen: Leske + Budrich.

Mitzel, H. C., Lewis, D. M., Patz, R. J. & Green, D. R. (2001). The bookmark procedure: Psychological perspectives. In G. J. Cizek (Hrsg.), *Setting performance standards. Concepts, methods and perspectives* (S. 249–281). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Prenzel, M., Schöps, K., Rönnebeck, S. et al. (2007). Naturwissenschaftliche Kompetenz im internationalen Vergleich. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert et al. (Hrsg.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 63–106). Münster: Waxmann.

Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17*, 289-313.

Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptionalisierung, Messung, Niveaubildung*. Berlin: Logos.

Christoph Kulgemeyer IDN Physikdidaktik
Universität Bremen

Zusammenhänge und Entwicklungen des professionellen Wissens angehender Physiklehrkräfte - Ein gemeinsames Symposium des Projekts ProfiLe-P

Bislang ist die Wirksamkeit der Ausbildung zu Physiklehrkräften nicht befriedigend beschrieben worden. Insbesondere Struktur und Genese professionellen Wissens sind in weiten Teilen unbekannt. Das Projekt ProfiLe-P wurde als vom BMBF gefördertes Vorhaben im Jahr 2011 gestartet, um einen Beitrag dazu zu leisten.

Rahmenmodell

In ProfiLe-P wurden vor allem die zwei Bereiche *Fachwissen* und *fachdidaktisches Wissen* adressiert. Beides sind zentrale Bereiche der Ausbildung von Physiklehrkräften und an allen Universitäten Deutschlands curricular verankert. Als dritter zentraler Bereich wurde die *Performanz im Erklären* erhoben. Während Fachwissen und fachdidaktisches Wissen direkt in der Ausbildung von Lehrkräften gelehrt werden, ist die Performanz im Erklären eine unterrichtliche Handlungssituation, in der sowohl Fachwissen als auch fachdidaktisches Wissen mit hoher Wahrscheinlichkeit als Ressourcen genutzt werden. In Abbildung 1 wird das Rahmenmodell von ProfiLe-P dargestellt.

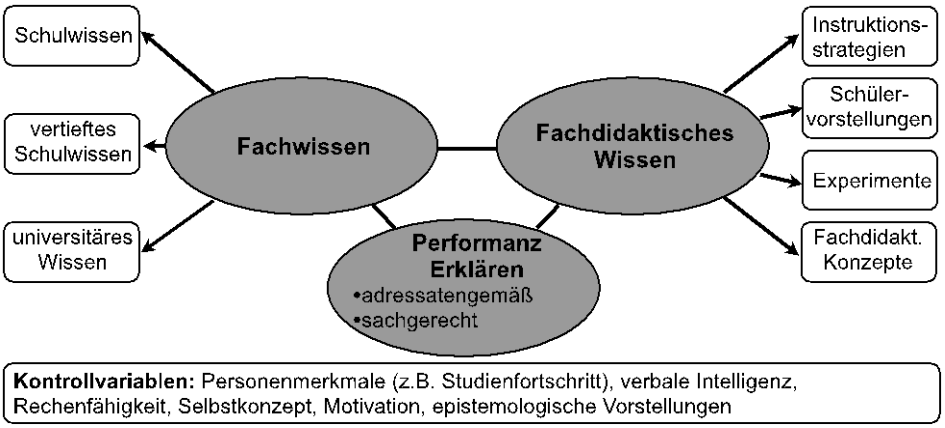


Abbildung 1: Rahmenmodell von ProfiLe-P

Die drei Bereiche Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und Performanz im Erklären wurden in drei eng verzahnten Teilprojekten untersucht, die an den Universitäten Duisburg-Essen/ Potsdam (Teilprojekt zum Fachwissen), Paderborn (Teilprojekt zum fachdidaktischen Wissen) sowie Bremen (Teilprojekt zur Performanz im Erklären) verortet sind.
Die Tests zum fachdidaktischen Wissen sowie zum Fachwissen wurden dabei sowohl hinsichtlich curricularer Validität entwickelt als auch insbesondere in den für das Erklären besonders vielversprechenden Aspekten vertieft (siehe auch Kulgemeyer, 2014). Im Bereich des fachdidaktischen Wissens wurden z.B. die drei Bereiche „Schülervorstellungen“, „Fachdidaktische Konzepte“ sowie „Instruktionsstrategien“ als vermutlich hilfreich in Erklärsituationen angenommen. Der Bereich der „Experimente“ ist in der fachdidaktischen Ausbildung sehr wichtig, aber für Erklärsituationen vermutlich wenig einschlägig. Anhand dieser Zusammenhänge sollen im weiteren Projektverlauf Fragen der konvergenten und diskriminanten Validität untersucht werden. Der Test zum Fachwissen besteht u.a. aus

Aufgaben zu direkt schulisch vermitteltem Wissen, zu vertieftem Wissen über Schulphysik sowie zu rein universitär vermitteltem Wissen.
Außerdem wurden diverse Kontrollvariablen erhoben, z.B. verbale Intelligenz und Rechenfähigkeit aber auch sowohl auf die Physik als auch auf das Erklären von Physik bezogener Merkmale wie Selbstkonzept und Interesse. Insbesondere wurden auch die erworbenen Creditpoints sowie die absolvierten Semesterwochenstunden in Fach, Fachdidaktik sowie Schulpraktika erhoben, um ein Maß für die Lerngelegenheiten bzw. den Studienfortschritt zu erhalten.
Insgesamt beziehen sich sowohl die Tests zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen als auch zur Erklärperformanz auf Inhalte der Mechanik.

Vorgehen bei der Datenerhebung
Für die Pilotstudie wurde insgesamt an 15 Universitären in Deutschland erhoben. Dabei wurden für alle drei Bereiche insbesondere Validierungsstudien bzw. Untersuchungen der Reliabilität der Instrumente vorgenommen (detailliert beschrieben in Riese et al., 2015). Z.B. wurden Analysen der Inhaltsvalidität der Tests zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen vorgenommen, indem Lehrpläne analysiert oder Lehrende an Universitäten befragt wurden. Für das fachdidaktische Wissen wurde zudem eine „Think-Aloud-Studie“ durchgeführt, um Fragen der kognitiven Validität zu klären. Der Test zur Performanz beim Erklären wurde mit verschiedenen Interviewstudien hinsichtlich seiner Authentizität geprüft, zudem wurde ein ausgiebiges Expertenrating bezüglich des Maßes für Erklärperformanz vorgenommen.

Die Stichprobengröße, auf die sich die Analysen beziehen, variiert nach Teilvorhaben, sodass diese den folgenden Einzelbeiträgen der Teilprojekte zu entnehmen sind. Für die Hauptstudie wurden teilweise längsschnittliche Befragungen (vor und nach der ersten Mechanikvorlesung, vor und nach der ersten Fachdidaktik-Veranstaltung) durchgeführt. In querschnittlichen Erhebungen wurden insgesamt über 1000 Studierende befragt, von denen etwa 500 auf die Hauptstudie entfallen. Es wurden darüber hinaus auch 198 Performanztests zum Erklären durchgeführt.

In den folgenden Einzelbeiträgen werden nunmehr erste Analysen zur Entwicklung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen im Studienverlauf präsentiert und Zusammenhänge der einzelnen Aspekte des Professionswissens berichtet.

Literatur
Kulgemeyer, C. (2014). Messung des Professionswissens von Lehramtsstudierenden der Physik. Einführung in ein gemeinsames Symposium der Projekte KiL und ProfiLe-P. In Bernholt, S. (Hg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht (S. 106-107). Kiel: IPN.
Riese, J., Kulgemeyer, C., Borowski, A., Fischer, H., Gigl, F., Gramzow, Y., Schecker, H., Tomczyszyn, E. & Zander, S. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, S. 55–79.

Florian Gigl[1]
Simon Zander[1]
Florian Buchwald[1]
Andreas Borowski[2]
Hans E. Fischer[1]

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

Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden der Physik

Hintergrund

In Anlehnung an die Beschreibung von Professionswissen nach Shulman (1987) besteht in den Fachdidaktiken der Naturwissenschaften der breite Konsens, Professionswissen von Lehrkräften in Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen einzuteilen (Fischer, Borowski, & Tepner, 2012; z.B. Tepner et al., 2012). In der COACTIV-Studie wird Fachwissen von Mathematiklehrkräften in die Facetten Schulwissen, vertieftes Schulwissen und universitäres Wissen untergliedert. Das vertiefte Schulwissen bezeichnet dabei die lehrerspezifische Kategorie „Schulwissen vom höheren Standpunkt“ (Baumert & Kunter, 2006).

Bisherige Ansätze betrachteten Fachwissen oftmals als eindimensionales Konstrukt (z.B. Kirschner, 2013; Kröger, Neumann, & Petersen, 2015). Erste Modelle unterteilen Fachwissen in eigenständige Dimensionen (z.B. Riese, 2009). Woitkowski (2011) definiert Fachwissen als *Schulwissen*, das im Rahmen der Sekundarstufe I vermittelt wird, und *universitäres Wissen* als Wissen, das im Rahmen der universitären Ausbildung vermittelt wird. *Vertieftes Wissen* wird retrospektiv als Bindeglied zwischen Schulwissen und universitärem Wissen eingeführt. Wissen der Sekundarstufe II wird in diesem Ansatz nicht berücksichtigt. Zur Beschreibung des Fachwissens werden die Facetten von Fachwissen von uns wie folgt charakterisiert: *Schulwissen* entspricht dem Wissen, das der Lehrer zur Darstellung curricularer Inhalte benötigt. *Vertieftes Schulwissen* stellt prospektiv notwendiges Wissen zur Transformation universitärer Inhalte auf den Schulkontext dar und *universitäres Wissen* wird benötigt, um die schulischen Inhalte in der Physik zu verankern, stellt jedoch keinen Bestandteil des *vertieften Schulwissens* dar. Die Dimension vertieftes Schulwissen wird wie folgt operationalisiert.

- Verschiedene Wege zur Lösung einer Aufgabe identifizieren
- Lösung einer Aufgabe aus theoretischer Sicht planen
- Randbedingungen einer Schulaufgabe erkennen
- Aufgaben fachlich korrekt vereinfachen
- Zusammenhänge, Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikalischer Phänomene erkennen

Es konnte bereits gezeigt werden, dass der dreidimensionale Modellansatz zur Beschreibung des Fachwissens von Physikstudierenden starke Vorteile bietet (Gigl, Zander, Borowski, & Fischer, 2015). Weiterhin konnte die kriteriale Validität des dazu entwickelten Testinstruments durch erwartungskonforme mittlere Korrelationen mit den Schulnoten Mathematik, Physik und der Abiturgesamtnote, eine starke Korrelation mit mathematischen Fähigkeiten und keine Korrelation mit disziplinfremden Unterrichtsfächern nachgewiesen werden.

Eine erste Untersuchung zur Entwicklung des Fachwissens Mechanik im Verlauf des ersten Studiensemesters konnte bereits signifikante Wissenszuwächse mit großer Effektstärke zeigen, zur Klärung weiterer Parameter werden folgende Forschungsfragen untersucht:

- Wie entwickelt sich physikalisches Fachwissen von Lehramtsstudierenden im Laufe des Studiums?
- In welchem Zusammenhang stehen Fachwissen und Leistungszuwächse mit Schulleistungsindikatoren?

Methode

Es wurden Lehramtsstudierende der Physik (für Sekundarstufe II) im Rahmen eines Längs- und eines Querschnittdesigns untersucht. Die Datenerhebung für den Querschnitt fand im Wintersemester 2013/14 und im Sommersemester 2014 statt. Dabei wurden drei Kohorten unterschieden: Studienanfänger im ersten Studienjahr (K1, N=97), Studierende im zweiten Studienjahr (K2, N=35), und weiter Fortgeschrittene (K3, N=33). Zur Erhebung des Längsschnitts wurden die Probanden der ersten Kohorte zu Beginn (T1, N=49) und Ende des Wintersemesters 2013/14 (T2, N=33) und im Wintersemester 2014/15 (T3, N=26) untersucht.

Im Fachwissenstest Mechanik wurden Items gemäß den Dimensionen Schulwissen, vertieftes Schulwissen und universitäres Wissen konstruiert. Weiterhin wurde die Aufgabenschwierigkeit gestaffelt in Fakten, Zusammenhänge und übergeordnetes Konzept (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth, & Walpuski, 2010; Schoppmeier, 2013). Die inhaltliche, konstruktbezogene und kriteriale Validität konnte gezeigt werden (Gigl et al., 2015). Das auf 60 Minuten angelegte Testheft bestand aus 40 Aufgaben. 17 entfielen auf die Dimension Schulwissen, 12 auf das vertiefte Schulwissen, wobei nur Items zum 3. und 5. Teilaspekt konstruiert wurden, und 11 auf das universitäre Wissen. Zur Untersuchung der Entwicklung des Fachwissens Physik wurde ein Raschmodell mit verankerter Itemschwierigkeit berechnet. Zur Schätzung der Personenfähigkeit wurde der PV-Schätzer verwendet, wobei jeweils zehn Imputationen vorgenommen wurden. Zur Untersuchung der längsschnittlichen Entwicklung wurde jeder Erhebungszeitpunkt als eigenständige Dimension betrachtet und zur Ermittlung von Abhängigkeiten ein lineares Wachstumsmodell gerechnet, das für Zusammenhangsanalysen zwischen der Korrelation mit der Ausprägung zum jeweiligen Messzeitpunkt (Intercept *i*) und der Zuwachsrate (Slope, *s*) unterscheiden kann. Alle Berechnungen wurden mit dem Programm „R“ (R Core Team, 2015) unter Zuhilfenahme der R-Pakete „TAM“ (Kiefer et al., 2015) und „lavaan“ (Yves Rosseel, 2012) durchgeführt.

Ergebnisse

Die Wissenszuwächse (logit-Skala) für den Quer- und Längsschnitt sind **Tabelle 1** zu entnehmen.

	M (SD)	d	p	M (SD)	d	p	M (SD)	d	p
Querschnittlicher Vergleich der Wissensausprägungen									
K1	-0.63 (0.95)	0.63	***	-0.83 (0.65)	0.65	***	-1.09 (0.68)	0.59	**
K2	-0.09 (0.89)	0	.99	-0.44 (0.62)	-0.02	.94	-0.77 (0.64)	-0.10	.68
K3	-0.14 (0.93)			-0.46 (0.64)			-0.75 (0.67)		
Längsschnittliche Untersuchung des Wissenszuwachses									
T1	-0.59 (0.66)	0.82	***	-0.80 (0.40)	1.95	***	-0.92 (0.25)	1.07	***
T2	0.20 (0.57)	-0.69	***	-0.12 (0.31)	-0.38	**	-0.59 (0.27)	-0.62	**
T3	0.36 (0.66)			-0.68 (0.24)			-0.80 (0.48)		

Tabelle 1: Vergleich der Wissensstände in längs- und querschnittlicher Untersuchung

Im Rahmen des ersten Studiensemesters sind in allen Dimensionen Wissenszuwächse mit großen Effektstärken beobachtbar, wobei lediglich im Schulwissen ein weiterer Zuwachs über das erste Studiensemester hinaus beobachtbar ist. In den Dimensionen vertieftes Schulwissen und universitäres Wissen ist ein Rückgang der Fähigkeit beobachtbar. Die querschnittliche Untersuchung gibt keine Hinweise auf einen weiteren Wissenszuwachs in Mechanik in höheren Studiensemestern.

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Wissenszuwachs und möglichen Prädiktoren liefert folgende Ergebnisse (vgl. Tabelle 2):

Im Verlauf des ersten Studiensemesters zeigen sich die naturwissenschaftlichen Schulnoten, sowie die Rechenfähigkeit als Prädiktoren für Wissenszuwächse. Im kumulativen Lernpro-

zess zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Zuwachsrate und den Prädiktoren, und für die absolute Ausprägung zeigen das Kurswahlverhalten im Fach Physik und die Rechenfähigkeit schwache Zusammenhänge mit der Ausprägung des Fachwissens.

latente Korrelation mit…	im ersten Studiensemester			bis zum dritten Studiensemester					
				SW		VSW		UW	
	SW	VSW	UW	i	s	i	s	i	s
Schulnote Physik	0.20***	0.01	0.27***	0.05	0.0	0.02	0.01	0.03	0.03
Schulnote Mathematik	0.21***	0.11	0.45***	0.05	- 0.03	- 0.02	0.01	0.01	0.01
Abiturnote	0.31***	0.05	0.49***	0.22	- 0.08	- 0.06	- 0.03	- 0.23	0.02
Kurswahl Mathematik	0.0	-0.03	0.06	- 0.10	0.0	0.07	- 0.09	- 0.04	0.15
Kurswahl Physik	-0.06	-0.06	0.0	0.19 *	- 0.02	0.14	0.03	0.15 *	- 0.04
Rechenfähigkeit	0.14	-0.01	0.56***	0.21 ***	- 0.03	0.19 **	- 0.03	0.04	0.02

Tabelle 2: Latente Korrelation Wissenszuwachs mit Prädiktoren

Diskussion

Es konnte gezeigt werden, dass im Verlauf des gesamten Studiums ein Wissenszuwachs in allen Dimensionen des Fachwissens stattfindet, dessen höchste Ausprägung jedoch nicht wie erwartet bei Studierenden höherer Semester zu finden ist, sondern am Ende des – hier aufgrund des Curriculums relevanten – ersten Studiensemesters. Für die Ausprägung des getesteten Fachwissens danach zeigt sich ein Rückgang mittlerer Effektstärke in beiden universitären Facetten des Fachwissens.

Die Untersuchung möglicher Prädiktoren für Wissenszuwachs zeigt, dass keiner der herangezogenen Prädiktoren in der Lage ist, einen Hinweis auf die Zuwachsrate im kumulativen Lernprozess zu geben. Weiterhin zeigt sich, dass naturwissenschaftliches Vorwissen und mathematische Fähigkeiten vorteilhaft für die Höhe des Fachwissens sind.

Literatur

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

Fischer, H. E., Borowski, A., & Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. In B. J. Fraser & Tobin K. G (Eds.), *Second international handbook of science education.* Dordrecht: Springer.

Gigl, F., Zander, S., Borowski, A., & Fischer, H. E. (2015). Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden der Physik. In Sascha Bernholt (Hg.) (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Bremen* (pp. 112–114). Kiel: IPN-Verlag.

Kauertz, A., Fischer, H., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16*, 135–153.

Kiefer, T., Robitzsch, A., & Wu, M. (2015). *TAM: Test Analysis Modules.* Retrieved February 10, 2015, from http://cran.r-project.org/web/packages/TAM/index.html.

Kirschner, S. (2013). *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften.* Berlin: Logos.

Kröger, J., Neumann, K., & Petersen, S. (2015). Struktur und Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte. In S. Bernholt (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (pp. 106–108). Kiel: IPN-Verlag.

R Core Team (2015). *R: A Language and Environment for Statistical Computing.* Vienna, Austria, from R Foundation for Statistical Computing: https://www.R-project.org/.

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

Schoppmeier, F. (2013). *Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe.* Berlin: Logos.

Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review, 57*(1), 1–22.

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. September 14, 2015.

Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz, 289–313.

Yves Rosseel (2012). lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software, 48*(2), 1–36, from http://www.jstatsoft.org/v48/i02/.

Josef Riese Universität Paderborn
Yvonne Gramzow
Peter Reinhold

Analysen zum fachdidaktischen Wissen von angehenden Physiklehrkräften

Ziele und Theoretischer Hintergrund

Fachdidaktische Wissen (FDW) wird in der Literatur häufig als relevant für unterrichtliches Handeln von Lehrkräften beschrieben, wenngleich Zusammenhänge von FDW und Lehrerhandeln/Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften auf globaler Ebene bislang kaum zu beobachten sind (vgl. Vogelsang, 2014; Cauet, et al., im Druck; Olszewski 2010). Zusammenhangsanalysen auf der Ebene von theoretisch begründeten und empirisch fundierten Subskalen sind aktuell jedoch noch nicht möglich. Um präzisere und differenziertere Messungen zu ermöglichen, wurde daher im beschriebenen Projekt ein Modell fachdidaktischen Wissens entworfen sowie ein Testinstrument entwickelt und pilotiert, welches Analysen auf Subskalenebene ermöglichen soll. Mit Hilfe dieses Instruments sollen im Rahmen des Verbundprojekts Profile-P (vgl. Riese et al., 2015) Zusammenhänge zwischen den Subskalen des FDW, des Fachwissens (Gigl et al., in diesem Band) und der Performanz beim Erklären physikalischer Sachverhalte (Kulgemeyer et al., in diesem Band) aufgeklärt werden. Im vorliegenden Beitrag werden die Subskalen mit den Daten der Haupterhebung abschließend geprüft und es werden Prädiktoren des Erwerbs fachdidaktischen Wissens im Lehramtsstudium Physik untersucht.

Testinstrument und Pilotstudie

Auf der Grundlage von Analysen verschiedener Konzeptualisierungen des FDW bzw. des pedagogical content knowledge (PCK) wurde ein Kompetenzmodell für das FDW entwickelt. Es ordnet sich in die gängigen heuristischen Modelle professioneller Handlungskompetenz als Teil der kognitiven Disposition in Anlehnung an Baumert und Kunter (2006) ein. Der Schwerpunkt liegt auf dem an der Universität erwerbbaren Wissen, wobei der physikalische *Inhaltsbereich* auf die Mechanik beschränkt ist. Zunächst wurde ein breit angelegtes Modell entwickelt und anschließend für die Testentwicklung gekürzt (vgl. Gramzow, Riese & Reinhold, 2013), wobei die vier fachdidaktischen *Facetten* „Instruktionsstrategien“, „Schülervorstellungen“, „Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses“ sowie „Fachdidaktische Konzepte“ ausgewählt wurden.

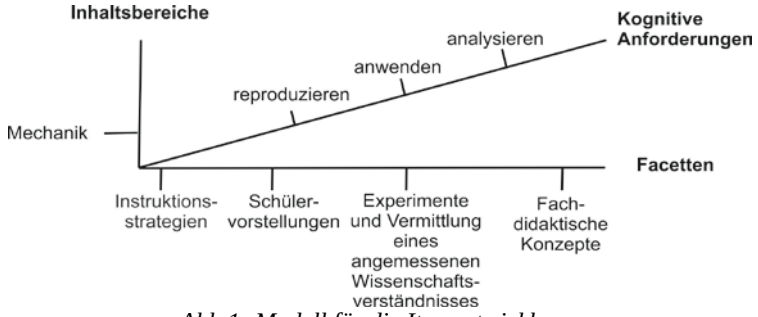


Abb.1: Modell für die Itementwicklung

Des Weiteren wurde dem Modell für die Testentwickelung (Abb.1) als dritte Dimension die *Kognitive Aktivität* hinzugefügt, die die Anforderungen der jeweiligen Items in die Bereiche „Reproduzieren“, „Analysieren“ und „Anwenden“ unterteilt (vgl. Anderson und Krathwohl,

2001). Im Rahmen unterschiedlicher Vorstudien wurden zunächst inhaltliche, diskriminate und konvergente Validierungen durchgeführt (vgl. Riese et al., 2015). In der Hauptstudie wurden schließlich 294 Lehramtsstudierende der Physik befragt. Die Zusammensetzung der Stichprobe ist in der folgenden Tabelle 2 beschrieben:

	N	Note Abitur	Weiblich	Fach-semester	Erworbene Creditpoints (CP) in physikdidaktischen Veranstaltungen
HR Lehramt	71	2,8	39 %	3,9	4,3
Gym Lehramt	223	2,2	33 %	3,2	3,9
Gesamt	294	2,4	35 %	3,4	4,0

Tab.2: Charakteristik der Pilotstichprobe. Angegeben sind jeweils Mittelwerte.

Die auf Basis einer Raschanalyse erzeugte Wrightmap zeigt, dass der Test etwas zu schwer und die Varianz zu gering ist (.49). Der Itemfit ist bei 86 von 91 Items jedoch gut ($0.8 < MNSQ < 1.2$ und $-1.9 < T < 1.9$), ebenso die EAP-Reliabilität für den gesamten Test (.84).

Untersuchungen Dimensionalität des FDW

Die Prüfung der Dimensionalität in der Hauptstudie ergibt, dass ein eindimensionales Raschmodell erwartungswidrig besser zum Datensatz als ein Modell passt, dass in die vier oben berichteten fachdidaktischen Facetten aufspaltet (Deviance 1D: 14999.51; Deviance 4D: 15195.48). Eine mögliche Ursache wird im insgesamt geringen Studienfortschritt in der Hauptstudie (3,4 Fachsemester (FS)) gegenüber der Pilotstudie (5 FS) gesehen, so dass vermutet wird, dass das Wissen in der Studieneingangsphase möglicherweise zu gering für die Ausprägung von Wissensstukturen und damit für die Messung auf Subskalenebene ist.
Um diese Hypothese zu prüfen, wurden die Analysen für Studienanfänger (1. & 2. FS) und Fortgeschrittene (ab dem 3. FS) separat wiederholt. Hier zeigt sich zunächst bei der Betrachtung normierter Summenscores (MW 100, SD 20), dass die fortgeschrittenen Studierenden in der Stichprobe über signifikant ($p < .001$) höheres FDW als Studienanfänger verfügen (106.1 vs. 92.7). Weiterhin zeigt ein χ^2-Test, dass ein 4D-Rasch-Modell (Deviance 8453.41; AIC 8555.41; BIC 8565. 68), welches in die vier o.g. fachdidaktischen Facetten unterteilt, eine hochsignifikant bessere Passung als ein 1D-Rasch-Modell (Deviance 8400.63; AIC 8520.63; BIC 8532.71) aufweist. Dabei liegen die Varianzen der Subskalen zwischen .50 und .60, die EAP-Reliabilitäten zwischen .55 und .73.

Untersuchungen zu Prädiktoren des FDW

Im Weiteren werden Prädiktoren des FDW getrennt für Studienanfänger und Fortgeschrittene (ab dem 3. FS) mittels Regressionsanalysen untersucht. Neben ersten Hinweisen zu Entwicklungsfaktoren des FDW ermöglichen die Prädiktoren im Zuge der Prüfung plausibler Annahmen auch weitere Erkenntnisse zur Validität der Testwertinterpretation.
Für Studienanfänger (bislang ohne explizit fachdidaktische Lerngelegenheiten) zeigt sich erwartungskonform, dass erworbene Credit Points (CP) in den fachbezogenen Laborpraktika in Physik ($\beta = .39$; $p < .001$) und, sofern vorhanden (trifft für ca. 30 % der Stichprobe zu), Erfahrungen aus vorherigen Studiengängen ($\beta = .30$; $p = .012$) Prädiktoren darstellen. Auch schein es sich zu Studienbeginn positiv auszuwirken, umfangreiche (mehr als 8 Wochen) schulpraktische Erfahrungen zu vermeiden, in denen höchstwahrscheinlich keine institutionell verankerten Gelegenheiten zur Reflexion bestehen. Diese 3 Prädiktoren klären 32 % (korrigiertes R^2) der Varianz beim FDW auf. Erwartungswidrig stellen insbesondere Indikatoren zum Wahlverhalten bzgl. Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe, Indikatoren zum Umfang des Fachwissens in Physik (CP erfolgreich belegter Lehrveran-

staltungen), allgemeine Lehrerfahrungen mit Jugendlichen (z.B. Nachhilfe), fachspezifische Noten und auch die Abitur-Abschlussnote (Indikator für kognitive Leistungsfähigkeit) keine weiteren Prädiktoren dar. Dies deutet möglicherweise darauf hin, dass sich die im Rahmen von physikalischen Fachpraktika gewonnenen Erfahrungen beim Experimentieren auch auf das Experimentieren in späteren schulischen Kontexten auswirken.
Demgegenüber zeigt sich bei fortgeschrittenen Lehramtsstudierenden in Physik (mind. 3 FS) ein anderes Bild. Betrachtet man zunächst den Gesamtscore, so können die allg. Abiturnote ($\beta = -.32$; $p < .001$), die in fachdidaktischen Lehrveranstaltungen erworbenen CP ($\beta = .28$; $p = .003$) und vorhandene Lehrerfahrung an der Universität ($\beta = .23$; $p = .006$) als signifikante Prädiktoren ausgemacht werden, die zusammen 31 % der Varianz beim FDW aufklären können. Indikatoren bzgl. des Umfangs von Schulpraktika, die Kurswahl bzgl. Physik in der Oberstufe, vorhandene Lehrerfahrungen mit Jugendlichen, das Geschlecht, der Studiengang sowie die in Fachveranstaltungen erworbenen CP klären keine weitere Varianz auf.
Bei der Betrachtung auf der Ebene der Subskalen wird darüber hinaus deutlich, dass sich die Facette „Experimente“ unterschiedlich im Vergleich zu den anderen 3 Facetten entwickelt, da nur für diese Facette die in physikalischen Laborpraktika erworbenen CP relevant werden, nicht aber die in physikdidaktischen Lehrveranstaltungen erworbenen CP. Darüber hinaus können auf der Ebene von Subskalen deutliche Standorteffekte beobachtet werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Der entwickelte Test erlaubt die empirisch fundierte Messung von Subskalen des FDW bei Lehramtsstudierenden der Physik, sobald erste Lerngelegenheiten zum Erwerb von physikdidaktischem Wissen erfolgreich durchlaufen wurden (ab dem 3. Fachsemester). Für Studierende in der Studieneingangsphase (1. und 2. Fachsemester) kann ein Gesamtscore abgebildet werden. Prädiktoren des Vorwissens in der Studieneingangsphase stellen im Wesentlichen den Erfolg in den fachbezogenen Laborpraktika und, sofern vorhanden, Erfahrungen aus vorherigen Studiengängen dar. Als Prädiktoren des FDW bei fortgeschrittenen Studierenden haben sich vor allem die Abiturnote (allgemeine kognitive Fähigkeiten), der Umfang bisheriger Lerngelegenheiten in Physikdidaktik (was auf eine gewisse Wirksamkeit der fachdidaktischen Lehre hindeutet) und das Vorhandensein von Lehrerfahrung in der universitären Lehre herausgestellt. Möglicherweise erscheint es vor diesem Hintergrund sinnvoll, Gelegenheiten für eine „fachdidaktische“ Auseinandersetzung mit Erfahrungen aus Lehrtätigkeiten an der Universität zu schaffen.

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: Longman.

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

Cauet, E., Liepertz, S., Kirschner, S., Borowski, A., & Fischer, H. E. (im Druck). Does it Matter What We Measure? Domain-specific Professional Knowledge of Physics Teachers. Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften, Heft 3/15.

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

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

Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In Blömeke, S. & Zlatkin-Troitschanskaia, O. (Hrsg.): Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik (S. 55-79). Weinheim: Beltz.

Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften – Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Berlin: Logos.

Christoph Kulgemeyer
Elisabeth Tomczyszyn
Horst Schecker

IDN Physikdidaktik
Universität Bremen

Was beeinflusst die Performanz beim Erklären von Physik? - Fachwissen und fachdidaktisches Wissen im unterrichtlichen Handeln -

Der Zusammenhang zwischen universitär erworbenem Professionswissen (insbesondere Fachwissen und fachdidaktischem Wissen) sowie Unterrichtsqualität ist nach wie vor unklar (Vogelsang, 2014). Das Projekt ProfiLe-P leistet einen Beitrag dazu, diese Lücke zu schließen. Dazu wurde eine Situation physikalischen Unterrichtens – das Erklären physikalischer Phänomene – modelliert und in standardisierten Situationen videobasiert untersucht. Der Einfluss von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen auf das freie berufliche Handeln von Physiklehrkräften im Unterricht könnte im Vergleich schwer zu messen sein, da *eine einzelne Unterrichtsstunde* durch viele Variablen (z.B. Lage der Stunde, Beziehung zwischen Lehrkraft und Schülern, Nähe von Leistungsüberprüfungen, ...) stark beeinflusst wird. *Über eine lange Dauer* des Unterrichts sollte dennoch Fachwissen und fachdidaktisches Wissen eine wichtige Rolle spielen, ansonsten wäre die Ausbildung von Physiklehrkräften grundlegend zu überdenken. In einem standardisierten Performanztest, der das unterrichtliche Handeln direkt nachbildet, sollte der Einfluss von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen frei von vielen der genannten „Störvariablen“ nachweisbar sein. Zwar wird damit nicht allgemeine Unterrichtsperformanz nachgebildet, sondern nur eine Situation des Unterrichts. Dennoch kann dies wichtige Anhaltspunkte liefern, wenn diese Situation sehr bedeutend für den Unterricht ist. Erklärungen bieten sich an, weil sie besonders wichtig für Physikunterricht sind (Osborne & Patterson, 2011).

Die Gestaltung des Performanztests zum Erklären

In einem Performanztest werden Anforderungssituationen des Handelns standardisiert und authentisch nachgebildet. Der Erklärtest bezieht sich auf Vorarbeiten zur physikalischen Kommunikationskompetenz von Schülerinnen und Schülern (Kulgemeyer & Schecker, 2013) und ist mit aufwändigen Validierungsstudien entwickelt worden (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). Die Grundkonstellation liegt darin, dass eine angehende Lehrkraft der Physik einer Schülerin oder einem Schüler ein physikalisches Phänomen erklärt. Dabei sind die Themen vorgegeben (z.B. *Warum gleite ich auf einer Pfütze eher aus der Kurve als auf trockener Strecke?*), die Erklärungsdauer beträgt 10 Minuten und die Erklärer haben ebenfalls 10 Minuten Zeit, sich mit vorgegebenen Materialien vorzubereiten. Dazu gehören einerseits vorgegebene Darstellungsformen (Bilder, Diagramme), andererseits aber auch z.B. Stift und Papier für selbst angefertigte Zeichnungen. Alle in der Vorbereitungszeit angefertigten Materialien können mit in die Erklärsituationen genommen werden. Die Schülerinnen und Schüler sind in einer auf Videofeedback basierenden Methode geschult worden, sich in den Situationen vergleichbar zu verhalten und z.B. bestimmte Fragen zu stellen (z.B. *Gibt's dafür ein Beispiel?*), die von den Probanden verlangen, ihre Erklärung zu verändern. Die Erklärsituationen wurden gefilmt.

Methodik der Datenauswertung

Die entstandenen Videos wurden kategorienbasiert ausgewertet (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). Grundlage war das Modell dialogischen Erklärens (Abb. 1). Die Grundkonstellation sieht vor, dass ein Erklärer sowohl *adressatengemäße* als auch *sachgerechte* Überlegungen zu treffen hat, um eine Erklärung vorzunehmen. Dies bedeutet, dass sowohl die Voraussetzungen des Schülers (Vorwissen, Interessen) als auch die physikalische

Sachstruktur (Vollständigkeit der Erklärung, Korrektheit der Erklärung) als zentrale Faktoren für gelingendes Erklären zu berücksichtigen sind. Das Erklären selbst ist ein Prozess, der daraus besteht, immer wieder Erklärungen anzubieten und zu verändern. Der Schüler gibt ständig verbal oder nonverbal Auskunft, ob er der Erklärung folgt und sie versteht oder eben nicht.

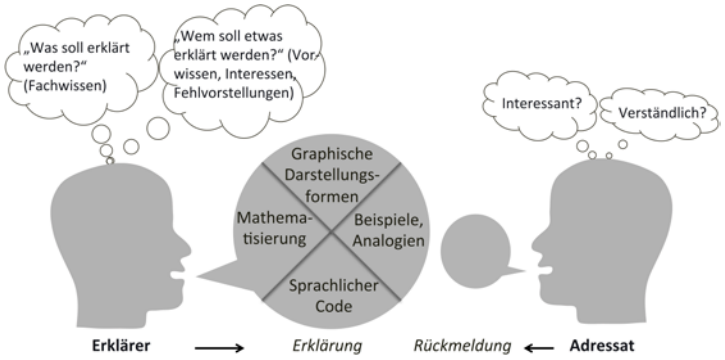


Abbildung 1: Modell dialogischen Erklärens (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015)

Der Erklärer kann vier „Variablen" verändern, um eine Erklärung adressatengemäßer zu gestalten (Abb.1): verwendete Beispiele, die Sprachebene (z.B. Fachsprache, Alltagssprache), Elemente der Mathematisierung (z.B. Formelsprache) und Darstellungsformen (logische Bilder, Bildanalogien, realistische Bilder). In der Auswertung der Videos wurden diese vier Variablen als Oberkategorien behandelt. Es wurden dann induktiv Kategorien gebildet, um zu beschreiben, was konkret als Reaktion auf Fragen der Schüler in diesen Oberkategorien verändert wurde. Zudem wurden deduktiv allgemeine Qualitätskriterien des Erklärens wie das „Geben von Zusammenfassungen" für die Kategorien herangezogen.

Maß für adressatengemäßes Erklären: Aus diesen Kategorien wurde zur weiteren Auswertung ein quantitatives Maß berechnet. Es wurde jeweils das erste Auftreten einer Kategorie gezählt und die Summe der auftretenden Kategorien berechnet: je mehr Kategorien auftreten, desto besser das Erklären. Zudem wurde ein Expertenrating durchgeführt, um das Maß zu validieren (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015).

Maß für sachgerechtes Erklären: Jede Erklärung wurde mit einem auf Likert-Skalen beruhenden Verfahren darauf überprüft, ob die Erklärung vollständig und korrekt ist. „Vollständigkeit" bedeutet, dass alle wichtigen inhaltlichen Aspekte erklärt werden und jeweils Begründungen geliefert werden. Beispielsweise müssen für das Thema *„Warum gleite ich auf einer Wasserlache eher aus der Kurve als auf trockener Strecke?"* sowohl das Kurvenfahren als Teil einer Kreisbewegung (Begründung: Zentripetalkraft durch die Reibungskraft zwischen Reifen und Straße) als auch das Ausgleiten auf einer Pfütze (Begründung: Reibung und Trägheit) behandelt werden. Außerdem müssen diese Phänomene zu einer Gesamterklärung verknüpft werden. „Korrektheit" ist ein Maß für die fachliche Adäquatheit der Begründungen.

Performanzmaß Erklären: Für das Gesamtmaß wurden die Einzelmaße für adressatengemäßes und sachgerechtes Erklären zu gleichen Teilen verrechnet.

(Vorläufige) Ergebnisse

Die Stichprobe zur Auswertung besteht aus 134 Studierenden der Physik über alle Semester. Es ergeben sich zunächst (manifeste) Korrelationen zwischen Fachwissen, fachdidaktischem Wissen sowie sachgerechtem und adressatengemäßen Erklären. Diese Korrelationen steigen deutlich an, wenn man die schlechtesten 10 % der Erklärer aus den Analysen ausblendet. Dies spricht dafür, dass das Maß im unteren Bereich entweder nicht gut auflöst oder erst ein gewisses Maß an Erfahrung da sein muss, um das vorhandene Wissen in der Perfomanzsitu-

ation gewinnbringend zu nutzen. Konzentriert man die Analysen auf die besten 90 % ergeben sich die in Abb. 2 angeführten manifesten Korrelationen.

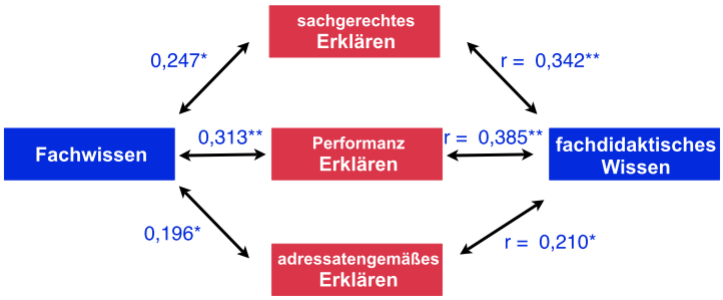


Abbildung 2: Pearson-Korrelationen zwischen Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und den Erklärkomponenten (basierend auf den besten 90 % der Stichprobe im Erklären)

Mit Kontrollvariablen (vgl. Einführungsbeitrag zum Symposium) kann man nun den Zusammenhang mit einem Pfadmodell (MLE, R-Paket *lavaan*) untersuchen (s. Abb. 3).

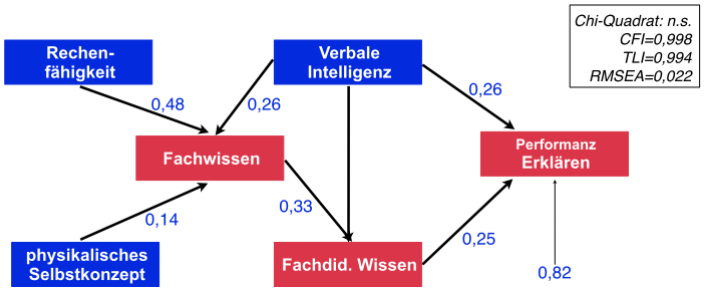


Abbildung 3: Pfadmodell (MLE) für unterrichtliche Erklärperformanz (basierend auf den besten 90 % der Stichprobe im Erklären). Angegeben sind Pfadkoeffizienten. Rechts oben: Modellgüteparameter

Ein Modell, das nur einen indirekten Pfad vom Fachwissen über das fachdidaktische Wissen zur Erklärperformanz annimmt, beschreibt die Daten am besten. Die Modellgüteparameter sind zufriedenstellend. Sowohl Fachwissen als auch fachdidaktisches Wissen sind wichtig für gutes Erklären – allerdings werden insgesamt mit dem Modell lediglich 18 % der Varianz erklärt. Festzuhalten bleibt, dass auf Basis der bislang vorgenommenen Analysen das fachdidaktische Wissen (insbesondere das Wissen über Schülervorstellungen) die ausschlaggebende Rolle spielt. Ohne fachdidaktisches Wissen ist es nicht möglich, in der unterrichtlichen Performanzsituation des Erklärens das Fachwissen als nützliche Ressource zu nutzen. Diese Analysen werden in der Folge verstärkt, insbesondere wird untersucht, ob die Varianzaufklärung durch weitere Merkmale verbessert werden kann. Es deutet sich jedoch ein Hinweis darauf an, dass unterrichtliche Performanz (im Erklären) sowohl von Fachwissen als auch von fachdidaktischem Wissen profitiert.

Literatur

Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2013). Students Explaining Science – Assessment of Science Communication Competence. *Research in Science Education 43*, S. 2235-2256.

Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären – Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* DOI 10.1007/s40573-015-0029-5.

Osborne, J. F. & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education 95*(4), S. 627-638.

Vogelsang, C. (2015). *Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von Physiklehrkräften - Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz.* Berlin: Logos.

Gottfried Merzyn Göttingen

Guter Physikunterricht.
Elf Merkmale als Orientierungshilfe für Lehrerbildung und Schulentwicklung

Um den Physikunterricht steht es nach Expertenmeinung nicht zum Besten. Schon 1980 merkte der Lehrerverband MNU selbstkritisch an, symptomatisch für den Physikunterricht seien mangelnde Kenntnisse der Schüler und unzulängliche Fähigkeiten bei der Beantwortung einfachster Fragen aus allen Bereichen der Physik (MNU, 1980). Beim „Tag der Physik“ der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, der 1991 dem Physikunterricht gewidmet war, wurde von einer „Krise des Physikunterrichts“ gesprochen (Nachtigall, 1992). Und eine Expertise im Auftrag der Kultusministerkonferenz beobachtet 2004 eine Tendenz zu „naturwissenschaftlichem Analphabetismus“ bei den Schülern (Schecker et al., 2004, S.150). Schülerleistungen bleiben, wie wiederholt gezeigt wurde, weit hinter den Lehrplanforderungen zurück. Zu solchen erheblichen kognitiven Defiziten gesellen sich gravierende affektive. Kaum ein anderes Schulfach ist so unbeliebt wie Physik (Merzyn, 2013, S.7).

An der intensiven fachdidaktischen Diskussion um Besserungsmaßnahmen waren viele Lehrer, Fachleiter und Fachdidaktiker beteiligt. Der Lehrerverband MNU (1993; 2001), die Naturwissenschaftler-Professoren der Universität Basel (1989), die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997) und andere fachkundige Gruppen trugen ebenfalls als Experten bei, zu klären, was guten Physikunterricht ausmacht.

Die erwähnten Arbeiten sind hier stellvertretend genannt für einen weit umfangreicheren Literaturbestand zu gutem Unterricht, der diesem Vortrag zugrunde liegt. Rund 750 Aufsätze wurden systematisch durchgearbeitet, dazu rund 150 Monographien, Dissertationen und Forschungsberichte. Neben physikdidaktischen wurden auch chemiedidaktische Arbeiten stark beachtet, weil die grundlegenden Probleme beider Fächer bemerkenswert ähnlich sind (Merzyn, 2013, S.130). Fremdsprachige Arbeiten sind zu etwa einem Drittel in den genannten Zahlen enthalten. Bei der Prüfung der Befunde und Argumente wurden auch Einsichten der Lernpsychologie und Schulpädagogik mitbedacht. In beiden Disziplinen sind wiederholt Kennzeichen guten Unterrichts herausgearbeitet worden. Besonders bekannt wurden Arbeiten von Helmke (z. B. (2003)), von Hilbert Meyer (z. B. (2004)), auch von Oelkers et al. (2008). Derartige Beiträge können fachbezogene Überlegungen nicht ersetzen, wohl aber fruchtbar ergänzen. Die systematische Sichtung, Prüfung und Ordnung all dieser Expertenüberlegungen führte zu elf Merkmalen guten Physikunterrichts. Sie sind im Kasten auf der nächsten Seite zusammengestellt.

Die elf Merkmale fassen sehr knapp zusammen, was fachdidaktische, psychologische und pädagogische Untersuchungen zu gutem Unterricht herausgefunden haben. Man kann sie als wissenschaftlich fundierte Orientierungshilfe nutzen, insbesondere für die Lehrerbildung und für die Schulentwicklung.

Aus der Sicht der Lehrerausbildung stellen die Merkmale einen Katalog von Kompetenzen dar, auf die hin in der Ausbildung gearbeitet werden sollte. Eine Studienordnung mit ihren Modulen und Veranstaltungen sollte sich möglichst allen elf durch die Merkmale charakterisierten Fähigkeiten eines Lehrers zuwenden. In ähnlicher Weise können diese Kompetenzen als Strukturierungshilfe für die Fachsitzungen eines Studienseminars dienen.

Elf Merkmale guten Physikunterrichts

1 Lernförderliches Unterrichtsklima

Dies Merkmal beschreibt das Klima, die Atmosphäre im Unterrichtsraum. Für das Klima spielt die Persönlichkeit des Lehrers eine wesentliche Rolle.

2 Vielfältige Motivierung

In diesem Merkmal spiegelt sich ein zentrales Anliegen des Physikunterrichts. Guter Unterricht vermittelt das Fach als ein lebendiges, interessantes Gebiet, für das es sich lohnt, sich zu engagieren.
Mehrere der nachfolgenden Merkmale lassen sich als Konkretisierungen der Motivierung auffassen.

3 Verständliche, gut strukturierte Darbietung des Stoffes

Dies Merkmal gilt von jeher als wesentlich für erfolgreichen Unterricht. Gutes Erklären ist ein Herzstück gelungenen Physikunterrichts.

4 Lernen eingebettet in alltagsnahe Kontexte

Guter Physikunterricht bemüht sich immer wieder darum, Verbindungen zwischen der Wissenschaft und dem Erfahrungsbereich der Schüler zu knüpfen und Alltagsbezüge herzustellen. Er bemüht sich, die Bedeutsamkeit von Physik und Technik für unser Leben zu verdeutlichen.

5 Vielfältige Unterrichtsmethoden

Physikunterricht bietet reiche methodische Möglichkeiten. Zu gutem Unterricht gehören auch Phasen, in denen Schüler aktiv handeln und selbständig denken können.

6 Verständnisfördernde Unterrichtskommunikation

Guter Physikunterricht besteht zu großen Teilen aus Kommunikation. Das Vertrautwerden der Schüler mit der Fachsprache beim eigenen Sprechen und die Entwicklung fachlich richtiger Vorstellungen gehen Hand in Hand.

7 Förderung aktiven, selbstgesteuerten Lernens

Die Schüler sollen im Physikunterricht aufgeschlossen werden für das Erwerben geistiger Erfahrungen und Kompetenzen. Guter Unterricht enthält deshalb offenere, problemorientierte Phasen, in denen die Schüler zu eigenen Fragen angeregt werden.

8 Individualisierung und Differenzierung

Schüler bringen sehr unterschiedliche Voraussetzungen in den Physikunterricht mit. Dem muss der Unterricht Rechnung tragen. Insbesondere Gruppenarbeit und Einzelarbeit schaffen Raum für Individualisierung und Differenzierung.

9 Intelligentes Üben und Wiederholen

Üben und Wiederholen haben ihren festen Platz in gutem Physikunterricht. Ohne solche regelmäßige Festigung ist nachhaltiges Lernen nicht möglich.

10 Angemessene Leistungserwartungen und Kontrollen

Guter Physikunterricht arbeitet auf Lernerfolge der Schüler hin und überprüft kontinuierlich seine Ergebnisse. Wichtig ist, dass die Leistungserwartungen dem altersspezifischen Vermögen der Schüler gut angepasst sind.

11 Klare Klassenführung und Strukturierung des Unterrichts

Guter Physikunterricht zeichnet sich durch klare Strukturen und effiziente Klassenführung aus. Weiter gehört dazu eine gute Zeitnutzung und rechter Umgang mit Störungen.

Orientierung bieten die Merkmale auch für die Schulentwicklung. Einer Fachgruppe Physik können sie Referenzrahmen für die Weiterentwicklung des Unterrichts sein. Am Anfang solcher Arbeit wird eine gemeinsame Bestandsaufnahme stehen. Wo sind Problemzonen? Wo steht die Schule schon gut da?

In einem nächsten Schritt kann daraus ein Arbeitsplan erwachsen, wie auf mittlere Sicht eine Verbesserung möglich ist. Bestimmte als besonders wichtig oder besonders aussichtsreich eingeschätzte Aspekte müssen als Entwicklungsschwerpunkt ausgewählt werden, in realistischer Einschätzung des Möglichen. Vertrauen unter den Kollegen muss wachsen, Lerngelegenheiten (z. B. Hospitationen, Besuche an anderen Schulen, Fortbildung) müssen geschaffen werden. Die Mitglieder der Fachgruppe verstehen sich zunehmend als selbstwirksame, reflektierende und verantwortlich handelnde Praktiker.

Bei solcher Arbeit in der Fachgruppe werden für den einzelnen Lehrer unausweichlich manche gewohnte Abläufe und Verhaltensweisen in Frage gestellt. Das ist für einen erfahrenen Lehrer alles andere als einfach. Zu fest eingeschliffen sind viele Verhaltensweisen. Und im Zurückgreifen auf erprobte Handlungsmuster wird es ihm leichter, die vielen an einem Unterrichtstag fälligen Entscheidungen so schnell zu treffen, wie der Unterrichtsablauf es erfordert. Routine hilft also einerseits, mit den eigenen Kräften hauszuhalten. Andererseits behindert sie eine Weiterentwicklung. In gemeinsamem Bemühen der Fachgruppe kann es gelingen, den langen Atem zu entwickeln, den Schulentwicklung braucht.

Wo sich nicht die ganze Fachgruppe zu einem Qualitätszirkel zusammenfügen lässt, bieten die elf Merkmale auch einem einzelnen Lehrer oder einer Zweiergruppe einen Rahmen bei der Reflexion des praktizierten eigenen Unterrichts. Selbstvergewisserung, persönliche Fortentwicklung, nachhaltige Unterrichtsverbesserung sind die Ziele.

Eine ausführlichere Darstellung zu den elf Merkmalen guten Physikunterrichts ist in Vorbereitung (Merzyn, in Vorber.).

Literatur

BLK-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (1997). Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effektivität des math.-naturwiss. Unterrichts“. Bonn: BLK

Haenisch, H. (2002). Merkmale erfolgreichen Unterrichts. In: Was ist guter Fachunterricht? 2. Aufl. Bönen: Kettler, 42-53

Helmke, A. (2003). Unterrichtsqualität erfassen bewerten verbessern. Seelze: Kallmeyer

Merzyn, G. (2013). Naturwissenschaften Mathematik Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. 2. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren

Merzyn, G. (in Vorber.). Guter Physikunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern und Wissenschaftlern (*im Internet*)

Meyer, H. (2004). Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen Scriptor

MNU et al. (1980). Dt. Phys. Ges., MNU, Konferenz Fachber. Phys.: Empfehlungen zum Physikunterricht an den Schulen des Sekundarbereichs. MNU *33*, bei Heft 6

MNU (1993). Positionen zum Unterricht in Mathematik, in den Naturwissenschaften und in Informatik. MNU *46*, bei Heft 8

MNU (2001). Physikunterricht und naturwissenschaftliche Bildung. MNU *53*, bei Heft 3

Nachtigall, D. (1992). Krise und Ausweg. Physik. Blätter *48*, 169-173

Oelkers, J., Reusser, K. (2008). Qualität entwickeln – Standards sichern – mit Differenz umgehen. Berlin: BMBF

Schecker, H., Fischer, H.E., Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: H.-E. Tenorth (Hrsg.): Kerncurriculum Oberstufe II. Weinheim: Beltz, 148-234

Universität Basel (1989). Gymnasialunterricht in Naturwissenschaften. Stellungnahme und Thesen der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel. Neue Sammlung *29*, 553-569

Theresa Schulte
Claus Bolte
Freie Universität Berlin

Naturwissenschaftliche Grundbildung – Ergebnisse einer curricularen Delphi-Studie

Hintergrund und Fragestellungen

Naturwissenschaftliche Bildung ist nicht zuletzt durch die Ergebnisse internationaler Vergleichsstudien (OECD, 2003, 2007, 2010; Martin, Mullis, Foy, & Stanco 2012) in den vergangenen Jahren verstärkt in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Auch lassen sich ein mit Fortschreiten der schulischen Bildung sinkendes Interesse an Naturwissenschaften, Unzufriedenheit mit der gegenwärtigen Situation naturwissenschaftlicher Bildung und negativ behaftete Einstellungen den Naturwissenschaften gegenüber ausmachen (EG, 2005, 2007; Sjøberg & Schreiner, 2010). Dies hat eine breite öffentliche Diskussion über Ziele, Herausforderungen und Perspektiven der naturwissenschaftlichen Bildung als Teil einer modernen Allgemeinbildung entfacht. Es herrscht allgemeiner Konsens darüber, dass naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne einer *scientific literacy* (Bybee, 2002) das übergeordnete Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts sein sollte (Fensham, 2002; Gräber & Bolte, 1997; Hurd, 1998; NRC, 1996). In der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur wird bezüglich einer zeitgemäßen und wünschenswerten naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sinne einer s*cientific literacy* weitgehend Einigkeit proklamiert (OECD, 2004). Allerdings bleibt das, was sich konkret hinter dem Begriff *scientific literacy* verbirgt, in der Literatur oftmals vage. Vor diesem Hintergrund wird in der im Folgenden vorgestellten Studie das Ziel verfolg, in Zusammenarbeit mit verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren neu zu durchdenken, was eine naturwissenschaftliche Grundbildung als Teil allgemeiner Bildung ausmachen sollte. Insbesondere werden wir der Frage nachgehen, welche Auffassungen und Erwartungen bezüglich einer zeitgemäßen und wünschenswerten naturwissenschaftlichen Grundbildung im Meinungsbild der Gesellschaft bestehen. Um diese Frage bestmöglich zu beantworten und um möglicher Weise bestehende Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen zu identifizieren, wurde unter Einbeziehung zahlreicher Akteure (sog. "stakeholder") aus unterschiedlichen naturwissenschafts- und bildungsbezogenen Kontexten eine curriculare Delphi-Studie durchgeführt. Unser Beitrag informiert über die Konzeption der an der Freien Universität Berlin durchgeführten curricularen Delphi-Studie als eine von mehreren nationalen Delphi-Studien im Rahmen des PROFLES Projektes (PROFILES, 2010; Bolte, 2014) und stellt ausgewählte Ergebnisse der Studie vor (s. auch Bolte & Schulte, 2014; Schulte, 2015).

Methode und Design der curricularen Delphi-Studie

Delphi-Studien dienen dem Zusammentragen, Verdichten und systematischen Ordnen von Wissen und Ansichten verschiedener Experten (Linstone & Turoff, 1975) und liefern daher empirisch gesicherte Orientierungs- und Entscheidungshilfen. Charakteristisches Merkmal der Delphi-Methode ist die systematische, in verschiedenen Runden stattfindende Befragung eines festen Teilnehmerkreises. Dieses Vorgehen dient der Differenzierung wie auch der systematischen inhaltlichen Verdichtung der allgemeinen Fragestellung. So werden ab der zweiten Runde (Zwischen-)Ergebnisse der jeweils vorherigen Runde an die Teilnehmer rückgemeldet. Dies bietet den Teilnehmern die Möglichkeit, die eigene Meinung gegebenenfalls zu korrigieren oder zu untermauern sowie weitere Einschätzungen vorzunehmen. Die Steuerung des wechselseitigen Informationsflusses und damit die Kommunikation der untereinander anonymen Teilnehmer wird von einer zentralen Arbeitsgruppe vorgenommen (Häder, 2009). Das Grundmuster des Delphi-Verfahrens wird in Anlehnung an Häußler et al.

(1980) durch zwei „curriculare Elemente“ spezifiziert: Da verschiedene mit Naturwissenschaften bzw. naturwissenschaftlicher Bildung befasste gesellschaftliche Akteure in den Blick genommen werden sollten, werden die zu befragenden Experten anhand eines Kriterienkatalogs ausgewählt. Auch wurde die übergeordnete Fragestellung anhand eines formalen Frage- und Aufgabenformats präzisiert (Bolte, 2003a; 2003b; Häußler et al., 1980).
Als relevante Interessenvertreter für den Bereich naturwissenschaftliche Bildung nimmt die Curriculare Delphi-Studie Naturwissenschaften vier verschiedene Gruppen in den Blick: Schüler, Lehrer, Didaktiker und Naturwissenschaftler. Die Studie ist in Anlehnung an die Curricularen Delphi-Studien Chemie (Bolte, 2003a; 2003b) und Physik (Häußler u. a., 1980) in drei Befragungsrunden unterteilt. Die erste Runde eröffnet den TeilnehmerInnen die Möglichkeit, ihre Ansichten bezüglich der Merkmale einer zeitgemäßen und wünschenswerten naturwissenschaftlichen Grundbildung in einem offenen Fragebogen zu äußern. Dieser Fragebogen ist nach Kontexten, Situationen und Motiven, die zum Anlass für naturwissenschaftliche Bildungsprozesse genommen werden können, Inhalten, die berücksichtigt werden sollten und Qualifikationen und Haltungen, die im Hinblick auf eine naturwissenschaftliche Bildung entwickelt und gefördert werden sollten, strukturiert. Die Antworten der Teilnehmer werden inhaltsanalytisch ausgewertet und systematisiert. In der zweiten Runde werden den Teilnehmern die Ergebnisse der qualitativen Analyse der in der ersten Runde erbrachten Aussagen in Form von Kategorien (Aussagebündeln) zurückgemeldet. In der zweiten Runde nehmen die Teilnehmer eine gewichtete Einschätzung dieser Kategorien bezüglich Priorität und Realisierung in der Praxis vor. Um als zeitgemäß erachtete Konzeptionen naturwissenschaftlicher Bildung zu identifizieren, werden die Teilnehmer in der zweiten Runde zudem gebeten, Kategorien zu gruppieren, die sie in ihrer Kombination als besonders bedeutsam erachten. Die clusteranalytisch identifizierten Konzepte werden den TeilnehmerInnen in der dritten Runde analog zur zweiten Runde zur gewichteten Einschätzung vorgelegt. Außerdem werden sie gebeten, diese Einschätzungen nach verschiedenen Bildungsbereichen zu differenzieren.

Ergebnisse und Ausblick

Mit einer Ausgangsstichprobe von 193 ExpertInnen in der ersten Runde, 154 ExpertInnen in der zweiten Runde und 109 verbleibenden ExpertInnen in der dritten Runde (Tabelle 1) haben schlussendlich insgesamt 109 Personen in allen drei Runden teilgenommen. Für eine mehrstufige Studie mit qualitativen Ansätzen stellt dies einen sehr zufriedenstellenden Stichprobenumfang und eine akzeptable Regression in der Stichprobengröße dar.

Gruppe		Anzahl Teilnehmer						Rücklauf	Rücklauf
		Runde 1		Runde 2		Runde 3		R2 / R3	R1 / R3
Schüler		39		34		26		76%	67%
Lehrer	LA-Studenten	32	63	29	50	10	30	60%	48%
	Referendare	5		4		4			
	Lehrer	18		16		16			
	Fachseminarleiter	8		1		0			
Didaktiker		30		29		24		83%	80%
Naturwissenschaftler		61		41		29		71%	48%
Gesamt		**193**		**154**		**109**		**71%**	**56%**

Tab. 1: Stichprobe und Rücklauf der curricularen Delphi-Studie Naturwissenschaften

Aus den in der ersten Runde geäußerten Antworten wurde ein Kategoriensystem mit 80 Aspekten wünschenswerter naturwissenschaftlicher Grundbildung generiert. Diese bildeten die Basis für die in den folgenden Runden vorgenommenen Einschätzungen der TeilnehmerInnen. Grundsätzlich zeigen die Analysen, dass den Schwerpunkten, Bedürfnissen und Ansprüchen der beteiligten Akteure bezüglich naturwissenschaftlicher Grundbildung in der

Praxis nicht entsprochen wird und dass daher unter den Teilnehmern beträchtliche Unzufriedenheit mit der derzeitigen Praxis naturwissenschaftlicher Bildung herrscht. Die Ergebnisse zeigen zudem, in welchen Bereichen Verbesserungen notwendig sind, damit es naturwissenschaftlichem Unterricht besser gelingt, einen Beitrag zur scientific literacy der SchülerInnen zu leisten. Den Schwerpunkten der TeilnehmerInnen zufolge sollte im naturwissenschaftlichen Unterricht an allgemeinbildenden Schulen insbesondere Urteilsfähigkeit, kritischem Hinterfragen und Reflexion höchste Bedeutung beigemessen werden. Auch sollte ein auf eine naturwissenschaftliche Grundbildung ausgerichteter Unterricht stärker die Vermittlung von mit allgemeineren Bildungszielen assoziierten Kompetenzen in den Blick nehmen, den Bezug zwischen Naturwissenschaften und Gesellschaft stärken, mehr interdisziplinäre Ansätze integrieren, und mehr Schülerorientierung berücksichtigen. Diese Aspekte werden auf Basis der erhobenen Daten als besonders unterrepräsentiert in der gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Bildungspraxis wahrgenommen und können daher als Bereiche mit dem höchsten Verbesserungsbedarf angesehen werden.

Ein verdichteteres Meinungsbild der TeilnehmerInnen kann auf Basis der Einschätzungen der empirisch entwickelten Konzeptionen wünschenswerter naturwissenschaftlicher Bildung gewonnen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass mit Konzeptionen zu „Naturwissenschaften und Gesellschaft“ sowie „Natur, Alltag und Lebenswelt“ ein Schwerpunkt auf Kontexte, die über naturwissenschaftliche Fachinhalte hinausgehen, als wichtiger für eine naturwissenschaftliche Grundbildung erachtet wird als fachwissenschaftlich dominierte Konzepte. Daher bilden die in dieser Studie gewonnen Erkenntnisse ein solides Fundament für einen empirisch gesicherten Orientierungsrahmen für die Weiterentwicklung naturwissenschaftlichen Unterrichts. Da eine Vielzahl von Akteuren aus unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen, einschließlich SchülerInnen, deren Sichtweise in Bildungsfragen häufig vernachlässigt wird, in dieser Studie beteiligt sind, stellen die Ergebnisse einen besonders umfassenden Ansatz zur Identifizierung wünschenswerter Aspekte zeitgemäßer naturwissenschaftlicher Grundbildung dar. Trotz vielfach ähnlicher Ansichten konnten auch unterschiedliche Akzentuierungen in den Meinungsbildern der TeilnehmerInnen, insbesondere zwischen den Schülern und den erwachsenen Teilnehmern, aufgedeckt werden. Dieses Ergebnis stellt den oft beschworenen Konsens über wünschenswerte naturwissenschaftliche Grundbildung zumindest in Frage und stellt damit die Forderung nach einer differenzierteren Auseinandersetzung mit der Frage nach der konkreten Ausgestaltung eines auf *scientific literacy* ausgerichteten naturwissenschaftlichen Unterrichts. Auf Basis der verschiedenen in der Stichprobe repräsentierten Perspektiven können die Ergebnisse dieser Studie auch eine Grundlage für eine differenzierte Auseinandersetzung über diese Frage darstellen. Mehr über diese Studie ist in Schulte (2015) zu finden.

Literatur (Auswahl)

Bolte, C. (2014). Naturwissenschaftl. Bildung im Spiegel des PROFILES Projekts. In: *MNU*. 67,(6), 324-328.

Bolte, C., & Schulte, T. (2014). Wünschenswerte naturwissenschaftliche Bildung im Meinungsbild ausgewählter Experten. In: *MNU*. 67,(6), 370-376.

Bolte, C. (2003a). Konturen wünschenswerter chemiebezogener Bildung im Meinungsbild einer ausgewählten Öffentlichkeit - Methode und Konzeption der curricularen Delphi-Studie Chemie sowie Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsabschnitt. *ZfDN*, 9, 7–26.

Bolte, C. (2003b). Chemiebezogene Bildung zwischen Wunsch und Wirklichkeit - Ausgewählte Ergebnisse aus dem zweiten Untersuchungsabschnitt der curricularen Delphi-Studie Chemie. *ZfDN*, 9, 27–42.

Häder, M. (2009). *Delphi-Befragungen: Ein Arbeitsbuch*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Häußler, P., Frey, K., Hoffmann, L., Rost, J., & Spada, H. (1980). *Physikalische Bildung: Eine curriculare Delphi-Studie. Teil I: Verfahren und Ergebnisse*. IPN-Arbeitsbericht 41. Kiel: IPN Kiel.

Linstone, H. A., & Turoff, M. (1975). The Delphi Method: Techniques and Applications. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

PROFILES. (2010). The PROFILES Project. Retrieved from http://www.profiles-project.eu [11.06.2012]

Schulte, T. (2015). *Desirable Science Education – Findings from a Curricular Delphi Study on Scientific Literacy Based Science Education in Germany*. Dissertation. Freie Universität Berlin.

Peter Heinze FSU Jena
Volker Woest

Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Thüringer Einheitsschule (1922-1924)

Einleitung

Das Land Thüringen hat eine lange bildungspolitische und reformpädagogische Tradition, die nicht nur auf die Namen Peter Petersen und Jenaplan beschränkt werden dürfen. Die rot-rote Landesregierung verabschiedete am 01. April 1922 das „Einheitsschulgesetz“ mit dem das gesamte Schulwesen Thüringens grundlegend reformiert wurde. Für die Weimarer Republik stellte dieser Schritt ein Novum dar, da in keinem anderen Land ein derartiger reformpädagogischer Ansatz existierte, der verbindlich per Gesetz eingeführt wurde. Der auch als „Greilsche Schulreform“ (benannt nach dessen Initiator Max Greil) bezeichnete Versuch wurde in den 1960ern durch die Arbeit von Paul Mitzenheim entsprechend gewürdigt.
Das Promotionsvorhaben „**Naturwissenschaftlicher Unterricht im Zuge der Greilschen Schulreform**“ (Heinze, 2014) untersucht daran anknüpfend die Stellung der Naturwissenschaften in der Thüringer Einheitsschule. In einem ersten Schritt wird die Arbeit der Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (**UK**) sowie des Deutschen Ausschuss für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (**DAMNU**) zur Etablierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts im deutschen Schulwesen zu Beginn des 20. Jahrhunderts, die in den Meraner Vorschlägen von 1905 bzw. der Neubearbeitung der Meraner Lehrpläne von 1922 ihren Ausdruck fanden, erläutert. Im Anschluss erfolgt die Analyse des Stellenwertes des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Thüringer Einheitsschule (**TES**) anhand der Lehrplanrichtlinien des Thüringer Volksbildungsministeriums bzw. der Vorschläge des Thüringer Lehrervereins. Es gilt diesbezüglich zu diskutieren, ob der naturwissenschaftliche Unterricht von der Umgestaltung des Thüringer Schulwesens profitieren konnte, wobei die Umsetzung der Meraner Vorschläge eine wichtige Rolle spielt.

Die Meraner Lehrplanrichtlinien von 1905 und 1922

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts spielte der naturwissenschaftliche Unterricht im höheren Schulwesen des deutschen Kaiserreichs nur eine Nebenrolle. Die sprachlich-geschichtlichen Fächer hatten hinsichtlich der Wochenstundenanzahl ein deutliches Übergewicht an allen allgemeinbildenden Vollanstalten, vor allem an den humanistischen Gymnasien. Daher trat erstmals im Dezember 1904 die UK zusammen, um die Reform des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts bezüglich der preußischen Vollanstalten zu erörtern. Das Preußische Schulwesen besaß für das Kaiserreich Vorbildcharakter und wurde in vielen Staaten, so auch in Thüringen, übernommen bzw. adaptiert. Die UK sah in der bisherigen Anzahl an naturwissenschaftlichen Wochenstunden auf den höheren Schulen in Bezug auf den Beitrag der Naturwissenschaften für die Allgemeinbildung einen Widerspruch. Daher wurden neue Leitsätze für die Fachdisziplinen aufgestellt. Anstelle der bisher überwiegenden mathematischen Betrachtungen im Physikunterricht sollte ein problemorientierter, erforschender Unterricht mit hohem praktischen Anteil treten. Für den Chemie- und Biologieunterricht sollte die Pflege der Anschauung als wichtigste Aufgabe gelten, der in der Chemie durch Versuche, in der Biologie durch gezielte Beobachtung zu erreichen sei. Vor allem für diese beiden Fächer forderte die UK eine beträchtliche Vermehrung der Wochenstunden. (Guzmer, 1908)
Diese Situation wird an den humanistischen Gymnasien besonders deutlich, wo die Biologie im Lehrplan von 1901 nur bis O III (9. Klasse) ein halbes Jahr mit zwei Stunden unterrichtet

und die Chemie lediglich innerhalb der Physik angesprochen wurde. Umso erstaunlicher erscheint es, das die UK für beide Fächer keine Vorschläge macht, sondern lediglich auf eine klaffende Lücke innerhalb der naturwissenschaftlichen Bildung hinweist (Guzmer, 1908). Für das Realgymnasium und die Oberrealschule wurde die Rückkehr der Biologie in die Oberstufe gefordert, da sie im preußischen Schulsystem seit 1882 davon ausgeschlossen war. Für die Chemie an der Oberrealschule bedeutete das eine Reduzierung um eine Wochenstunde, jedoch sollte der Unterricht zweistündig bereits in O III beginnen und beide Unterrichtsfächer in der Hand eines Lehrers liegen. Zudem wurden verbindliche Schülerübungen in den neubearbeiteten Lehrplänen des DAMNU 1922 erstmals festgeschrieben:

	U III (8. Kl.)		**O III (9. Kl.)**		**U II (10. Kl.)**		**O II (11. Kl.)**		**UI (12. Kl.)**		**O I (13. Kl.)**	
	1905	*1922*	1905	*1922*	1905	*1922*	1905	*1922*	1905	*1922*	1905	*1922*
Ph	-	*3**	3	*3**	3	-	3	*4**	3	*4**	3	*3*
Ch	-	-	2	-	2	*3**	2	*3**	2	*3**	2	*2*
Bio	2	*2*	2	*2*	2	*2*	2	*2*	2	*2*	2	*2*

Tab. 1: Vergleich der Wochenstundenanzahl in den naturwissenschaftlichen Fächern

Die Übungsstunden sind in der Tabelle mit einem Stern gekennzeichnet und umfassten je eine zusätzliche praktische Arbeitsstunde zum Fachunterricht. Erstmals wurde für Chemie und Biologie auch am humanistischen Gymnasium eine Wochenstundenverteilung vorgeschlagen, die ebenfalls Übungsstunden enthielt. Des Weiteren sollten die Lernenden zum „Wirklichkeitsdenken“ erzogen werden, in dem die Lehrinhalte eine größere lebensweltliche Orientierung aufweisen. (DAMNU, 1922)

Die Stellung der Naturwissenschaften in der TES

Volksbildungsminister Greil (1877-1939) setzte sich für ein längeres, gemeinsames Lernen ein, was in der achtklassigen Volksschule, bestehend aus vierjähriger Grund-, dreijähriger Unterschule und Abschlussklasse, gemäß Artikel 145 Weimarer Reichverfassung ihren Ausdruck fand. Alle Stufen, auch die weiterführende Mittel- und Oberstufe, bildeten ein in sich geschlossenes Ganzes, wobei die verschiedenen Zweige einander gleichwertig waren. Die Unterrichtsfächer auf derselben Stufe sollten nach einem einheitlichen Lehrplan unterrichtet, die Wochenstundenanzahl möglichst einheitlich gewählt werden. (Amtsblatt, 1922)

Gemäß der ab 1. April 1923 geltenden Normalstundentafel wurden die Naturwissenschaften in der Grundschule bereits zweistündig (3. und 4. Klasse) in Verbindung zur Erd- und Heimatkunde unterrichtet, in denen die Lernenden erste naturkundliche Grundbegriffe kennenlernen sollten. In der Unterschule standen Problemstellungen bzw. thematisch übergeordneten Leitgedanken aus Biologie und Heimatkunde im Vordergrund. In diesen Zusammenhang sollten Aspekte aus der Chemie und Physik an geeigneter Stelle besprochen werden. (Amtsblatt Nr. 6, 1923) Für die Abschlussklasse der Volkschule waren sechs Unterrichtsstunden vorgesehen, was mit der großen Bedeutung der naturwissenschaftlichen Bildung für das Erlernen praktischer Berufe erklärt wurde. (Amtsblatt Nr. 5, 1923)

Die Stundenverteilung in Mittel- und Oberschule sah eine Verdopplung der Stundenzahlen auf vier im realgymnasialen (**RG**) und gymnasialen (**G**) Zweig vor. Diese Entwicklung wurde jedoch nicht konsequent fortgeführt, da für die deutsche Oberschule (**DO**) und die Realoberschule (**RO**) die Stundenverteilung bis auf die 8. Klasse (ehemals U III) gleich blieb. Das größte Problem bestand jedoch in fehlenden Richtlinien für die Lehrpläne der Thüringer Mittel- und Oberschule.

Für eine genauere Analyse der Stellung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der TES müssen daher die Vorschläge zur Bearbeitung der Lehrpläne seitens des Thüringer Lehrervereins in die Betrachtung mit einbezogen werden:

Fach	Schul-art	Grundschule		Unterschule			Mittelschule			Oberschule		
		3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Bio	alle	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Ph	RO	Naturwissenschaftlicher Konzentrationsunterricht in Biologie und Erdkunde						2	2	3	3	3
	DO							2	2	2	2	3
	RG/G							1	1	2	2	2
Ch	RO						2	1	1	2	2	2
	DO						2	1	1	2	2	1
	RG						1	1	1	1	1	1
	G						1	1	1	im Physikunterricht		

Tab. 2: Vorgeschlagene Wochenstundenverteilung des Thüringer Lehrervereins

In Tabelle zwei ist zu erkennen, dass der Vorschlag eines naturwissenschaftlichen Konzentrationsunterricht mit Beginn der dritten Klasse von den Lehrern selbst gemacht wurde. Eine Forderung von Meran, dass der biologische Unterricht wieder in der Oberstufe auftritt, lässt sich in der TES finden, genauso wie die chemische und biologische Ausbildung im altsprachlichen Zweig der Mittel- und Oberschule. (THSTAW, B 2552, 1923) Die Stundenzahl wurde in den Richtlinien sogar anders als in dieser Übersicht um eine Stunde erhöht. Gründe zur Kritik liefert die Verteilung des chemischen Unterrichts insbesondere im gymnasialen Zweig, der lediglich drei separate Stunden auf der Mittelstufe aufweist und ansonsten „integriert“ werden sollte, was natürlich die Gefahr der Marginalisierung nach sich zieht.

Fazit

Eine abschließende Bewertung der Stellung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der TES ist durch die nur kurze Periode, in der das Einheitsschulgesetz galt, nur mit Bedacht vorzunehmen. Die restaurative Schulpolitik der bürgerlich-konservativen Regierung beendete diesen Reformversuch größtenteils bereits mit der Verabschiedung des Schulaufbaugesetzes vom 23. April 1924. Es lassen sich positive Aspekte finden, z.B. dass versucht wurde, die naturwissenschaftliche Bildung sehr früh in der Thüringer Einheitsschule zu verankern und dass einige Forderungen von Meran in die Planung einbezogen wurden: Die Erhöhung der Stundenzahl im altsprachlichen Zweig, die Wiedereinführung der Biologie in der Oberstufe bzw. die Festschreibung praktischer Arbeitsanteile

Ein großer Nachteil bestand jedoch im starren, vereinheitlichten Konstrukt des gesamten Schulaufbaus, ohne dabei die Durchführbarkeit in den Schulen zu beachten. Die daraus resultierenden Organisations- und Verwaltungsprobleme behinderten die Konzeption neuer Lehrpläne, so dass nur sporadische Richtlinien ausgegeben wurden und die Umsetzung der Lehrperson überantwortet wurde. Dieser Umstand hatte erhebliche Auswirkungen auf die Lehrerbildung hinsichtlich des Erwerbs entsprechender naturwissenschaftlicher Kompetenzen, was in der Kürze der Zeit natürlich nicht gewährleistet werden konnte.

Literatur

DAMNU. (Hrsg.). (1922): Neue Lehrpläne für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht an den höheren Lehranstalten. Leipzig/Berlin: Teubner.

Gutzmer, A. (1908): Die Tätigkeit der Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. Leipzig/Berlin: Teubner.

Heinze, P., Woest, V. (2015): Naturwissenschaftlicher Unterricht und das Einheitsschulgesetz in Thüringen (1922-1924). *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im Naturwissenschaftlicher Unterricht, GDCP, Tagung in Bremen 2014 (online),* S. 678-680.

Thüringisches Hauptstaatsarchiv Weimar. Thüringisches Ministerium für Volksbildung B 2552.

Thüringisches Ministerium für Volksbildung. (Hrsg.) (1922): *Amtsblatt des Thüringischen Ministeriums für Volksbildung, 5, (1)* S. 49-51.

Thüringisches Ministerium für Volksbildung. (Hrsg.) (1923): *Amtsblatt des Thüringischen Ministeriums für Volksbildung, 5, (2)* S. 57-67.

Thüringisches Ministerium für Volksbildung. (Hrsg.) (1923): *Amtsblatt des Thüringischen Ministeriums für Volksbildung, 6, (2)* S. 69-80.

Heiko Krabbe[1]
Tobias Bezold[2]
Hans E. Fischer[2]

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

Sprachhandlungen im Physikunterricht

Theoretischer Rahmen

Nach Koch und Oesterreicher (1985) wird zwischen dem medialen Gebrauch der Mündlichkeit bzw. Schriftlichkeit und der konzeptionellen Mündlichkeit und Schriftlichkeit als Art der Kommunikation unterschieden. Ein konzeptionell mündlicher Sprachgebrauch ist gekennzeichnet durch die Vertrautheit der Kommunikationspartner im spontanen, situationsgebundenem Dialog, wogegen die konzeptionelle Schriftlichkeit von einer räumlichen, zeitlichen und emotionalen Distanz der Kommunikationspartner ausgeht, die eine an die allgemeine Öffentlichkeit gerichtete, monologische Ausdruckweise notwendig macht. Mit Habermas kann die Bildungssprache im Gegensatz zur Umgangssprache durch die konzeptionelle „Disziplin des schriftlichen Ausdrucks“ (Habermas, 1978, S. 330) charakterisiert werden. Die Fachsprache ist eine besondere Form der Bildungssprache, die einen speziellen Inhaltswortschatz mit einer vom allgemeinen Gebrauch abweichenden Semantisierung verwendet. In Bezug auf den funktionalen Wortschatz und die verwendeten Redemittel (z. B. temporale, konditionale oder kausale Ausdrucksformen) gibt es jedoch eine große Überschneidung zwischen Bildungssprache und Fachsprache. Hier setzt die Idee einer Sprachbildung im Fach an, indem über das Fachvokabular hinaus die schriftsprachlichen Redemittel gefördert werden, die für bestimmte kognitive Sprachhandlungen erforderlich sind. Außerdem erhofft man sich durch die verbesserte sprachliche Ausdrucksfähigkeit ein besseres fachliches Verständnis.

In den Bildungsstandards der KMK (2005) für Physik findet man in jedem Kompetenz- und Anforderungsbereich explizite Sprachhandlungen wie *wiedergeben, benennen, beschreiben, erklären, begründen* usw. oder implizite Sprachhandlungen wie *erschließen, anwenden, auswählen* usw., denen Sprachhandlungen vorangehen oder (spätestens bei der Überprüfung) nachfolgen (Tajmel, 2011). Sprachhandlungen gehen mit kognitiven Prozessen einher wie sie u.a. in Lernzieltaxonomien beschrieben werden (vgl. z. B. Anderson & Krathwohl, 2001). Lehrkräfte sind sich in der Regel der spezifischen Anforderungen bestimmter Sprachhandlungen nicht bewusst und beurteilen Schülerbeiträge eher nach allgemeinen Kriterien wie denen der Ausführlichkeit oder der Verwendung des Fachvokabulars (Tajmel, 2010).

Durch eine schulform-, fächer- und bundesländerübergreifende Analyse von Lehrplänen haben Vollmer und Thürmann (Vollmer, 2011, Vollmer & Thürmann, 2010) die folgenden acht zentralen Sprachhandlungen in der Schulsprache identifiziert und beschrieben: 1. Aushandeln, 2. Erfassen/Benennen, 3. Beschreiben/Darstellen, 4. Berichten/Erzählen, 5. Erklären/Erläutern, 6. Argumentieren/Stellung nehmen, 7. Beurteilen/(Be-)Werten, 8. Simulieren/Modellieren. Sie wurden als Grundlage für die Analyse des Physik-Kernlehrplans für die Realschule in Nordrhein-Westfalen (MSW, 2011) verwendet, durch die die Sprachhandlungen für den Physikunterricht konkretisiert wurden. Mit dieser Konkretisierung wurde anschließend das Vorkommen der Sprachhandlungen im Physikunterricht anhand von 15 Unterrichtsvideos untersucht (vgl. Bezold, 2015).

Methoden

In der Lehrplananalyse wurden Kompetenzbeschreibungen anhand von Operatoren als Bestimmungsgröße für die erwartete kognitiv-sprachliche Aktivität aufgeschlüsselt und kategorisiert. Eine Kompetenzbeschreibung besteht aus genau einem Operator mit dem

zugehörigen inhaltsspezifischen Kontext sowie optional aus Angaben zu den Bedingungen, Umständen und dem Grad des Gelingens. Dabei wird zwischen Operatoren unterschieden, die kognitiv-sprachliche Handlungen direkt benennen (z. B. *benennen*, *beschreiben*, *erklären*), und Operatoren, die allgemeine kognitive Prozesse ohne Angabe der genauen Handlung (z. B. *entdecken*, *untersuchen*, *analysieren*), nicht näher bestimmte sprachliche Handlungen (z. B. *sagen*, *sprechen*, *lesen*), interne mentale Prozesse (z. B. *kennen*, *erkennen*), Passe-partout-Verben ohne klare Handlung (z. B. *verwenden*) bzw. non-verbale Handlungen (z. B. *zeichnen*, *konstruieren*, *berechnen*) kennzeichnen (vgl. Thürmann, 2008). Sofern die Sprachhandlung nicht direkt benannt ist, wurde versucht, aus dem situativen Kontext auf die erwartete Sprachhandlung zu schließen. Durch die den einzelnen Sprachhandlungen zugeordneten Kompetenzerwartungen wurden die Sprachhandlungen für den Physikunterricht konkretisiert.
Für die Analyse des Physikunterrichts wurden 15 Unterrichtsstunden ausgewählt, die in der 8 Klasse an Gymnasien in Nordrhein-Westfalen vor Beginn einer Lehrerfortbildung aufgezeichnet wurden (Zander, Krabbe & Fischer, 2013). Die Videos wurden für die Kodierung vollständig transkribiert. Bei der Kodierung ergab sich das Problem, dass in den häufig vorkommenden Lehrerfragen oft kein Operator explizit enthalten ist. Die Frage „Was ist die Einheit des Weges?“ erwartet aber implizit die Sprachhandlung, die Einheit des Weges zu benennen. Die Frage danach, wie man etwas ausrechnet, enthält zwar einen Operator (ausrechnen), der aber nicht der erwarteten Sprachhandlung entspricht. In diesem Fall steht den Schülern beispielsweise offen, den Rechenweg zu beschreiben oder zu erklären. Für die Kodierung wurden die Fragen der Lehrkräfte in Aufträge mit Operatoren umformuliert und die Richtigkeit der interpretativen Umformulierung anhand der Schülerreaktionen geprüft.

Ergebnisse

Im Kernlehrplan wurden in insgesamt 218 Kompetenzbeschreibungen mit 70 verschiedenen Operatoren identifiziert. 70% davon werden nur ein- oder zweimal verwendet. Nur 4 Operatoren (6%) werden mehr als zehnmal genannt, nämlich *erläutern* (28-mal), *beschreiben* (22-mal), *erklären* (15-mal) und *darstellen* (10-mal). Diese decken 34% der Kompetenzbeschreibungen ab.
In den Transkripten der Physikstunden wurden insgesamt 1374 Operator-Nennungen mit 186 verschiedenen Operatoren gefunden. Davon werden 60% nur ein- oder zweimal verwendet. 12% der Operatoren werden mehr als neunmal benutzt. Nur 65 Operatoren (35%) bestimmen die Sprachhandlung eindeutig. Von den 70 Operatoren des Kernlehrplans werden von den Lehrkräften nur 35 genutzt. Klassengespräche mit einer längerfristigen klaren Zielorientierung und Struktur durch eindeutige Operatoren sind selten. Den Lehrkräften machen die kognitiv-semantischen Anforderungen im Unterricht nicht transparent und sie fordern sie nicht konsequent ein.
Abbildung 1 zeigt die relativen Häufigkeiten, mit der die Sprachhandlungen im Kernlehrplan bzw. im analysierten Unterricht vorkamen. Die drei Sprachhandlungen Erfassen/Benennen, Beschreiben/Darstellen und Erklären/Erläutern machen etwas zwei Drittel aller Sprachhandlungen aus. Dabei fordert der Lehrplan stärker kognitiv anspruchsvollere Beschreibungen und Erklärungen, wogegen im Unterricht einfache Benennungen am häufigsten vorkommen.

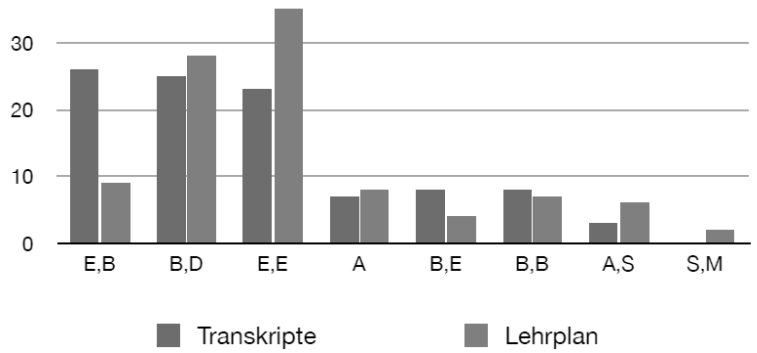


Abb. 1: Vergleich der relativen Häufigkeiten der Sprachhandlungen

E, B:	Erfassen/Benennen	B, E:	Berichten/Erzählen
B, D:	Beschreiben/Darstellen	B, B:	Beurteilen, Bewerten
E, E:	Erklären/Erläutern	A, S:	Argumentieren/ Stellung nehmen
A:	Aushandeln	S, M:	Simulieren/Modellieren

Fazit

Eine Orientierung an einer begrenzten Zahl von Sprachhandlungen könnte helfen, klare fachliche Anforderungen zu beschreiben und gleichzeitig die erforderlichen Sprachmittel zur Verfügung zu stellen. Dabei kann es sowohl für das fachliche Lernen als auch für die Förderung bildungssprachlicher Kompetenzen vorteilhaft sein, wenn das Spektrum der Sprachhandlungen ausgeschöpft wird und auch die kognitiv anspruchsvolleren Sprachhandlungen angemessen berücksichtigt werden.

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.

Bezold, T. (2015). *Diskurs und Lernprozessorientierung im Physikunterricht der Mittelstufe.* Nicht veröffentlichte schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung. Universität Duisburg-Essen.

Habermas, J. (1978). *Umgangssprache, Wissenschaftssprache, Bildungssprache*. Merkur, 4, 327-342.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultuminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungssandarts im Fach Physik für den mittleren Bildungsabschluss (Beschluss vom 16. Dezember 2004).* München: Wolters Kluwer.

Koch, P. & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. In O. Deutschmann, H. Flasche, B. König, M. Kruse, W. Pabst & W.-D.Stempel (Hrsg.). Romanistisches Jahrbuch, Bd._36,. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 15–43.

Ministeriumg für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen [MSW] (2011). Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen. Physik. Frechen: Ritterbach.

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

Tajmel, T. (2011). Sprachliche Lernziele des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Abgerufen von https://www.uni-due.de/imperia/md/content/prodaz/sprachliche_lernziele_tajmel.pdf (14.10.2014)

Thürmann, E. (2008). *Educational standards and the language of schooling at the end of compulsory education. Analysis of curricular documents issued by the German Laender.*Strasbourg: Council of Europe, unveröffentlichtes Manuskript.

Vollmer, J. (2011). *Schulsprachliche Kompetenzen: Zentrale Diskursfunktionen. Abgerufen von* http://www.home.uni-osnabrueck.de/hvollmer/VollmerDF-Kurzdefinitionen.pdf (04.09.2014).

Vollmer, H. J. & Thürmann, E. (2010). Zur Sprachlichkeit des Fachlernens: Modellierung eines Referenzrahmens für Deutsch als Zweitsprache. In B. Ahrenholz (Hrsg.) *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (S. 107-132), Tübingen: Narr.

Zander, S., Krabbe, H. & Fischer, H. E. (2013). Lehrerfortbildung und Lernzuwächse im Fachwissen. In: S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen (S. 503-505). Kiel: IPN-Verlag.

Christine Boubakri[1]
Heiko Krabbe[2]
Hans E. Fischer[1]

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

Sprachkompetenz im Versuchsprotokoll
Erste Ergebnisse aus der Pilotierung im Projekt SchriFT

Einleitung

Sprache wird als konstitutiv für schulisches Lernen angesehen (Becker-Mortzeck, Schramm, Thürmann & Vollmer, 2013). Die Forderung, dass Fachunterricht sprachsensibel gestaltet werden muss, ist durch die KMK (2005) in den Fokus der Fachdidaktik gerückt. Im Fachunterricht wird Schreiben meist nur instrumentell, z.B. als Tafelabschriebe, kurze Notizen und Lückentexte, oder funktional eingesetzt, um die Leistung der Schülerinnen und Schüler zu überprüfen (vgl. Thürmann, 2012). U.a. sehen bereits Koch & Oesterreicher (1984) Fach- und Bildungssprache konzeptuell schriftlich. Sie fordern deshalb eine entsprechende Vermittlung im Fachunterricht. Nach Redder (2012) ist davon auszugehen, dass durch die Einübung schriftsprachlicher Handlungsmuster, in die das vorhandene fachliche Wissen strukturell eingeordnet werden kann, auch die fachlichen Kompetenzen gestärkt werden können. Im interdisziplinären Forschungsprojekt SchriFT (www.uni-due.de/daz-daf/projektschrift) wird der Zusammenhang von fachlichem und sprachlichem Lernen in schriftlichen Schülerprodukten, bezogen auf den Physikunterricht, anhand der Textsorte des Versuchsprotokolls untersucht. Hier werden Pilotierungsergebnisse des auf diese Textsorte bezogenen Testinstruments vorgestellt.

Die Textsorte des Versuchsprotokolls

Textsorten sind Gruppen von Texten, die sich durch gemeinsame Merkmale auszeichnen (z.B. Nachricht, technische Dokumentation, usw.). Durch ihre fachliche Konzeption bieten sie einen Rahmen für erfolgreiche, musterhafte Lösungen für wiederkehrende Aufgaben; sie sind Ausdruck fachlicher Systematik und fachspezifischer Denk- und Erkenntnisformen. Zusätzlich bieten sie ein begrenztes Repertoire an bildungs- und fachsprachlichen Mitteln (z.B. die temporale Strukturierung durch Adverbien, adverbiale Nebensätze oder Nominalisierungen), die im Fachunterricht progressiv vermittelt werden können. Dies macht Textsorten zu einem geeigneten „didaktischen Hebel“ für epistemisches Schreiben und eine systematische, progressive Sprachbildung im Fach (vgl. Beese & Roll, 2015). Textsorten zeichnen sich u.a. dadurch aus, dass sie *adressatengerecht* orientiert sind, bestimmte *fachsprachliche Ausdrücke* voraussetzen, eine bestimmte *Perspektivübernahme* verlangen und *Kohärenz zur Gliederung der Textsorte* herstellen (vgl. Knopp, Becker-Mrotzek, & Grabowski, 2014). Diese Sprachhandlungen wurden für die Textsorte des Versuchsprotokolls folgendermaßen herausgearbeitet: Die Struktur eines Versuchsprotokolls umfasst eine Fragestellung, die Aufzählung der verwendeten Materialen, die Durchführung, die Beobachtung und die Auswertung (vgl. Nawrath, Maiseyenka & Schecker, 2011; Emden & Sumfleth, 2012). Versuchsprotokolle haben eine kommunikative Funktion, d.h. sie sind zur Leserorientierung nach einer fachlichen Logik aufgebaut. Außerdem haben sie als Textsorte eine epistemologische Funktion, nämlich das Denken zu lenken und zu strukturieren (Steinhoff, 2007) und dadurch beispielsweise expermientelle Kompetenz zu fördern.

Testung fachsprachlicher und fachlicher Fähigkeiten

Zur Erfassung der fachsprachlichen und fachlichen Kompetenzen von Schülern wurde ein Testinstrument auf Basis des Versuchsprotokolls entwickelt. Die Schüler sollen, nachdem

sie ein Video zum Versuch gesehen haben, zuerst die Durchführung beschreiben, dann folgt die Fragestellung, die Auflistung der Geräte und Materialien und die Nennung ihrer Funktion. Danach sollen die Schüler die unabhängigen und abhängigen Variablen nennen. Zum Schluss soll die Beobachtung und Auswertung als zusammenhängender Text geschrieben werden, um die Kompetenz zur Textstrukturierung zu testen. Das Versuchsprotokoll wurde mit Hilfe von pragmatischen Sprachhandlungen gegliedert (vgl. Vollmer, 2011; Becker-Mrotzek & Böttcher, 2006), die sich wie folgt verteilen (Abb. 1):

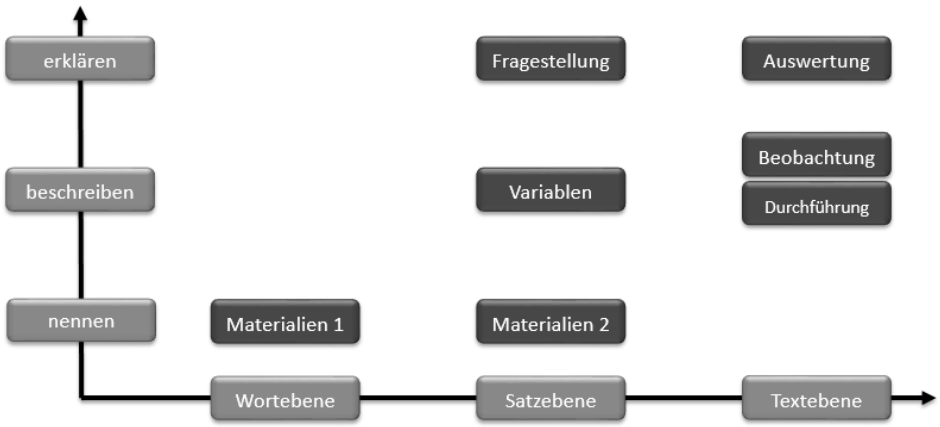


Abb. 1: Einordnung der Aufgabenteile hinsichtlich der Sprachebene und Sprachhandlung

Stichprobe und Methode

Das Testinstrument wurde im Physikunterricht an zwei Gesamtschulen in NRW in der siebten und achten Klasse (N=156, Alter 13,4 a) pilotiert. Zur Auswertung der Schülertexte wurde ein Kategoriensytem mit 35 Kategeorien entwickelt mit dem die Qualität einzelner Abschnitte des Versuchsprotokolls fachlich und fachsprachlich beurteilt werden kann, z.B.: Die unabhängige und eine abhängige Variable wurde genannt (fachlich), die Fragestellung wurde grammatikalisch und syntaktisch richtig formuliert (fachsprachlich). Bei der Doppelkodierung der Schülertexte lagen die Kappa-Werte für alle Kategorien zwischen .7 und 1.0. Damit ist das erstellte Kategoriensystem ein reliables Instrument zur Bewertung der Schülertexte.

Auswertung

Um den Zusammenhang zwischen fachlichen und fachsprachlichen Kompetenzen der Schülerinnen und Schülern zu bestimmen, wurden zwischen fachlichen und fachsprachlichen Indikatoren Korrelationen berechnet (siehe Abb. 2). Fachliche und fachsprachliche Kompetenzen zeigen eine mittlere Korrelation, sie beeinflussen sich gegenseitig und sie können deshalb nicht unabhängig voneinander betrachtet werden. Zwischen den sprachlichen Kompetenzen bestehen Korrelationen bei Aufgabenteilen auf der Satzebene, unterschiedliche Sprachhandlungen scheinen dagegen unabhängig voneinander zu sein. Ein sprachlich und fachlich enger Zusammenhang besteht zwischen der Kenntnis der Materialien und der Variablenkontrolle. Auf der fachlichen Seite besteht ein Zusammenhang zwischen dem Verständnis der Materialien und der Durchführung, Beobachtung und Auswertung.

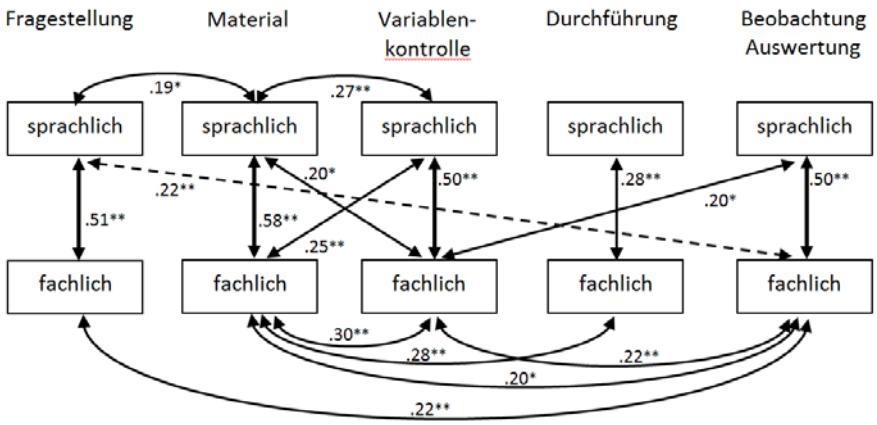


Abb. 2 Korrelationen zwischen fachlichen und fachsprachlichen Komponenten des Versuchsprotokolls (p < .05; ** p <.01)*

Die fachliche Unterscheidung zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen hängt mit den sprachlichen und fachlichen Fähigkeiten in der Beobachtung und Auswertung zusammen. Für die fachliche Beobachtung und Auswertung scheint schließlich noch der Rückbezug zur Fragestellung bedeutsam. Diese Zusammenhänge sind insgesamt plausibel und das Testinstrument erscheint somit geeignet zur Messung fachlicher und fachsprachlicher Kompetenzen. Es ermöglicht zudem eine inhaltliche Analyse der in den Texten dargestellten Zusammenhänge.

Literaturverzeichnis

Becker-Mrotzek, M., & Böttcher, I. (2006). *Schreibkompetenz entwickeln und beurteilen.* Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.

Beese, M., & Roll, H. (2015). Textsorten im Fach - zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In C. Benholz, M. Frank, & E. Gürsoy (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache in allen Fächern. Konzepte für die Lehrerbildung und Unterricht* (S. 51-72). Stuttgart: Ernst Klett Sprachen.

Emden, M., & Sumfleth, E. (2012). Messung des Prozesses naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Oldenburg 2011* (S. 269-271). Berlin: LIT Verlag.

KMK. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungssandarts im Fach Physik für den mittleren Bildungsabschluss (Beschluss vom 16. Dezember 2004).* München: Wolters Kluwer.

Knopp, M., Becker-Mrotzek, M., & Grabowski, J. (2014). Diagnose und Förderung von Teilkometenzen der Schreibkompetenz. In T. Bachmann, & H. Feilke (Hrsg.), *Werkzeuge des Schreibens - Beiträge zu einer Didaktik der Textprozeduren* (S. 296-315). Stuttgart: Ernst Klett Sprachen.

Koch, P. & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe – Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. In O. Deutschmann, H. Flasche, B. König, M. Kruse, W. Pabst & W.-D.Stempel (Hrsg.). Romanistisches Jahrbuch, Bd._36,. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 15–43.

Nawrath, D., Maiseyenka, V., & Schecker, H. (2011). Experimetelle Kompetenz - Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 42-48.

Redder, A. (2012). *Wissen, Erlären und verstehen im Sachunterricht.* Duisburg: Verlag Rhein Ruhr.

Steinhoff, T. (2007). *Wissenschaftliche Textkompetenz: Sprachgebrauch und Schreibentwicklung in wissenschaftlichen Texten von Studenten und Experten.* Tübingen: Niemeyer.

Thürmann, E. (2012). *Lernen durch Schreiben? Thesen zur Unterstützung sprachlicher Risikogruppen im Sachfachunterricht.* Von dieS-online 1: http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/8668/ (abgerufen am 14.10.2015)

Vollmer, J. (2011). *Schulsprachliche Kompetenzen: Zentrale Diskursfunktionen.* Osnabrück. http://www.home.uni-osnabrueck.de/hvollmer/VollmerDF-Kurzdefinitionen.pdf (abgerufen am 14.10.2015)

Cana Bayrak Technische Universität Dortmund
Bernd Ralle

Versuchsprotokolle und Vermittlung von Textsortenkompetenz

Der Handlungsbedarf, der im Bereich einer *durchgängigen Sprachbildung* (Gogolin & Michel, 2010), d.h. einer Sprachbildung, an der auch nicht-sprachliche Fächer beteiligt sind, besteht, wird in den letzten Jahren zunehmend erkannt. So sind vor allem die Lehrämter und damit verbunden die Fachdidaktiken gefordert, denn sie sind es, die die angehenden Lehrkräfte auf einen Unterricht in sprachlich heterogenen Klassen vorbereiten müssen. Sprachbildung umfasst Teilkompetenzen, die sich in die Aneignungsbereiche Sprechen, Hören, Lesen und Schreiben unterteilen lassen. Das Dortmunder Projekt *DaZ im Kontakt- mit der Praxis, mit den Fächern*[1] hat es sich zur Aufgabe gemacht, angehende Chemielehrkräfte vor allem im Bereich des Schreibens auf einen Unterricht in heterogenen Lernergruppen vorzubereiten.[2] Vor allem dem Schreiben von Versuchsprotokollen kommt aus Sicht des sprachlichen und fachlichen Lernens eine wichtige Rolle zu, die im Folgenden näher bestimmt werden soll. Dass hier das sprachliche Lernen mit dem fachlichen Lernen aufs engste verknüpft ist, suggerieren bereits die Kernlehrpläne für den mittleren Schulabschluss der Fächer Biologie, Chemie, Physik in NRW, die die *schriftliche Dokumentation* der experimentellen Erkenntnisgewinnung sowohl im Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* als auch im Bereich der *Kommunikation* ansiedeln. Das Schreiben erfordert Reflexion und die Aufschlüsselung komplexer Sachverhalte; es dient der Präzisierung von Gedanken (Molitor-Lübbert, 2002). So müssen bei der Verschriftlichung eines Experiments (visuelle) Eindrücke in die einzelnen Aspekte *Durchführung*, *Beobachtung* und *Auswertung* untergliedert werden, eine Präzisierung erfolgt beispielsweise durch die Trennung von für einen Erklärungszusammenhang relevanten vs. irrelevanten Beobachtungen. Das Niederschreiben der Auswertung erfordert eine Abstraktion, in der das Wahrgenommene verstanden, eingeordnet und in fachlich-terminologische Kategorien überführt werden muss (vgl. Bayrak, i.E.). So erscheint es gerade in Bezug auf die Textsorte Versuchsprotokoll sehr wahrscheinlich, dass Gedanken während des Schreibens weiterentwickelt werden und so das Schreiben Einfluss auf das Denken nimmt (vgl. Molitor-Lübbert, 2002). Das Produkt ist ein Schriftdokument, das die Gedanken konserviert und somit nicht nur für den Schreiber selbst, sondern in seiner entsubjektivierten Form (vgl. ebd.) auch für dritte zugänglich macht. So ermöglicht das Versuchsprotokoll eines Lerners, sei es im Rahmen der Schule oder der Hochschule, das Erkennen fachlicher Defizite und eine darauf aufbauende gezielte Förderung. Da das Versuchsprotokoll nicht isoliert erscheint, sondern als Teil des Experiments zu verstehen ist, bietet es den Lernern einen authentischen Kontext und ein transparentes Ziel. Dies sind wiederum Kriterien einer guten Schreibaufgabe, wie sie von Böttcher & Becker-Mrotzek (2003) definiert werden.

Betrachtet man die Schulpraxis, wird deutlich, dass dieses Potential nicht hinreichend genutzt wird; so scheint den Schülern die tatsächliche Funktion eines Versuchsprotokolls nicht bewusst zu sein (vgl. Brede, 2014). Daher überrascht es nicht, wenn selbst Studierende noch Schwierigkeiten beim Verfassen von stimmigen und adäquaten Protokollen zeigen (vgl. Moll, 2001). Handelt es sich dabei um Studierende der Lehrämter, ist ein Kreislauf zwischen *unzureichender eigener Protokollierkompetenz* und *nicht hinreichender Thematisierung der Textsorte Versuchsprotokoll* unaufhaltbar. An dieser Stelle erfolgt mit dem Projekt *DaZ im Kontakt, mit der Praxis, mit den Fächern* eine Intervention, die

[1] Das Projekt wird finanziert und gefördert durch das Mercator-Institut.
[2] Konkrete Ausführungen hierzu finden sich in der MNU Ausgabe 3/15.

Lehramtsstudierende der Chemie beim Verfassen ihrer Versuchsprotokolle effizient unterstützt, um ihnen ein Werkzeug an die Hand zu geben, mit dem sie ihre zukünftigen SchülerInnen in dieser Hinsicht fördern können.
Eines der wichtigsten Ziele des Projekts ist es, angehende Lehrerinnen und Lehrer zu einem effizienten Umgang mit den für ihr Fach relevanten Textsorten, hier exemplarisch dem Versuchsprotokoll, zu befähigen. Angestrebt wird die Erreichung dreier Kompetenzen, die gemeinsam ein gewisses Maß an *Textsortenkompetenz* ergeben.

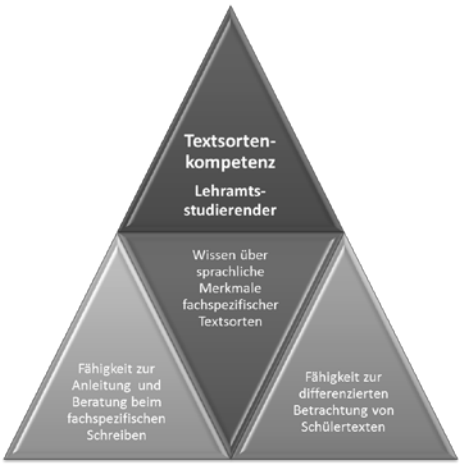


Abb.1: Angesteuerte Kompetenzen im Projekt

Die Sachanalyse erfolgte anhand authentischer Schüler- und Studierendenprotokolle, so konnten sprachliche und fachliche Merkmale eines Versuchsprotokolls genauer bestimmt und in Kategorien überführt werden. Gleichzeitig erfolgte eine Bedarfsanalyse, so dass der Fokus auf bestimmte Aspekte, die häufig nicht adäquat umgesetzt werden können, gelenkt werden konnte. Bedarfs- und Sachanalyse mittels authentischer Daten führten schließlich zu der Entwicklung eines textsortenspezifischen Kriterienkatalogs und -ratgebers[3], dem *Protokoll-Checker*[4]. Dieser wurde angesichts der in der Bedarfsanalyse festgestellten, teilweise großen schriftsprachlichen Schwierigkeiten von Studierenden in zwei Varianten konzipiert, nämlich als Förderinstrument für Studierende und als Förderinstrument für Schüler. So entstand ein Lehr-Lernarrangement, in dem sich Studierende mit der ersteren Variante des Instruments im Rahmen von Laborpraktika auseinander setzen (Arrangement I). Sie verfassen ihre Versuchsprotokolle mithilfe des inkludierten Kriterienkatalogs und überarbeiten sie anhand der von Praktikumsleitern gesetzten Korrekturcodes, die die Studierenden wiederum auf die Fehlerkategorie und den entsprechenden Ratgeber im Protokoll-Checker verweisen. Die zweite Variante des Instruments lernen die Studierenden im Rahmen von Berufsfelderkundungen kennen, wo sie darauf vorbereitet werden, SchülerInnen in das Schreiben von Versuchsprotokollen einzuführen und adäquat zu fördern (Arrangement II und III).

[3] Vorbild war ein an der PH Heidelberg (Prof. Anne Berkemeier et al.) entwickeltes Instrument für die Erstellung von Facharbeiten.
[4] Angesichts des regen Interesses an dem Protokoll-Checker werden die jeweiligen Arbeitsfassungen demnächst auf der Homepage der TU Dortmund [http://www.ccb.tu-dortmund.de/fb03/de/Fachbereich/Personen/DC_AK-Ralle_Wiss/Cana_Bayrak] zur Verfügung gestellt.

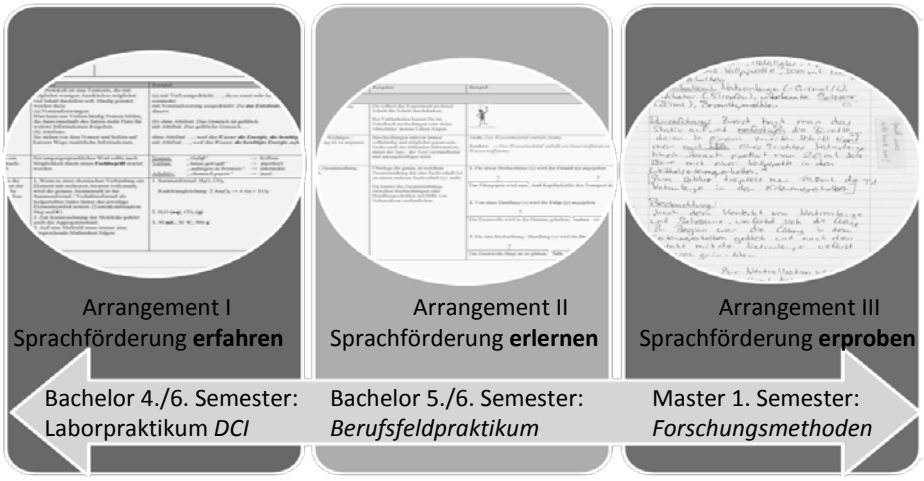


Abb.2: Das Lehr-Lern-Arrangement

Das unmittelbar an das Projekt angelehnte Forschungsdesign soll die Effekte, die sich durch den Einsatz des Instruments auf diesen zwei Ebenen ergeben, aufzeigen. Die Studie ist in einem Prä- Postdesign angelegt, in dessen Rahmen die Kohorten aus den drei Arrangements getestet und deren Ergebnisse miteinander verglichen werden. Ein weiteres Anliegen ist es, das Instrument auf seine Anwendbarkeit hin zu evaluieren und entsprechend weiter zu entwickeln. Bislang liegen erste Ergebnisse auf die Frage vor, wie sich die Protokollierkompetenzen Studierender nach den verschiedenen Interventionen (Arrangement I: eigenes Protokollieren, Arrangement II: Protokollieren lehren, ohne Praxis; Arrangement III: Protokollieren lehren, mit Praxis) entwickeln. Es zeigt sich, dass alle Teilnehmer (n=37) im Posttest insgesamt weniger Fehler in ihren Protokollen machen als im Prätest. In der Gesamtbetrachtung fällt hier auf, dass der Transfer auf das eigene Schreiben als besonders hoch einzustufen ist: Auch die Studierenden in Arrangement II und III, die sich ausschließlich mit Schülerprotokollen beschäftigen, machen im Posttest 50% bzw. 41% weniger Fehler in ihren eigenen Protokollen. Umgekehrt wird derzeit untersucht, inwiefern sich die Beurteilungskompetenz von Studierenden in Arrangement I hinsichtlich Schülerprotokollen verändert, d.h. ob auch hier ein Transfer vom Schreiben eigener Protokolle auf die Fähigkeit zur differenzierten Betrachtung von Schülerprotokollen beobachtbar wird.

Literatur

Baurmann, J. (2006). Schreiben, Überarbeiten, Beurteilen. Seelze: Kallmeyer Verlag

Bayrak, C. (i.E.). Experiment und Protokoll im naturwissenschaftlichen Unterricht. In M. Budde, L. Hoffmann, S .Kameyama, M. Riedel, M. & P. Sahiner, Deutsch als Zweitsprache: Grundlagen für die Lehrerausbildung. Berlin: Erich Schmidt Verlag

Bayrak, C,/ Hoffmann, L./ Ralle, B. (2015): Sprachliches und fachliches Lernen im Experimentalunterricht. MNU 3/2015, 177-182

Böttcher, I./ Becker-Mrotzek, M. (2003). Texte bearbeiten, bewerten und benoten. Berlin: Cornelsen Scriptor

Brede, J. R. (2013). Der Weg in schülerseitige Versuchsprotokolle und damit einhergehende Perspektivierung. In Lütke, B. & Petersen, I. (Hrsg.): Kinder mit Migrationshintergrund. Stuttgart: Fillibach bei Klett

Gogolin, I./Michel, U. (2010). Kooperation und Vernetzung: eine Dimension "Durchgängiger Sprachbildung". In Diskurs Kindheits- und Jugendforschung (5), 373–384

Ministerium für Schule und Weiterbildung (2011). Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe I – Realschule. Chemie Kernlehrplan. Ritterbach

Molitor-Lübbert, S. (2002). Schreiben und Denken. Kognitive Grundlagen des Schreibens. In: D. Perrin u.a. (Hrsg.), Schreiben. Von intuitiven zu professionellen Schreibstrategien. Opladen: Westdeutscher, 33-46

Christian Niemczik[1] [1]Technische Universität Wildau
Ingo Eilks[2] [2]Universität Bremen
Verena Pietzner[3] [3]Universität Oldenburg

Vermittlungsexperimente: Lernen durch kollaborative Videoerstellung

Ziele und Fragestellungen

Beschrieben wird ein Seminar aus der Chemielehrerbildung, in dem Studierende gemeinsam kurze Lernvideos zu chemischen Experimenten erstellen. Das Seminardesign folgt einem konstruktivistischen Ansatz, ist projektbezogen und fördert die Studierenden in ihren didaktischen und technologischen Kompetenzen (Harel & Papert, 1991). Die Lernziele dieses Ansatzes haben folgende Dimensionen: 1) fachlich: verstärkte Auseinandersetzung mit den Inhalten; 2) sozial: kooperatives Lernen und soziale Interaktion fördern; 3) epistemologisch: Förderung von elaboriertem Lernen und besserem Verständnis von Lehr- und Lernprozessen; 4) meta-reflexiv: Reflexion von inhaltlichen Darstellungen und didaktischen Aspekten durch Peer-Reviews, Diskussionen und kollaborative Aufgaben (z.B. Drehbuch-Schreiben), und 5) didaktisch: Lernen durch das eigene Erleben mit projektorientierten Ansätzen sowie das Einnehmen der Zuschauer-Perspektive beim Erstellen der Lernvideos.
Das verwendete Seminardesign "Lernen durch kollaborative Videoerstellung" hat einen ähnlichen Ansatz wie "Lernen durch Lehren", das auf eine lange Forschungshistorie zurückblickt. In beiden Ansätzen müssen sich Lernende auf die Präsentation und Vermittlung von Themen vorbereiten. Bereits im Jahr 1980 zeigte eine Studie von Bargh und Schul positive Auswirkungen auf den eigenen Wissenszuwachs, wenn Lernende erwarten, dass sie anschließend das behandelte Thema vermitteln sollen. Benware und Deci (1984) fanden heraus, dass das Lernen zum Zwecke des Vermittelns mehr motiviert als das Lernen für einen Test. Daher war die Frage, ob sich die Ergebnisse auf den vorgestellten Ansatz übertragen lassen.

Forschungsdesign

Das Seminar wurde zyklisch entwickelt und optimiert. Das mehrmalige Durchführen des Seminars an verschiedenen Standorten, den Universitäten Hildesheim und Bremen, erlaubte die inhaltliche und methodische Weiterentwicklung des Seminars angelehnt an die Prinzipien der partizipativen Aktionsforschung, wie von Eilks und Ralle (2002) vorgeschlagen und von Burmeister und Eilks (2013) für Innovationen in der Lehrerbildung weiter entwickelt. Die Dozenten wirkten durch entsprechende Vorbereitungs- und Reflexionsdiskussionen aktiv am Entwicklungsprozess mit. Das Feedback (N = 50) wurde durch Gruppendiskussionen und einen Fragebogen (offene Fragen sowie Likert-Skalen) erhoben. In den zyklisch verlaufenden Modul-Entwicklungsphasen wurden das Feedback sowie die didaktischen Interventionen der Dozenten strukturell einbezogen.

Seminardesign: Kollaborative Videoerstellung

Das Seminar ist eingebunden in Lehrveranstaltungen zum schulorientierten Experimentieren: in Hildesheim wurde das Experimentierseminar für angehende Grundschullehrkräfte genutzt, in Bremen das entsprechende Seminar für gymnasiales Lehramt. Jeder Seminartag wurde in drei Abschnitte untergliedert: zwei viertelstündige Referate, zwei jeweils einstündige Experimentalteile und die drei- bis fünfstündigen gruppenbasierten Videoerstellungen zu den bis dahin behandelten Vermittlungsexperimenten. Im Folgenden wird der Ablauf des dritten Abschnittes „Erstellen der Lernvideos“ beschrieben. Ab dem Sommersemester 2013 (und damit der zweiten Durchführung des Seminars) wurden zusätzlich erstellte Lernvideos

aus den vorangegangenen Semestern präsentiert. Den Studierenden sollten damit die anzustrebenden Ergebnisse verdeutlicht und eine Diskussion zu gelungenen und zu verbessernden Videomerkmalen angeregt werden.

Gruppenbasiertes Schreiben des Drehbuchs
Jedes im Seminar produzierte Lernvideo sollte auf einem zuvor erstellten Drehbuch basieren. Dazu bildeten jeweils 2-4 Studierende eine Gruppe und entschieden sich für ein zu verfilmendes Experiment. Da die Experimente in den beiden ersten Seminartagesabschnitten theoretisch und praktisch behandelt wurden, war die Drehbucherstellung gleichzeitig Reflexion, fachliche Vertiefung sowie Perspektivwechsel in die Schüler- bzw. Zuschauer-Rolle. Im Drehbuch sollten die Studierenden das Experiment in 4-8 Szenen unterteilen, die jeweils mit Szenennummer, Titel und ggf. dem zu sprechenden Text versehen wurden.

Abb. 1: Phasen der Videoerstellung

Die Drehbücher wurden im Plenum den anderen Gruppen vorgestellt und nach Diskussion überarbeitet. Die gegenseitige Vorstellung der Drehbücher, als Teil eines überarbeiteten Unterrichtskonzeptes, war Ergebnis der Evaluation nach der ersten Durchführung des Moduls. Die Studierenden konnten dadurch Ideen für die Gestaltung und die didaktische Aufbereitung vor dem ersten Aufnehmen ihres Videos austauschen. Als Ergebnis eines Diskurses mit den Lehrenden zu Möglichkeiten der Vertiefung des theoretischen Hintergrunds wurden ab dem Sommersemester 2013 Studierende verpflichtet, neben dem Aufnehmen der Experimente, auch sogenannte „Erklärvideos“ zu entwickeln. Ausgangspunkt der Entscheidung war die Beobachtung, dass die Studierenden zwar die Versuche phänomenologisch erfassten, diese durchführen und aufnehmen konnten, aber die Auseinandersetzung mit den dahinterliegenden chemischen Vorgängen zu kurz kam. Für die Hinterfragung des theoretischen Teils wurden mehr fachliche Fragen eingebracht, die während der Konzeption der Drehbücher entstanden.

Aufnehmen der Experimente und Erklärungsvideos
Die Drehbücher waren anschließend die Grundlage für die Erstellung der Lernvideos und dem damit verbundenen Aufnehmen der Experimente. Benutzt wurden jeweils ein Stativ und eine handelsübliche Fotokamera mit Videofunktion. Die Aufgaben innerhalb der Gruppe waren meist wie folgt verteilt: ein/e Studierende/r übernahm die Videoaufnahme, ein bis

zwei Studierende waren für die Durchführung des Experimentes zuständig und ein/e Studierende/r agierte als Sprecher/in.

Video-Produktion
Die Produktion der Videos, also das Zusammenfügen und Schneiden der aufgenommen Szenen, erfolgte mit der Software Windows Movie Maker. Zur Einführung in das Programm schauten sich die Studierenden in ihren Gruppen ein zehnminütiges Lernvideo an, das alle notwendigen Funktionen erklärte. Das Produzieren des ersten Videos dauerte durchschnittlich ca. 2,5 Stunden. Für das dritte Video wurden ca. 1,5 Stunden benötigt.

Präsentation und Feedback
Abschließend präsentierten die Gruppen die Lernvideos im Plenum, um von den anderen Studierenden und Dozenten Feedback zu erhalten, die in die Erstellung der nächsten Videos mit einfließen sollten. Nach einer Reflexion zum zweiten Durchgang im Wintersemester 2012/2013 wurde das Bewertungsschema so verändert, dass mögliche Verbesserungen durch die Feedbacks auch in die Bewertungen einfließen konnten. Die Gruppen mussten innerhalb der Seminarwoche mindestens drei Videos erstellen, von denen die besten zwei Videos zur Bewertung verwendet wurden. Die Dozenten agierten während der oben beschriebenen Phasen als Unterstützer bei Fragen und Problemen. Die Gruppenarbeiten liefen nach der Einführung weitgehend autonom ab.

Resultate

Im Anschluss an jedes Seminar wurde ein Onlinefragebogen von den Studierenden ausgefüllt (N = 50). Durch den Fragebogen sollte ermittelt werden, inwiefern die Studierenden während des Moduls motiviert waren und ob sie sich vorstellen konnten, später als Lehrkräfte das gemeinsame Erstellen von Lernvideos als Methode einzusetzen. Zudem wurde im Fragebogen Raum für qualitatives Feedback zum Seminar gegeben. Weiterhin wurde jeweils nach den Seminaren eine Feedback-Diskussion durchgeführt, in der die Studierenden ihre Lernprozesse reflektieren sollten. Gleichzeitig war das Feedback Grundlage für die Überarbeitung des Unterrichtskonzeptes. Die gefundene hohe Lernmotivation wurde auch in den Kommentaren zum Seminargeschehen deutlich. Viele Studierende betrachteten die Auseinandersetzung mit dem Thema als sinnvoll und übernahmen die Perspektive der Lehrenden: 1) *Lernvideos erstellen ist interessant, weil es bedeutet, dass man sich mit einem Thema genauer auseinandersetzen kann und muss. Man [kann] kreativ sein und eventuelle Wissenslücken entdecken. Es [ist] eine gute und willkommene Abwechslung im häufig theorieüberladenem Studium [...]. 2) Durch Lernvideos kann man Fehlvorstellungen von Lernenden untersuchen. Sie müssen ja Themen selbst lernen, um diese anderen zu erklären.*

Literatur

Bargh, J., & Schul, Y. (1980). On the cognitive benefits of teaching. Journal of Educational Psychology, 72, 593-604.

Benware, C. A., & Deci, E. L. (1984). Quality of learning with an active versus passive motivational set. American Educational Research Journal, 21(4), 755-765.

Burmeister, M., & Eilks, I. (2013). Using Participatory Action Research to develop a course module on Education for Sustainable Development in pre-service chemistry teacher education. CEPS Journal 3 (2013) 1, 59-78.

Eilks, I., & Ralle, B. (2002). Participatory Action Research in chemical education. In B. Ralle, I. Eilks (eds.), Research in Chemical Education - What does this mean? (S. 87-98). Aachen: Shaker.

Harel, I. & Papert, S. (1991). Constructionism: research reports and essays, 1985-1990. In Epistemology & Learning Research Group (Hrsg.), Massachusetts Institute of Technology. Epistemology & Learning Research Group & Media Laboratory, Norwood: Ablex.

Michael Wenzel Goethe-Universität Frankfurt
Thomas Wilhelm

Einstellung von Physik-Gymnasiallehrern zum Computereinsatz

Einführung

Neue Medien wie PC, Tablet und Smartphone sind mittlerweile im alltäglichen Umgang von Kindern und Jugendlichen angekommen (Feierabend, Plankenhorn & Rathgeb 2014). Die Öffentlichkeit und die Politik formulieren regelmäßig nach dem Erscheinen großer internationaler Studien, wie dem „Survey of Schools“ (Europäische Kommission 2013) oder der ICILS (Bos et al. 2014), in denen festgestellt wird, dass die Ausstattung deutscher Schulen mit Neuen Medien schlechter ist als in anderen Teilnehmerländern, die Forderung, die Schulen besser mit Computern auszurüsten. Auch für den Physikunterricht bieten diese Geräte vielfältige Möglichkeiten. Aus der Medienpädagogik ist bekannt, dass die Einstellung der Lehrkräfte die Implementation neuer Medien in den Schulalltag stark beeinflusst (Eickelmann 2011). Es stellt sich also die Frage, wie Physiklehrer dem Computereinsatz gegenüber eingestellt sind. Die letzten beiden Untersuchungen, die nicht die Schule im Allgemeinen, sondern den Physikunterricht im Speziellen in den Blick nehmen, stammen aus dem Jahre 2009 von Wilhelm & Trefzger sowie von Pietzner. Allerdings entwickeln sich die Möglichkeiten und auch die Verbreitung im Bereich der Informations- und Computertechnologie rasant weiter, sodass sich die Situation schnell ändert.

Erhebung

Zwischen November 2014 und Februar 2015 fanden mit staatlichen Unterstützungen Erhebungen zum Einsatz von PC, Tablet und Smartphones im Physikunterricht an Gymnasien in zwei Regionen Bayerns (Unterfranken und Schwaben) sowie im Großraum Frankfurt statt. Sie zeigt, wie die medialen Möglichkeiten im Physikunterricht eingesetzt werden. N = 163 Physikgymnasiallehrkräfte beteiligten sich an der Onlineumfrage. Der Fragebogen gliederte sich in drei Blöcke: Neben dem Computereinsatz im Physikunterricht (Medieneinsatz im und außerhalb des Physikunterrichts) wurde auch seine Verbreitung im schulischen Kontext (Aus-, Fortbildungen und schulische Rahmenbedingungen) abgefragt sowie die Einstellung zum Computer. In diesem Beitrag soll das Hauptaugenmerk auf den Einstellungen der Lehrkräfte liegen.

Dimensionen der Einstellung

Zur Ermittlung der Einstellungen wurde die Zustimmung zu insgesamt 39 Aussagen per sechsstufiger Likert-Skala abgefragt. Auf Grundlage von Pietzners Untersuchung konnten diese 39 Items in drei Bereiche aufgeteilt werden, nämlich Hinderungsgründe (10 Items), die Meinung zum Computer im Physikunterricht (17 Items) und allgemeine Überzeugungen zum Computer (12 Items). Für jeden der drei Bereiche wurde eine explorative Faktorenanalyse mittels Hauptkomponentenmethode durchgeführt. Damit ergaben sich sechs Dimensionen der Einstellung, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Die Mittelwerte in Tabelle 1 sind so zu lesen, dass je näher der Mittelwert an 1 liegt, desto stärker spricht er für den Computereinsatz. Je näher er an 6 liegt, desto stärker ablehnend ist die Haltung zu dessen Einsatz.

Von den sechs Dimensionen, die in Tabelle 1 aufgeführt sind, ergaben sich die ersten drei, nämlich „Kompetenz“, die „Einstellung zum Computereinsatz im Physikunterricht“ und die „Ausstattung“ aus dem Bereich der Hinderungsgründe. Die Dimensionen „Wirksamkeitsüberzeugung“ und „Nutzungswunsch“ kamen aus dem Bereich zur Meinung zum Computer im Physikunterricht und die Dimension „Computerbezogenes Selbstbewusstsein“ ergab sich als einzige aus dem Bereich der allgemeinen Überzeugungen.

Dimension	Beispielitems	Items	Reliabil.	μ	σ
Kompetenz	„Ich weiß nicht, wofür ich den Computer einsetzen könnte.“ „Ich fühle mich nicht kompetent genug.“	4	α = 0,80	1,69	0,97
Einstellung zum Computereinsatz im PU	„Ich halte den Computereinsatz didaktisch nicht für sinnvoll.“ „Die Themen, die ich zur Zeit unterrichte, bieten einen Computereinsatz nicht an.“	4	α = 0,79	2,48	1,23
Ausstattung	„Meine Schule ist nicht gut mit Computern ausgestattet.“ „Meine Schule ist nicht gut mit Software ausgestattet.“	2	α = 0,89	2,54	1,56
Wirksamkeitsüberzeugung	„Computer bringen neue Aspekte in den Unterricht ein.“ „Ich glaube, durch den Computereinsatz wird der Unterricht interessanter.“	8	α = 0,81	2,56	0,88
Nutzungswunsch	„Ich würde den Computer im Physikunterricht gerne häufiger einsetzen.“ „Ich würde gerne Fortbildungen besuchen, die speziell auf den Computereinsatz im Physikunterricht ausgerichtet sind.“	3	α = 0,81	2,87	1,35
Computerbezogenes Selbstbewusstsein	„Der Computer schreckt mich ab.“ (umgepolt) „Mir macht es Freude, Neues am Computer auszuprobieren.“	9	α = 0,90	2,24	0,93

Tab. 1: Sechs Dimensionen der Einstellung zum Computer

Cluster von Lehrkräften

Auf Grundlage der sechs ermittelten Dimensionen wurde nun festgestellt, welche Gruppen es bzgl. der Einstellungen unter den Lehrkräften gibt. Um das zu tun, wurde explorativ eine hierarchische Clusteranalyse mittels Ward-Methode durchgeführt. Diese ergab fünf deutlich differenzierbare Cluster. In Abbildung 1 sind die Z-Scores der einzelnen Dimensionen aufgetragen. Mit 1. bis 6. sind die Dimensionen in der Reihenfolge wie in Tabelle 1 bezeichnet.

Cluster 1 stellt die Computeraffinen dar (23 %). In ihrer Wahrnehmung treffen die Hinderungsgründe kaum zu und man kann an ihrer durchgehend überdurchschnittlichen Einstellung erkennen, dass sie stärker „pro Computer“ eingestellt sind. Dies äußert sich auch im tatsächlichen Einsatz: Während nur 53 % der anderen Lehrer angeben, den Computer mindestens einmal pro Woche einzusetzen, nutzen ihn die Computeraffinen mit 78 % signifikant öfter ($p = 0{,}01$). Dabei sind die häufigsten Anwendungen Simulationen bzw. Animationen und die Internetrecherche im Physikunterricht. Außerdem haben die Lehrkräfte dieses Clusters signifikant häufiger Lehrveranstaltungen zu Neuen Medien in ihrer Ausbildung besucht (Cluster 1: 65 %, andere 45 %; $p = 0{,}05$).

Cluster 2 beschreibt die verhinderten Nutzer (25 %). Sie haben generell eine positive Einstellung zum Computereinsatz. Allerdings sind sie unterdurchschnittlich zufrieden mit der Soft- bzw. Hardwareausstattung an ihren Schulen. Das schlägt sich darin nieder, dass der Computer signifikant seltener als von den Computeraffinen eingesetzt wird: Nur 53 % nutzen ihn mindestens einmal pro Woche ($p = 0{,}05$).

Cluster 3 beschreibt die genügsamen Nutzer (22 %). Die Hinderungsgründe werden eher schwach wahrgenommen. Die Wirksamkeitsüberzeugung ist leicht unterdurchschnittlich und die Lehrkräfte haben nicht den Wunsch, den Computer häufiger zu nutzen. Allerdings nutzen bereits fast drei Viertel den Computer mindestens einmal pro Woche.

Cluster 4 setzt sich aus den gelegentlichen Nutzern zusammen (18 %). Die Lehrkräfte dieser Gruppe wissen nicht genau, wofür sie den Computer im Unterricht einsetzen könnten und sehen auch einen geringeren Nutzen im Computereinsatz als der Durchschnitt. Besonders auffällig ist ebenfalls das niedrige computerbezogene Selbstbewusstsein dieser Lehrkräfte. Diese Einstellung äußert sich darin, dass der Computer höchst signifikant seltener eingesetzt wird als von den Lehrenden aus Cluster 1 und 3 (mind. einmal pro Woche: 32 %, p = 0,001). Schließlich ließ sich noch Cluster 5, die Meider, finden. Sie haben in allen Bereichen eine starke Contra-Computer-Einstellung, fühlen sich mit dem Computer unsicher und sehen nur geringen Nutzen in dessen Einsatz im Unterricht. Nur eine kleine Anzahl von N = 5 Lehrkräften (3 %) fielen in diese Gruppe. Dennoch sollte man bei zukünftigen Untersuchungen nicht davon ausgehen, dass sie unwichtig ist. Schließlich kann es sein, dass aufgrund der Erhebungsmethode mittels Onlinefragebogen ein Teil dieser Lehrkräfte nicht erreicht wurde.

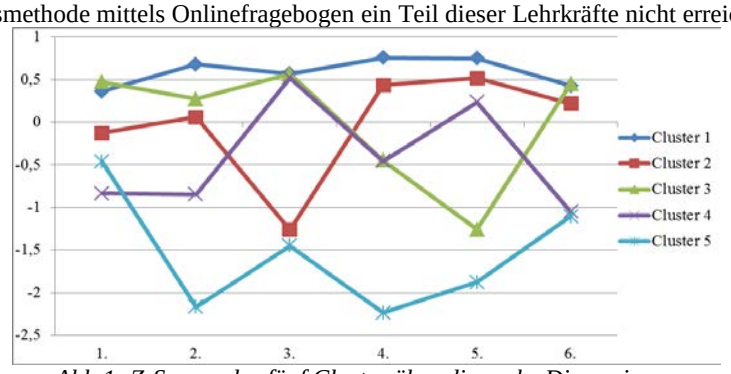


Abb.1: Z-Scores der fünf Cluster über die sechs Dimensionen

Forderungen zur Förderung der verschiedenen Lehrertypen

Für die fünf verschiedenen Cluster von Lehrkräften lassen sich unterschiedliche Forderungen entwickeln, um sie entsprechend ihrer Einstellung zu fördern. Die Computeraffinen können von mehr Lehrveranstaltungen zu Neuen Medien bereits in der Ausbildung profitieren. Die verhinderten Nutzer würden gefördert, wenn ihre Schulen besser mit Soft- und Hardware ausgestattet würden. Genügsame Nutzer könnten durch solche Fortbildungen besonders profitieren, in denen sie mehr über den Nutzen und die Wirksamkeit des Computereinsatzes im Physikunterricht lernen. Die gelegentlichen Nutzer müssten generell zunächst im Umgang mit Neuen Medien geschult werden, damit sie die Sicherheit entwickeln, den Computer im Unterricht zu verwenden. Bei den Meidern ist schließlich kein Wille feststellbar, gefördert zu werden.

Literatur

Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., Schulz-Zander, R. & Wendt, H. (Hrsg.) (2014). *ICILS 2013. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich,* Münster, Westf: Waxmann.

Eickelmann, B. (2011). Supportive and hindering factors to a sustainable implementation of ICT in schools. *Journal for educational research online, 3*(1), 75–103.

Europäische Kommission (2013). *Survey of schools. ICT in education : benchmarking access, use and attitudes to technology in Europe's schools,* Luxembourg: Publications Office.

Feierabend, S., Plankenhorn, T. & Rathgeb, T. (2014). JIM-Studie 2014 Jugend, Information, (Multi-) Media. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. http://www.mpfs.de/?id=631 (24.3.2014).

Pietzner, V. Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht - Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrkräften. In , *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (Band 15) (S. 47–67).

Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2010). Erhebung zum Computereinsatz bei Physik-Gymnasiallehrern. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Hannover 2010. In , *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Berlin: FU Berlin.

Maria Mathiszik Technische Universität Dresden
Manuela Niethammer

Wissensvernetzung durch Technikbildung im Chemieunterricht

„Unsere heutige Welt zeichnet sich durch eine Verknüpfung von Technik und Wissenschaft aus“ (Graube & König, 2015, S. 6). Um diese Zusammenhänge sowie technologische Entwicklungen und deren Folgen verstehen und bewerten zu können, bedarf es neben dem Grundverständnis für die Fachwissenschaften auch der kritischen Auseinandersetzung mit „der Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik, Individuum und Gesellschaft“ (KMK, 2005, S. 10). Eine grundlegende, technische Allgemeinbildung wird somit sowohl von Bildungspolitik als auch von Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft gefordert. In den einzelnen Bundesländern und den verschiedenen Schulformen wird dies jedoch sehr unterschiedlich umgesetzt. Besonders im gymnasialen Bereich werden Fächer mit einem eindeutigen Zugang zur Technikbildung, wie z. B. das Unterrichtsfach „Technik/Computer“ in Sachsen, nur punktuell und überwiegend mit einem Wahlpflichtcharakter in der Sek. I angeboten. Aus diesem Grund wird die Ausbildung eines technischen Grundverständnisses im Gymnasium curricular häufig als übergeordnete Aufgabe der MINT-Fächer festgeschrieben (vgl. SMK, 2011). Aus dieser Verpflichtung zur Integration technischer Bildungsinhalte in den naturwissenschaftlichen Unterricht ergibt sich aber, besonders im Fach Chemie, ein authentischer Kontext (vgl. Demuth et al., 2005), der durch den Bezug zu einem konkreten (Alltags-)Produkt lebensweltnah und somit für die Lernenden sowohl gesellschaftlich als auch persönlich relevant ist. Die Verzahnung von Technik und Naturwissenschaft kann außerdem dazu führen, dass die „harten“ Naturwissenschaften für Lernende schließlich greifbarer, weniger abstrakt und weniger schwierig werden (vgl. Euler, 2008).
Damit die integrierte Auseinandersetzung von technischer Bildung im naturwissenschaftlichen (Chemie-)Fachunterrichts tatsächlich zur Ausbildung eines vernetzten Wissens unter Berücksichtigung ökologischer und gesellschaftlicher Perspektiven führen kann, müssen sich Lehrende diese Potenziale zunächst erschließen und strukturieren, bevor sie die Inhalte und Zusammenhänge für ihre Lernenden aufbereiten können. Um diese komplexe fachdidaktische Aufgabe erfolgreich und professionell im Schulalltag umsetzen zu können, sollten bereits Lehramtsstudierende dafür sensibilisiert und bei der Bewältigung dieser anspruchsvollen Herausforderung gezielt begleitet werden.

Forschungsfragen
Um Lehramtsstudierende für die Potenziale der Integration technischer Bildung in den Chemieunterricht zu sensibilisieren und zu professionalisieren, wurde das bisher an der TU Dresden existierende hochschuldidaktische Konzept für die Auseinandersetzung mit technischen Kontexten im Chemieunterricht analysiert und für eine Durchführung im Sommersemester 2015 überarbeitet. Hierbei ergaben sich die folgenden Forschungsfragen:
- Welche Kategorien und Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftlichem und technischem Fachwissen sind essentiell für das Verständnis chemisch-technischer Systeme und Produkte?
- Welche hochschuldidaktischen Ansätze sind geeignet, um Studierende zur Integration technischer Bildung im Chemieunterricht zu befähigen?
- Gelingt es Studierenden nach der Intervention (Studienmodul), Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftlichem und technischem Wissen im Unterricht für die Lernenden transparent zu machen?

Ansatz zur Strukturierung naturwissenschaftlich-technischer Bildungsinhalte
Um die Potenziale der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlich-technischen Systemen für den Unterricht aufbereiten zu können, muss sich der Lehrende zunächst selbst mit dem verfahrenstechnischen System auseinandersetzen und dieses in Anlehnung an Reich (2006) entdecken (rekonstruieren), enttarnen (dekonstruieren) und erfinden (konstruieren). Erst wenn die fachwissenschaftlichen Inhalte und Zusammenhänge vollständig vom Lehrenden erkannt und verstanden wurden, können die didaktischen Rekonstruktion dieser Inhalte in den Unterrichtskontext und die damit verbundene Phase der methodischen Planung und Gestaltung folgen. Da die Erschließung naturwissenschaftlich-technischer Bildungsinhalte für die Lehramtsstudierenden sehr komplex ist, wird Ihnen ein Strukturierungsansatz zur Verfügung gestellt werden, der sie bei diesem Erarbeitungsprozess unterstützt. Durch die Visualisierung und Vorgabe übergeordneter Kategorien werden die Studierenden dabei geleitet, sowohl relevante naturwissenschaftliche und technische Fachinhalte sichtbar zu machen als auch die Relationen zwischen den Kategorien, die essentiell für das Verständnis des technischen Systems sind, explizit zu kennzeichnen und zu hinterfragen.

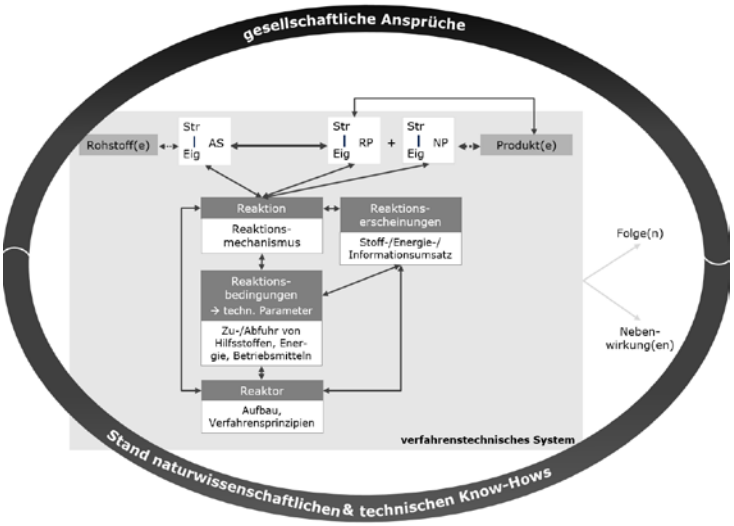


Abb. 1: Ansatz zur Strukturierung naturwissenschaftlich-techn. Inhalte für Bildungszwecke

Grundlegend für die (Weiter-)Entwicklung eines Ansatzes zur Strukturierung naturwissenschaftlich-technischer Fachinhalte für Bildungszwecke waren dabei der systemtheoretische Ansatz zur Strukturierung von naturwissenschaftlichen und technischen Sachsystemen (in Anlehnung an Wolffgramm, 1978 und Storz & Wirsing, 1987) und der mehrperspektivische Ansatz der Technikbildung (vgl. Schulte, 2002) sowie die Vorüberlegungen zur Integration dieser Aspekte von Frank (2008). Folglich werden im resultierenden (allgemeinen) Strukturierungsansatz (siehe Abb. 1) nicht nur die chemischen Grundlagen zum Verfahren, d. h. Wissen über Stoffe, deren Struktur, Eigenschaften und Reaktionsverhalten, sondern auch die (technische) Umsetzung des Prozesses, die dafür erforderlichen Bedingungen sowie positiven und negativen Folgen der technischen Realisierung im Spannungsfeld Individuum – Gesellschaft – Umwelt thematisiert.

Effekt der Auseinandersetzung mit dem Strukturierungsansatz – erste Ergebnisse
Bevor sich die Lehramtsstudierenden im Rahmen des Fachdidaktikmoduls im Sommersemester 2015 mit den Besonderheiten der Vorbereitung und der methodischen Planung und Gestaltung von problem- und anwendungsorientiertem Chemieunterricht

auseinandersetzten, wurden sie mit der Aufgabe konfrontiert, ein Unterrichtskonzept zur Roheisen- bzw. Aluminiumgewinnung, für Klassenstufe 11 (vgl. SMK, 2011), zu entwerfen. Die fachwissenschaftlichen Inhalte und Zusammenhänge und damit verbundenen (Sach-) Wissensstrukturen, welche sie in ihren Unterrichtskonzepten rekonstruiert haben, wurden anschließend durch zwei Wissenschaftler in Concept Maps transformiert. In gleicher Weise wurde mit den Unterrichtskonzepten verfahren, die von den Studierenden im Anschluss an die Intervention (Studienmodul) und nach einer sehr intensiven Auseinandersetzung mit der Roheisen- bzw. Aluminiumgewinnung zum selben Thema entstanden sind.
Diese Concept Maps wurden einzeln qualitativ mit einer Expertenmap, die sich sehr stark an den Strukturierungshilfen des Ansatzes zur Strukturierung naturwissenschaftlich-technischer Fachinhalte für Bildungszwecke orientierte, verglichen. Von besonderem Interesse waren hierbei korrekte und logische Relationen zwischen den einzelnen Kategorien und Querverweise. Während vor allem Verbindungen zwischen naturwissenschaftlichen und technischen Bildungsinhalten vor der Intervention kaum bis gar nicht in den Unterrichtskonzepten hergestellt wurden, nutzten die Studierenden dieses Potenzial verstärkt nach der Intervention. Auch die gesellschaftliche und persönliche Relevanz des Produktes sowie ökologische Aspekte werden nun häufiger in die Kontexteinbettung integriert.

Fazit und Ausblick

Um chemisch-technische Bildungsinhalte für Lernende aufbereiten zu können, bedarf es zuvor einer intensiven Sachanalyse, welche durch den beschriebenen Strukturierungsansatz unterstützt werden kann. Dadurch scheint es Studierenden besser zu gelingen, naturwissenschaftliche und technische Bildungsinhalte im Unterricht integrativ und nicht additiv zu thematisieren. Damit diese Integration jedoch durch alle Studierenden (noch) differenzierter realisiert werden kann, bedarf es einer erneuten Optimierung des Studienmoduls. Zusätzlich soll untersucht werden, inwieweit die Studierenden durch den Einsatz dieser technischen Kontexte auch angemessene Lerngelegenheiten zur kognitiven Aktivierung für die Lernenden schaffen, um sie aktiv in den Erkenntnis- und Bewertungsprozess einzubinden und ihnen die immanenten Strukturen transparent zu machen.

Literatur

Demuth, R., Fußangel, K., Gräsel, C., Parchmann, I., Ralle, Schellenbach-Zell, J., Weber, I. (2005). Optimierung von Implementationsstrategien bei innovativen Unterrichtskonzeptionen am Beispiel von Chemie im Kontext. Schlussbericht.

Euler, M. (2008). Situation und Maßnahmen zur Förderung der technischen Bildung in der Schule. In R. Buhr & E. Hartmann (Eds.). Technische Bildung für Alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselelement der Innovationspolitik. Berlin: Institut für Innovation und Technik der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, 67-104.

Frank, C. (2008). Entwicklung eines technikdidaktischen Strukturierungsansatzes als Basis einer adressatengerechten Techniklehre. Dresden: unveröffentlichte Examensarbeit.

Graube, G. & N. König (2015). Handlungsempfehlungen: MINT als Chance für technische Allgemeinbildung. „Forschen und Entwickeln“ in der Schule. Düsseldorf: VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München, Neuwied: Luchterhand.

Reich, K. (1996). Systemisch-konstruktivistische Pädagogik: Einführungen in Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik. Neuwied, Kriftel: Luchterhand.

Sächsisches Ministerium für Kultus und Sport (SMK) (Ed.) (2011). Lehrplan Gymnasium. Chemie. Dresden.

Schulte, H. (2002). Didaktische Prinzipien innerhalb der allgemeinen technischen Bildung. In Banse, G., Meiner, B. & H. Wolffgramm. Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 135-140.

Storz, P. & G. Wirsing (1987). Unterrichtsmethodik Technische Chemie. Berufstheoretischer Unterricht. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 30-43.

Wolffgramm, H. (1978). Allgemeine Technologie. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten technologischer Systeme. Leipzig: Fachbuchverlag.

Knut Neumann IPN Kiel
Ilka Parchmann

Learning Progressions – Einführung in das Symposium

Einleitung und Ziel des Symposiums

Wie Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Inhalte erlernen ist eine zentrale Frage der Naturwissenschaftsdidaktik. Entsprechend umfangreich, aber auch verschieden sind die Arbeiten in diesem Bereich. Sie reichen von grundlegenden Überlegungen zur Bedeutung des Vorwissens über die Entwicklung von Spiralcurricula bis zu empirischen Arbeiten zu „Learning Pathways“, oder „curricularen Entwicklungsperspektiven“. Seit einigen Jahren erfährt diese Forschung unter der Bezeichnung „Learning Progressions“ verstärkt Aufmerksamkeit im US-amerikanischen Raum. Dabei ist unklar inwieweit „Learning Progressions“ auf bisherigen Ansätzen aufsetzen, ob es sich um eine Fortführung bisheriger Arbeiten unter neuer Bezeichnung handelt, oder ob eine theoretische Weiterentwicklung stattgefunden hat.

Lernpsychologische Grundlagen und naturwissenschaftsdidaktische Forschung

Einen Ausgangspunkt naturwissenschaftsdidaktischer Lehr-Lern-Forschung bilden lernpsychologische Konzeptionen der 1960er und 1970er Jahre. Diese verstehen Lernen u.a. als den Aufbau eines zunehmend komplexen Wissens und betonen einerseits die Bedeutung des Vorwissens und andererseits die Bedeutung von Zielen für den Lernprozess (vgl. Krapp und Weidenmann, 2001). Zudem werden dem Lerner und der Lernumgebung zentrale Bedeutung beigemessen. In diesem Kontext entwickelte Bruner (1970) die Idee des Spiralcurriculums. Durch wiederholte Betrachtung des Lerngegenstands auf jeweils höherem Abstraktionsniveau soll der kumulative Aufbau einer hierarchischen Wissensbasis – wie sie sich in den Naturwissenschaften findet – unterstützt werden.

In den 1980er Jahren gewann der Conceptual-Change-Ansatz (Strike & Posner, 1985) mit zunehmenden empirischen Erkenntnissen über die Lernrelevanz von Schülervorstellungen für das Lernen massiv an Bedeutung. In der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr-Lern-Forschung kristallisierten sich in der Folge zwei Forschungszweige heraus. Unter dem Begriff „Learning Pathways“ entwickelt sich eine umfangreiche Forschung zur Entwicklung des Verständnisses naturwissenschaftlicher Konzepte über mehrere (Unterrichts-)stunden oder -einheiten hinweg. Diese Forschung versteht Lernen in den Naturwissenschaften als Veränderung von Schülervorstellungen (z.B. Niedderer et al., 2007). Durch Integration der Erkenntnisse aus Sachstrukturanalysen und zu Schülervorstellungen und deren Veränderung entstehen didaktische Rekonstruktionen einzelner Unterrichtsstunden sowie größerer -einheiten zu ausgewählten Themen bzw. Themenbereichen (siehe auch Duit et al., 2012).

Der zweite Forschungszweig stellt eine (naturwissenschaftsdidaktisch geprägte) Weiterentwicklung lernpsychologischer Ansätze dar (z.B. von Aufschnaiter & von Aufschnaiter, 2003). Wesentliches Ziel ist die empirische Fundierung der jeweiligen Ansätze. Diese Forschung findet mal mehr, mal weniger systematisch Berücksichtigung bei der Konzeption von Spiralcurricula und der Formulierung von Lehrplänen, wobei Spiralcurricula vor allem in der Chemie verankert sind (vgl. Pfeifer et al., 2002). So wird etwa das Thema Säuren und Basen zunächst rein phänomenologisch und über erste experimentelle Klassifikationen eingeführt, später durch Verknüpfungen zu Teilchenmodellen und chemischen Reaktionsprinzipien erweitert und in der Sekundarstufe II schließlich quantitativ durch das chemische Gleichgewicht erklärt und in verschiedene Kontexten angewendet.

Die neuere Forschung rund um die Frage der Struktur und Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz, die sich in Folge der Einführung von Bildungsstandards entwickelt hat, greift vor allem lernpsychologische Konzeptionen und naturwissenschaftsdidaktische Wei-

terentwicklungen derselben auf. So wird Kompetenz bzw. Kompetenzentwicklung als Verfügbarkeit bzw. Fähigkeit zur Anwendung einer zunehmend komplexen Wissensbasis beschrieben (z.B. Kauertz, 2008; Bernholt & Parchmann, 2011). Der überwiegende Teil der Forschung fokussiert dabei auf die Modellierung der Kompetenzstruktur (für einen Überblick siehe Bernholt, Nentwig & Neumann, 2012). Nur wenige Ansätze beschäftigen sich explizit mit der Kompetenzentwicklung (z.B. Neumann et al, 2007; Pollmeier et al., 2009).

Learning Progressions im internationalen Kontext

Unter Learning Progressions werden empirische validierte Modelle des Lernens in einer bestimmten Domäne über einen gewissen Zeitraum hinweg verstanden (Duschl, Maeng & Sezen, 2011). Learning Progressions bestehen dabei im Kern aus einer Hierarchie von Stufen, die ein zunehmend elaborierteres Verständnis der Domäne charakterisieren. Sie sind nach oben begrenzt durch Zielvorgaben das Verständnis betreffend (z.B. durch Standards für die jeweilige Domäne) und nach unten durch das Verständnis, dass Schülerinnen und Schüler vor Eintritt in die Learning Progression besitzen (z.B. typische Alltagsvorstellungen in der Domäne). Die Beschreibung, wie Schülerinnen und Schüler von der untersten zur obersten Stufe gelangen können, soll sich gleichermaßen aus der inhärenten Struktur der Domäne als auch aus empirischer Forschung zum Lernen in der Domäne speisen (vgl. Duschl et al., 2007). Learning Progressions gelten als Instrument, um Kohärenz zwischen Standards, Unterricht und Assessments herzustellen (Duncan & Hmelo-Silver, 2009). Die besondere Beachtung die Learning Progressions erfahren, muss dabei vor dem Hintergrund der bildungspolitischen Geschichte der USA betrachtet werden. Sowohl die Bestrebungen in den 1960er Jahren, die Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch die Entwicklung qualitativ hochwertiger Curricula zu steigern, wie auch die Einführung von Standards für den naturwissenschaftlichen Unterricht sind durch die stark föderale Struktur ausgebremst worden (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). In der Folge unterscheiden sich Standards und Curricula von Bundesstaat zu Bundesstaat teilweise innerhalb eines Bundesstaates von Schuldistrikt zu Schuldistrikt. Die meisten dieser Curricula sind unabhängige Instruktionseinheiten, die auf spezifische Themen und einzelne Jahrgänge ausgerichtet sind. Sie zielen eher die Vermittlung von Wissen oder einzelner Fähigkeiten als einen systematischen Aufbau von Kompetenz. Sie sind „a mile wide and an inch deep“ (Schmidt, McKnight & Raizen, 1997). Die Einführung von Standards für den naturwissenschaftlichen Unterricht ab Ende der 1980er Jahre hat dieses Problem nicht behoben, sondern eher verstärkt.

Fazit und Aspekte für eine weiterführende Diskussion

Learning Progressions adressieren also zunächst ein speziell US-amerikanisches Problem. Allerdings sind Standards, Curricula und (insbesondere Large-Scale) Assessments auch in anderen Ländern durch Inkohärenzen und Inkonsistenzen charakterisiert. Dies trifft in unterschiedlich starker Weise auch auf die naturwissenschaftlichen Fächer in Deutschland zu. Die Curricula (der einzelnen Länder) sind für das Fach Chemie stark an der Idee eines Spiralcurriculums orientiert. In der Physik ist dies seltener der Fall. Dass es in allen naturwissenschaftlichen Fächern noch an einer Abstimmung zwischen Standards, Unterricht und Assessments mangelt, belegen Large-Scale Untersuchungen (Pant et al., 2012). Insofern besitzt die Diskussion um Learning Progressions auch für die Weiterentwicklung des Unterrichts in den naturwissenschaftlichen Fächern in Deutschland Potential. So erscheint z.B. der Standpunkt, dass Learning Progressions Beschreibungen instruktionaler Komponenten enthalten sollten, die die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler von einer Stufe zur nächsten unterstützen können (Krajcik et al., 2012) vor dem Hintergrund häufig unabhängig vom konkreten Unterricht bzw. Unterrichtsgang formulierten Kompetenz(entwicklungs)modellen von Bedeutung. Eine geeignete Basis bieten u.a. die Arbeiten zur Didaktischen Rekonstruktion, die ebenfalls

Erkenntnisse der Schülervorstellungsforschung mit curricularen Zielsetzungen und konkreten übergeordneten instruktionalen Ansätzen verbinden (Duit et al., 2012).
Es bleiben jedoch theoretische Grundsatzfragen zu klären: Stehen primär Entwicklungen von Lern*prozessen* im Fokus? Oder sind Lern*ergebnisse* (im Sinne zunehmender Kompetenzen) gemeint? Oder liegt der Fokus auf dem *Lehren* bzw. der *curriculare Entwicklungsperspektive* im Verlauf der Schulzeit und die damit verbundene Gestaltung einzelner Lernumgebungen und Lernprozesse? In bisherigen Arbeiten sind die Bedeutungen nicht immer klar abgegrenzt, hier wäre es wünschenswert, eine präzise Zuordnung vorzunehmen. Ebenso existieren unterschiedliche Bezeichnungen, die vermutlich ähnliches bedeuten, aber wiederum nicht klar abgegrenzt sind, wie „Lernlinien“ (Parchmann et al., 2006), „Learning Pathways“ (Niedderer, 2001) oder „Kompetenzentwicklungsmodelle“ (Schecker & Parchmann, 2006). Auch daher erscheint aus unserer Sicht eine weiterführende Einordnung und Abgrenzung des Ansatzes der „Learning Progressions“ von anderen Arbeiten notwendig.

Literatur

von Aufschnaiter, C. & von Aufschnaiter, S. (2003). Theoretical framework and empirical evidence on students' cognitive processes in three dimensions of content, complexity, and time. *Journal of Research in Science Teaching*, *40*(7), 616-648.

Bernholt, S., Neumann, K., & Nentwig, P. (Eds.). (2012). *Making it tangible. Learning outcomes in science education*. Waxmann Verlag.

Bernholt, S. & Parchmann, I. (2011). Assessing the complexity of students‘ knowledge in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice (CERP)*, 12(2), 167-173.

Bruner, J.S. (1970). Der Prozess der Erziehung. Berlin: Berlin-Verlag.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – a framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective* Vol. (5) (S. 13-37). Rotterdam: Sense Publisher.

Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 606-609.

Duschl, R., Maeng, S., & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Education*, *47*(2), 123-182.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.). (2007). *Taking Science to School:: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. National Academies Press.

Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos.

Krapp, A. & Weidenmann, B. (2001). Pädagogische Psychologie. 4. vollst. überar. Aufl., Weinheim: Beltz.

Krajcik, J. S., Sutherland, L. M., Drago, K., & Merritt, J. (2012). The promise and value of learning progression research. *Making it tangible: Learning outcomes in science education*, 261-284.

Neumann, K., Kauertz, A., Lau, A., Notarp, H., & Fischer, H. E. (2007). Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung [Modelling structure and development of students ‘physics competence]. *ZfDN*, *13*, 103-123.

Niedderer, H., Budde, M., Givry, D., Psillos, D., Tiberghien, A. (2007). Learning process studies. In R. Pintó & D. Couso (Eds.), Contributions from Science Education Research (pp. 159-171). Amsterdam: Springer.

Niedderer, H. (2001). Physics learning as cognitive development. Bridging Reserch Methodology and Research Aims. Student and Faculty Contributions from the 5th ESERA Summerschool in Gilleleje, Denmark., Gilleleje, Denmark., The Danish University of Education.

Parchmann, I., Bünder, W., Demuth, R., Freienberg, J., Klüter, R. & Ralle, B. (2006). Lernlinien zur Verknüpfung von Kontextlernen und Kompetenzentwicklung: *CHEMKON* 13(3), 124-131.

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (2013). IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I.

Pfeifer, P., Lutz, B. und Bader, H. J. (Hrsg.) (2002). Konkrete Fachdidaktik Chemie. Neubearb., München, Düsseldorf, Stuttgart: Oldenbourg Schulbuchverlag.

Pollmeier, Judith, et al. Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenz in der Grundschule (Science-P): Naturwissenschaftliches Wissen. VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2009.

Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *ZfDN* 12, 45-66.

Schmidt, W. H., McKnight, C. C., Raizen, S. A. (1997). Splintered vision: An investigation of US mathematics and science education." Norwel, MA: Kluwer Academic Publishers.

Strike, K. A., & Posner, G. J. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. Cognitive structure and conceptual change, 211, 231.

Sascha Bernholt[1]
Christine Köhler[1]
Karolina Broman[2]

[1]IPN Kiel
[2]Umeå University

Die Verständnisentwicklung zentraler Fachkonzepte im Chemieunterricht der Sekundarstufe

Der Fachunterricht in der Sekundarstufe soll es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, ein breites Spektrum schulischer Lernziele zu erreichen: dazu gehören grundlegende Konzepte und Methoden des Faches, das Interesse an fachbezogenen Themen und Zusammenhängen oder das Erkennen und Verfolgen beruflicher Perspektiven. Wenngleich das Unterrichtsfach Chemie eine hohe Alltagsrelevanz aufweist und gute Karrierechancen bietet, wird es von Schülerinnen und Schülern häufig als nur wenig nützlich und relevant sowie als sehr abstrakt und schwierig wahrgenommen. Entsprechend umfangreich ist auch die Forschungsliteratur bezüglich der Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Verständnis und in der Anwendung selbst grundlegender chemischer Konzepte.

Das Projekt *Development of Learning in Science* (DoLiS[1]) setzt an dieser Stelle an und zielt darauf ab, Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 5 bis 12 hinsichtlich ihrer kognitiven, metakognitiven und motivationalen Entwicklung zu untersuchen. Das Projekt wird in Kooperation zwischen der Universität Umeå (Schweden) und dem IPN Kiel parallel in Deutschland und Schweden durchgeführt. Der binationale Vergleich soll dabei unterrichtsbezogene und strukturelle Unterschiede zwischen beiden Schulsystemen hinsichtlich ihres Effekts auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler untersuchen.

Das Design der Studie sieht zum einen eine quantitative Querschnittserhebung über die Jahrgangsstufen 5 bis 12 in beiden Ländern vor. Zum anderen sollen die Schülerinnen und Schüler der beiden Jahrgangsstufen 5 und 9 in einem Zwei-Kohorten-Längsschnittdesign über einen Zeitraum von drei Jahren begleitet werden. Dieser Längsschnitt soll detaillierte Einblicke in individuelle Entwicklungsverläufe während der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II liefern (Abb. 1).

Jahrgang	Querschnitts-studie	Längsschnittstudie		
	2015	2016	2017	2018
12	X			X
11	X		X	
10	X	X		
9	X			
8	X			X
7	X		X	
6	X	X		
5	X			

Abb. 1: Design der Quer- und Längsschnittuntersuchung

Die Querschnittserhebung wurde im Zeitraum Februar bis April 2015 durchgeführt. Dabei wurden die Schülerinnen und Schüler hinsichtlich ihres Konzeptverständnisses in den Bereichen Materie, Energie und Chemische Reaktionen sowie grundlegender kognitiver Fähigkeiten getestet. Zudem wurden Befragungen bezüglich ihrer Interessen, Motivation, Überzeugungen, Selbstkonzepte und ihrer Wahrnehmung des Fachunterrichts durchgeführt.

Theoretischer Hintergrund

Hinsichtlich des Konzeptverständnisses wurden vor dem Hintergrund der binationalen Vergleichsstudie die übergeordneten Lehrpläne der beiden Länder verglichen (KMK, 2004; SKOLFS, 2011). Aus diesem Vergleich konnten drei Schwerpunkte herauskristallisiert werden: Energie, Materie und Chemische Reaktion. Dabei umfasst das Konzept Materie die

[1] http://www.ipn.uni-kiel.de/de/forschung/projekte/dolis

beiden Basiskonzepte Stoff-Teilchen-Konzept und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, wie sie in den deutschen Bildungsstandards (KMK, 2004) ausgewiesen werden.
Mit Blick auf diese drei Konzepte wurde die Forschungsliteratur gesichtet, die sich insbesondere mit der Entwicklung dieser Konzepte über den Verlauf der Sekundarstufe auseinandersetzt. So fassen Neumann et al. (2013) empirische Forschungsergebnisse aus der Literatur und aus eigenen Untersuchungen zur Verständnisentwicklung des Energiekonzepts anhand der Sequenz von (1) Quellen und Formen, (2) Transfer und Umwandlung, (3) Entwertung und (4) Erhaltung zusammen. Hadenfeldt et al. (2013) postulieren für das Materiekonzept eine Entwicklung innerhalb von vier Schlüsselkonzepten ((1) Struktur und Zusammensetzung, (2) Physikalische Eigenschaften und Veränderungen, (3) Chemische Reaktion und (4) Erhaltung) entlang von fünf Verständnisniveaus ((1) Alltagsvorstellungen, (2) Hybridvorstellungen, (3) Einfache Teilchenvorstellungen, (4) Differenzierte Teilchenvorstellungen und (5) Systemische Teilchenvorstellungen). Entsprechend wird ein Verständnis der Chemischen Reaktion häufig als ein Unterpunkt des Materiekonzepts aufgefasst. Lernprogressionen oder Entwicklungsmodelle, die ausschließlich die Chemische Reaktion fokussieren, konnten in einem Literaturreview von Hadenfeldt, Liu und Neumann (2014) nicht identifiziert werden.
Hinsichtlich der in der Literatur publizierten Lernprogressionen oder Entwicklungsmodelle lässt sich festhalten, dass diese oft nur fragmentarisch untersucht wurden (bspw. nur für einzelne Jahrgangsstufen) und den meisten Untersuchungen querschnittlich erhobene Leistungsdaten von Schülerinnen und Schülern zugrunde liegen. Damit stellt sich die Frage, welche individuellen Entwicklungsverläufe längsschnittlich identifizierbar sind.

Studiendesign

Aufbauend auf die Literaturrecherche wurden 114 Aufgaben (d.h. 38 zu jedem der drei Konzeptbereiche) entwickelt, adaptiert oder aus publizierten Beiträgen übernommen. Aufgrund der begrenzten Testzeit von einer Stunde (insbesondere mit Blick auf die zahlreichen weiteren Konstrukte, die im Gesamtprojekt erhoben werden), wurden zu etwa gleichen Teilen klassische Multiple-Choice-Aufgaben und Ordered-Multiple-Choice-Aufgaben verwendet. Bei letzteren werden die Antwortalternativen entlang der theoretisch angenommen Konzeptstufen entwickelt, so dass die Auswahl einer bestimmten Antwortoption auf eine korrespondierende Konzeptvorstellung zurückgeführt werden kann (Briggs et al., 2006; Hadenfeldt et al., 2013). Für die Konstruktion der Testhefte wurde ein Ankerdesign verwendet, das für einzelne Testhefte eine Zusammensetzung von 2/3 jahrgangsübergreifend eingesetzten Aufgaben und 1/3 jahrgangsspezifischen Aufgaben vorsieht. Jede Schülerin bzw. jeder Schüler bearbeitete somit letztlich 30 Aufgaben (10 pro Konzeptbereich).
Im Sinne einer Validitätsprüfung wurden die Fachinhalte der Aufgaben gemäß curricularer Vorgaben (Lehrplan SH, 1997), eines gängigen Schulbuchs (Chemie heute SI/SII: Barke et al., 2010; Förster et al., 2009) sowie der o.g. theoretisch-empirischen Modelle des Konzeptaufbaus (Hadenfeldt et al., 2014; Neumann et al., 2013) zugeordnet. Dabei wurden gute bis sehr gute Codierer-Übereinstimmungen erreicht (2 Rater, Cohens κ zwischen .75 und .91).

Erste Ergebnisse

Am ersten Messzeitpunkt im Frühjahr 2015 nahmen insgesamt 5096 Schülerinnen und Schüler in beiden Ländern teil. Die personenstärkste Teilgruppe bildete dabei die deutsche Gymnasialstichprobe (n = 2722). Vorläufige Auswertungen deuten darauf hin, dass in dieser Teilgruppe das zweidimensionale Partial-Credit-Modell auf Basis gängiger Fit-Kriterien am besten zu passen scheint. Bei diesem Modell fallen die beiden Konzeptbereiche Chemische Reaktion und Energie auf eine Dimension zusammen, die zweite Dimension wird durch die Aufgaben zum Konzept Materie gebildet. Beide Dimensionen korrelieren hoch miteinander

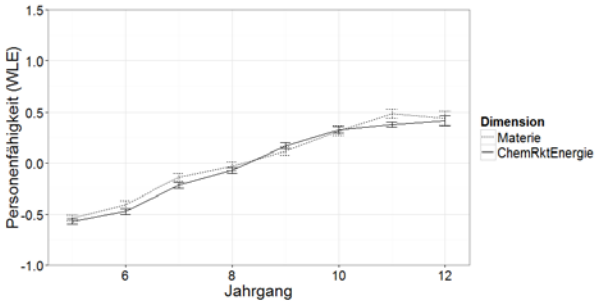


Abb. 2: Verlauf der Mittelwerte (mit Standardfehler) der beiden Fähigkeitsdimensionen über die Jahrgangsstufen 5 bis 12

(latente Korrelation: r = .85). Zudem deutet sich über die Jahrgangsstufen eine (im Mittel) nahezu parallele Entwicklung beider Dimensionen an (Abb. 2).

Hinsichtlich der Aufgabencodierungen zeigen sich hohe Zusammenhänge der Codierungen untereinander (bspw. korrelieren die Zuordnungen gemäß curricularer Vorgaben und des Schulbuchs mit r_S = .71), es zeigen sich aber nur geringe Korrelationen der unterschiedlichen Codierungen zur empirischen Aufgabenschwierigkeit (.11 < r_S < .25). Die Zusammenhänge steigen jedoch deutlich, wenn nur einzelne Inhaltsbereiche betrachtet werden (bspw. Aufgaben zum Thema Verbrennungen).

Hinsichtlich der curricularen Validität, aber auch mit Blick auf die Messinvarianz des Tests in den unterschiedlichen Teilstichproben (Jahrgangsstufen, Schulformen, Deutschland/ Schweden) müssen weitere Analysen folgen. Für den weiteren Verlauf stellt sich zudem die Frage, inwieweit die längsschnittliche Entwicklung des Konzeptverständnisses „synchron“ zur aktuell ausgewerteten Entwicklung auf Basis der Querschnittsdaten verläuft. Gleichermaßen sollen Zusammenhänge zu den weiteren erhobenen Daten in den Blick genommen werden. Darüber hinaus sind umfangreiche Schulrückmeldungen geplant, die im Idealfall eine „2. Welle“ in Form von Fortbildungen und Unterrichtsentwicklungsansätzen für jede Jahrgangsstufe im Folgejahr der Längsschnitterhebung nach sich ziehen.

Danksagung

Wir danken den beteiligten Schulen, Lehrkräften sowie den Schülerinnen und Schülern für ihr Engagement. Das Projekt wird gefördert von der schwedischen Forschungsgemeinschaft (Vetenskapsrådet, grant number 721-2013-2180).

Literatur

Barke, H.-D., Dräger, G., Görtz, M., Kuhn, T., Radau, E., Seym-Born, P., … Walory, M. (2010). *Chemie heute*. Braunschweig: Schroedel.

Briggs, D. C., Alonzo, A. C., Schwab, C., & Wilson, M. (2006). Diagnostic Assessment with Ordered Multiple-Choice Items. *Educational Assessment*, *11*(1), 33–63.

Förster, R., Haas, L., Kallfelz, M., Kampf, M., Kirsch, W., König, A., … Zemann, W. (2009). *Chemie heute SII: Gesamtband*. Braunschweig: Schroedel.

Hadenfeldt, J. C., Bernholt, S., Liu, X., Neumann, K., & Parchmann, I. (2013). Using Ordered Multiple Choice Items to Assess Students' Understanding of the Structure and Composition of Matter. *Journal of Chemical Education*, *90*(12), 1602-1608.

Hadenfeldt, J. C., Liu, X., & Neumann, K. (2014). Framing students' progression in understanding matter: A review of previous research. *Studies in Science Education*, *50*(2), 181–208.

KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand Verlag GmbH.

Lehrplan SH (1997). *Chemie: Lehrplan für die Sekundarstufe I der weiterführenden allgemeinbildenden Schulen Hauptschule, Realschule, Gymnasium*. Glückstadt: Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein.

Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J. & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, *50*(2), 162–188.

SKOLFS (2011). *Curriculum for the compulsory school, preschool class and the recreation centre 2011*. Stockholm: National Agency of Education.

Katrin Weber[1]
Markus Emden[2]
Elke Sumfleth[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]PH Schwäbisch Gmünd

Entwicklung von Fachwissen im Basiskonzept „Chemische Reaktion“

Im Rahmen des Forschungsprojekts wird eine Learning Progression zum Basiskonzept „Chemische Reaktion“ in der Sekundarstufe I an Gymnasien entwickelt. Es sollen Lernverläufe zwischen den Basiskonzepten „Struktur der Materie“ und „Chemische Reaktion“ aufgeklärt werden (vgl. MSW, 2008a). Die Erkenntnisse der Studie können als Grundlage für die Curriculumentwicklung, die Entwicklung von Lehreinheiten und von individualisierenden Förderkonzepten dienen.

Theoretischer Hintergrund

Learning Progressions beschreiben die Entwicklung von Denkweisen von Lernenden über einen definierten Zeitraum (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Sie können eine oder mehrere Progressionsvariablen umfassen, die jene Dimensionen des Wissens oder der Fertigkeiten beschreiben, die entwickelt werden sollen (Corcoran, Mosher & Rogat, 2009). Die Basiskonzepte der Bildungsstandards können in diesem Sinne als Progressionsvariablen betrachtet werden. Die Progressionsvariable erstreckt sich von einem Lower zu einem Upper Anchor (Stevens, Delgado & Krajcik, 2010) über mehrere Progressionsstufen (Corcoran et al., 2009). Der Lower Anchor wird definiert durch Fähigkeiten zu Beginn einer Lerneinheit, während der Upper Anchor die Lernziele der Unterrichtseinheit umfasst (Stevens et al., 2010). Um vom Lower zum Upper Anchor zu gelangen, müssen dazwischen liegende durch Learning Performances (Wissen und Fähigkeiten auf den jeweiligen Progressionsstufen) charakterisierte Progressionsstufen durchschritten werden (Corcoran et al., 2009).

Forschungsfragen

- Kann mit Hilfe einer Learning Progression die Entwicklung von Fähigkeiten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I hinsichtlich der Basiskonzepte *Struktur der Materie* und *Chemische Reaktion* valide beschrieben werden?
- Wie entwickeln sich die Fähigkeiten entlang der Progressionsvariablen *Chemische Reaktion* und *Struktur der Materie* in Abhängigkeit voneinander?

Forschungsdesign und Methoden

Der Lower Anchor basiert auf den Richtlinien und Lehrplänen für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen (MSW, 2008b) und der Upper Anchor auf den Bildungsstandards (KMK, 2005) und den Vorgaben des Kernlehrplans Chemie (Sekundarstufe I, Gymnasien: MSW, 2008a). Der Weg vom Lower zum Upper Anchor wird anhand einer Strand Map (analog zu: AAAS, 2007) für die zu erwerbenden Fähigkeiten in den Basiskonzepten *Struktur der Materie* und *Chemische Reaktion* beschrieben. Es werden folgenden Progressionsstufen angenommen:

	Progressionsvariable	
Progres-sionsstufe	**Struktur der Materie auf der Ebene…**	**Chemische Reaktion als…**
3	…des Bohrschen Atommodells	…Veränderung in der Elektronenhülle
2	…des Daltonschen Atommodells	…Umgruppierung von Atomen
1	…der Phänomene	…Bildung von neuen Stoffen

Tab. 1: Progressionsvariablen und Progressionsstufen.

Die Learning Progression wird validiert anhand einer Schülerbefragung, an der Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 7 bis 9 teilnehmen (*N* = 591). Es wird ein Paper-Pencil-Test im Multiple-Choice-Single-Select-Format eingesetzt. Insgesamt werden 100 Items zu fünf Beispielreaktionen (zur Kontrolle von Kontexteinflüssen) eingesetzt.
Die Schätzung der Item-Schwierigkeiten und die Überprüfung der Progressionsstufen erfolgt anhand von IRT-Methoden. Zunächst werden Dimensionsanalysen durchgeführt, um zu überprüfen, ob mehrdimensionale Modelle angenommen werden müssen. Weitere Analysen zur Validierung stehen noch aus.

Erste Ergebnisse und Diskussion
Mathematisch betrachtet bildet ein sechsdimensionales Modell die Daten am besten ab. Die Dimensionen entsprächen den Progressionsstufen in den Progressionsvariablen *Struktur der Materie* und *Chemische Reaktion*. Die Item Separation Reliabilität läge bei .936. Die EAP/PV Reliabilitäten liegen zwischen .418 und .854. Auf Grundlage der Diskussion im Anschluss an den Vortrag muss davon ausgegangen werden, dass es sich hier um ein Artefakt handelt. Die Progressionsstufen in den Progressionsvariablen sind nicht unabhängig voneinander, sondern bauen – wie an den mittleren Schwierigkeitsschätzern zu sehen – aufeinander auf und decken deutlich unterschiedliche Fähigkeitsbereiche ab. Es wird also eine gewisse Unabhängigkeit der sechs Itemsets suggeriert, die jedoch im Design des Tests bereits angelegt ist. Aufgrund dieses Bias bei der Dimensionsbildung dürfte das sechsdimensionale Modell dem zweidimensionalen mathematisch überlegen sein.
Ein zweidimensionales Modell, bei dem die Dimensionen „Struktur der Materie“ und „Chemische Reaktion“ unterschieden werden, bildet die Daten – ohne vergleichbaren Bias – ebenfalls besser ab als ein eindimensionales Modell (siehe Tab. 2).

Modell-merkmale	**eindimensionales Modell**	**zweidimensionales Modell (Dimensionen: Struktur der Materie, Chemische Reaktion)**
Deviance	30828.833	28636.652
Δ Deviance	2192.181***	
Δ df	2	
BIC	31483.396	29396.979
AIC	31040.833	28842.652
CAIC	31584.396	29396.979

Tab. 2: Dimensionsanalyse zum Vergleich des eindimensionalen mit dem zweidimensionalen Modell (Signifikanztestung bezüglich Deviances mit Likelihoodquotiententest).

Die EAP/PV Reliabilität liegt für die Dimension „Struktur der Materie“ bei .849 und für die Dimension „Chemische Reaktion“ bei .810. Die Item Separation Reliabilität liegt bei .913. Fünf Items müssen aufgrund ihres schlechten Fits entfernt werden (Infit MNSQ $\leq$ .80 oder Infit MNSQ $\geq$ 1.20 und $t \geq |2|$; vgl. Wright & Linacre, 1994; Bond & Fox, 2015) sowie 17 Items mit geringer oder negativer Trennschärfe ($r_{it} \leq .25$). Die Item Separation Reliabilität liegt nach der Anpassung weiterhin bei .913 und die EAP/PV Reliabilität liegt schließlich für die Dimension „Struktur der Materie“ bei .837 und für die Dimension „Chemische Reaktion“ bei .802. In Abbildung 1 ist auf der linken Seite die Wright Map für das zweidimensionale Modell und auf der rechten Seite ein Schema der Strand Map dargestellt. Items mit hoher Aufgabenschwierigkeit liegen meist im oberen Bereich der Strand Map und die leichtesten Items zu Fähigkeiten im unteren Bereich.

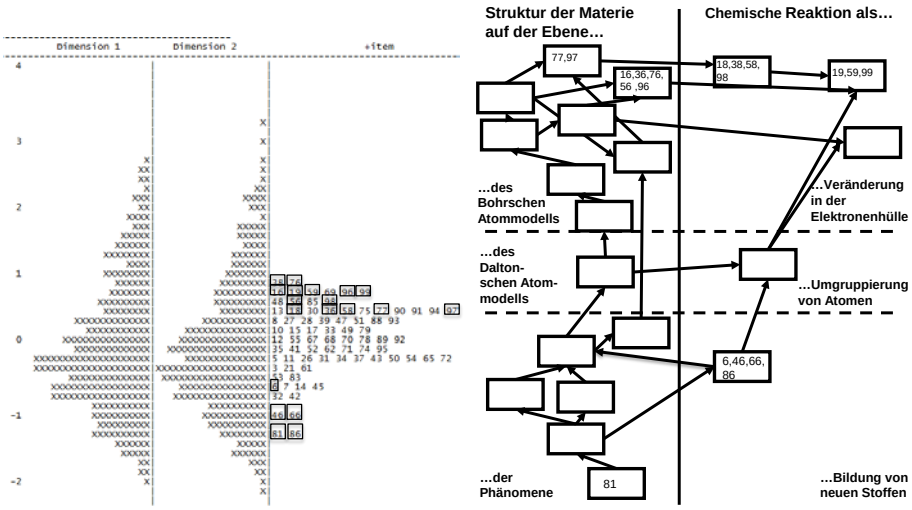


Abb.1: links: Wright Map für das zweidimensionale Modell (Dimensionen: Struktur der Materie (1), Chemische Reaktion (2)), rechts: Schema der Strand Map unter Angabe ausgewählter Items aus der Wright Map.

Die latente Korrelation zwischen den beiden Dimensionen liegt bei .946. Aufgrund der Modellfitwerte (Deviance, BIC, AIC, CAIC) wird aber davon ausgegangen, dass das zweidimensionale Modell die Daten besser abbildet als ein eindimensionales Modell (vgl. Tab. 2). Nichtsdestoweniger deutet die hohe latente Korrelation an, dass beide Dimensionen stark zusammenhängen. Genauere Analysen der Relationen zwischen den Fähigkeiten folgen anhand von Korrelationsanalysen und Strukturgleichungsmodellen.

Literatur

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2007). Atlas of Science Literacy. Volume 2. Washington, DC: AAAS

Bond, T. G. & Fox, C. M. (2015). Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences. New York, NY: Routledge

Corcoran, T., Mosher, F.A., & Rogat, A. (Eds.). (2009). Learning progressions in science – an evidence based approach to reform. Philadelphia, PA: CPRE

Duschl, R.A., Schweingruber, H.A., & Shouse, A.W. (Eds.). (2007). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington, DC: The National Academic Press

Kultusministerkonferenz (KMK). (2005). Bildungsstandards für das Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW). (2008a). Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Frechen: Ritterbach Verlag

MSW. (2008b). Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen. Deutsch, Sachunterricht, Mathematik, Englisch, Musik, Kunst, Sport, Evangelische Religionslehre, Katholische Religionslehre. Frechen: Ritterbach Verlag

Stevens, S.Y., Delgado, C., & Krajcik, J. (2010). Developing a Hypothetical Multi-Dimensional Learning Progression for the Nature of Matter. Journal of Research in Science Teaching, 47(6), 687-715

Wright, B. D. & Linacre, M. (1994). Reasonable mean-square fit values. http://rasch.org/rmt/rmt83b.htm abgerufen am 12.10.2015

David Hadinek[1]
Knut Neumann[1]
Susanne Weßnigk[2]

[1]IPN Kiel
[2]Universität Hannover

Entwicklung eines integrierten Verständnisses des Energiekonzepts

Das Energiekonzept hat eine besondere Rolle in den Naturwissenschaften. Es ist sowohl zentrales Konzept in den einzelnen Disziplinen als auch verbindendes Element über die Disziplinen hinweg. Zudem besitzt das Energiekonzept eine hohe Relevanz für bedeutsame gesellschaftliche Fragestellungen – wie die verantwortungsvolle Deckung des steigenden Energiebedarfs der Menschheit. Dem gegenüber steht die Tatsache, dass das Energiekonzept ein besonders abstraktes Konzept ist. Sie bereitet den Schülerinnen und Schülern Probleme beim Verstehen und Anwenden des Konzepts. Eine wichtige Zielsetzung physikdidaktischer Bemühungen ist daher die Förderung eines umfassenden Verständnisses von Energie.

Theoretischer Hintergrund

Das Energiekonzept ermöglicht es, das Verhalten von Systemen in einfacher Form zu beschreiben und sogar vorherzusagen (Watts, 1983; Ornek, 2008). Grundlage ist ein Verständnis der zentralen Aspekte des Energiekonzepts: *Energieformen, Energieumwandlung und -übertragung, Energieentwertung* und *Energieerhaltung* (Chen et al., 2014). Die naturwissenschaftsdidaktische Forschung legt nahe, dass Schülerinnen und Schüler dieses Verständnis in der angegebene Reihenfolge entwickeln; das heißt, dass sie zuerst ein Verständnis entwickeln wie sich Energie in unterschiedlichen Formen manifestiert und zuletzt verstehen, dass trotz Wechsel dieser Formen die Energie in ihrer Gesamtheit erhalten bleibt (z.B. Liu und McKeough, 2005; Dawson-Tunik, 2006; Neumann et al., 2013). Es hat sich jedoch wiederholt gezeigt, dass Schülerinnen und Schülern die Anwendung insbesondere des Energieerhaltungsprinzips selbst am Ende der Schulzeit noch Probleme bereitet (z.B. Duit, 1981; Driver & Warrington, 1985).
Diese Befunde werfen die Frage auf, wie ein tiefergehendes Verständnis von Energie erreicht werden kann. Sollten die Aspekte nacheinander eingeführt werden oder ist die beobachtete Verständnisentwicklung gerade das Artefakt eines entsprechenden Curriculums? In diesem Fall könnte gerade die gleichzeitige Behandlung aller Aspekte die Entwicklung eines tiefergehenden Verständnisses von Energie unterstützen. Daraus lassen sich zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze zur Vermittlung des Energiekonzepts ableiten: der konsekutive und der unitäre Ansatz.

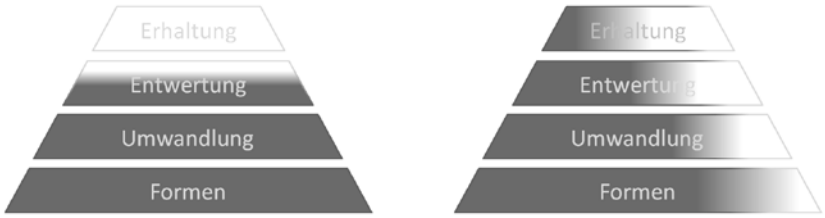


Abb. 1: Entwicklung des Verständnisses von Energie bei sequentiellem bzw. parallelem Erlernen der Energieaspekte

Der *konsekutive* Ansatz geht davon aus, dass die Reihenfolge, in der die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis der vier Aspekte von Energie entwickeln, auch die Reihenfolge der Vermittlung bedingt. Hier wird also zunächst ein umfassendes Verständnis verschiedener Energieformen aufgebaut. Das heißt, ein Verständnis, wie sich Energie in verschiedenen

Formen manifestiert und woran zu erkennen ist, ob mehr oder weniger Energie vorhanden ist. Danach wird die Umwandlung zwischen den behandelten Energieformen eingeführt. Erst danach folgen die Energieentwertung und Energieerhaltung (siehe Abb. 1). Der *unitäre* Ansatz folgt bei Entwicklung des Energieverständnisses einem eher ganzheitlichen Zugang. Die Idee, die diesem Ansatz zugrunde liegt, ist, dass sich das Verständnis der einzelnen Aspekte parallel entwickelt, aber der höhere Abstraktionsbedarf von Aspekten, wie dem der Energieerhaltung, zu einer verlangsamten Entwicklung führt, dem durch eine frühere Vermittlung Rechnung getragen werden muss (vgl. Solbes et.al., 2009).
Bei der Beschreibung des Verhaltens von Systemen mittels des Energiekonzepts werden verschiedene Strategien eingesetzt, die auf unterschiedlichen Modellen beruhen (vgl. dazu Sherr et al., 2012). Grundsätzlich können zwei unterschiedliche Klassen von Modellen identifiziert werden. Dies sind entweder Bilanzierungsmodelle, welche die Situation zu einzelnen Zeitpunkten beschreiben, oder Flussdiagramme, die den Energiefluss im zeitlichen Verlauf darstellen. Es wird erwartet, dass das Bilanzierungsmodell dabei einen positiven Einfluss auf das Verständnis von Energieerhaltung hat, während die Flussdiagramme positiv auf die Aspekte Energieumwandlung und Energieentwertung wirken.

Anlage der Untersuchung

Um den Effekt der Wahl des Vermittlungsansatzes bzw. der Modellierungsstrategie auf die Entwicklung des Verständnisses von Energie zu bestimmen, wurden zwei Unterrichtseinheiten entsprechend der oben beschriebenen Differenzierung parallel konstruiert – einmal *konsekutiv* und einmal *unitär*. Beide Einheiten verwenden dieselben Experimente und Beispiele, unterscheiden sich jedoch in der Anordnung entweder getrennt nach den Aspekten oder vermischt mit steigender Komplexität der Beispiele. Die Einheiten orientieren sich am Kontext *Energiewende*, der sowohl einen Lebensweltbezug herstellt, als auch vielfältige Anknüpfungspunkte der einzelnen Aspekte bietet. Zur Beschreibung der verschiedenen Umwandlungsprozesse wird jeweils eine Modellierungsstrategie – Würfelmodell und Flussdiagramm – eingesetzt. Es ergibt sich ein 2x2-Design, welches auch die Untersuchung von Interaktionseffekten zwischen Vermittlungsansatz und Modellierungsstrategie ermöglicht. Für einen Prä-Post-Vergleich werden das Energieverständnis, sowie als Kovariaten Motivation, Interesse und kognitive Fähigkeit erhoben. In einer ersten Teilstudie wurde an einer Stichprobe von N=33 der konsekutive Ansatz mit beiden Modellierungsstrategien im Vergleich eingesetzt. Die Teilnehmenden waren Schülerinnen und Schüler der sechsten bis achten Klassenstufe, die freiwillig an der Intervention in Form einer Ferienaktivität teilgenommen haben.

Erste Ergebnisse und Diskussion

Beide Gruppen zeigen einen signifikanten Zuwachs im Energieverständnis, welcher sich jedoch nicht signifikant zwischen den beiden Modellierungsstrategien unterschiedet. Beim Blick auf die Verständnisentwicklung in den einzelnen Aspekten lassen sich jedoch Hinweise auf die erwarteten Wirkmechanismen erkennen (siehe Abb. 2). Während bezüglich der Aspekte Energieformen und Energieumwandlung kein Unterschied zwischen den Gruppen zu beobachten ist, zeigt sich bei der Energieentwertung eine Tendenz ($p < 0{,}1$). Signifikant wird der Unterschied für den Aspekt Energieerhaltung. In beiden Fällen zeigt sich dieser Trend zugunsten der Flussdiagramme. Jedenfalls bei der Energieerhaltung entspricht dies nicht den postulierten Effekten. Eine Erklärung hierfür wäre, dass die Flussdiagramme entsprechend der Annahmen das Verständnis von Energieentwertung gefördert haben. Unter Voraussetzung einer hierarchischen Entwicklung wirkt sich diese Förderung auch auf den nächsten Aspekt, die Energieerhaltung, aus. Um diese Theorie weiter untersuchen zu können sind insbesondere die Interaktionseffekte zwischen Vermittlungsansatz und Modellierungsstrategie von Interesse. Mit der geplanten

Vergrößerung der Stichprobe und Erweiterung auf den unitären Vermittlungsansatz werden diesbezüglich genauere Erkenntnisse erwartet. Ziel ist dann eine Ausschärfung der bisherigen Erkenntnisse zur Entwicklung des Verständnisses des Energiekonzepts und damit die Identifizierung von Unterrichtsmerkmalen, welche die Entwicklung des Energieverständnisses fördern.

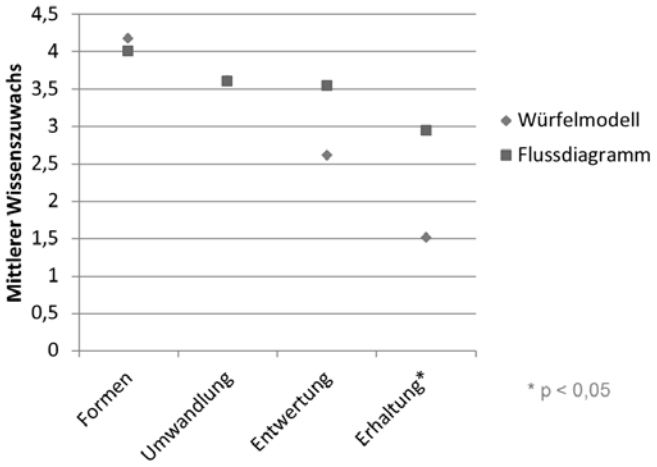


Abb. 2: Beobachteter Verständniszuwachs der einzelnen Aspekte im Vergleich zwischen zwei Modellierungsstrategien

Literatur

Chen, R.F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J.C., Scheff, A. (2014). Teaching and Learning of Energy in K-12 Education, *Springer*

Dawson-Tunik, T. L. (2006). Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. *Applications of Rasch measurement in science education*, 111-136.

Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' Use of the Principle of Energy Conservation in Problem Situations. *Physics Education*, *20*(4), 171-76.

Duit, R. (1981). Understanding Energy as a Conserved Quantity--Remarks on the Article by RU Sexl. *European Journal of Science Education*, *3*(3), 291-301.

Liu, X., & McKeough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(5), 493-517.

Neumann, K., Viering, T., Boone, W.J., & Fischer, H.E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching, 50(2)*, 162-188.

Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental and Science Education*, *3*(2), 35-45.

Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2011). A philosophically informed teaching proposal on the topic of energy for students aged 11–14. *Science & Education*, *20*(10), 961-979.

Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., & Vokos, S. (2012). Representing energy. II. Energy tracking representations. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, *8*(2), 020115.

Solbes, J., Guisasola, J., & Tarín, F. (2009). Teaching energy conservation as a unifying principle in physics. *Journal of Science Education and Technology*, *18*(3), 265-274.

Swackhamer, G. (2005). Cognitive resources for understanding energy.

Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics education*, *18*(5), 213-217.

Joachim S. Haupt
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Nichtlineare Physik Experimentierset – oder: „Wie kommen neue Inhalte in die Schule?“

Im Projekt NiliPhEx (**Ni**cht**li**neare **Ph**ysik **Ex**perimentierset) wurden 60 selbstentwickelte Experimentiersets an Schulen im gesamten Bundesgebiet verteilt. Neben der Entwicklung und schulischen Erprobung dieses Experimentiersets wurde auch evaluiert, ob es gelingen kann, auf diesem Weg neue Entwicklungen aus der Physikdidaktik in die Schule zu transferieren. Dem Entwicklungs- und Erprobungsprozess vorangegangen ist eine Expertenbefragung unter 27 Fachwissenschaftler_innen (Haupt & Nordmeier, 2012) sowie eine Bedarfsanalyse unter 108 zufällig ausgewählten Berliner Lehrer_innen (Haupt & Nordmeier, 2014).

Rahmenbedingungen

Das Experimentierset NiliPhEx besteht aus zwölf Experimenten zu den Themenbereichen *Granulare Materie* und *Strukturbildung*, wobei sechs der Experimente in halber Klassensatzstärke enthalten sind (15-fache Ausführung). Die Teilnahme an der Erprobung von NiliPhEx war für die Schulen kostenfrei und die Materialien verbleiben im Nachgang in den Schulen. Die Sets wurden Mitte März 2015 an die Schulen verschickt und die Erprobung fand bis zum Beginn der jeweiligen Sommerferien 2015 statt.

Es haben sich 60 Schulen beteiligt, von denen 26 in Berlin liegen und die restlichen 34 über das gesamte Bundesgebiet verteilt sind. Von diesen 60 Schulen haben 58 (50 Gymnasien, sieben Sekundarschulen, ein Schülerlabor) an der abschließenden Online-Befragung teilgenommen (insgesamt 61 Lehrer_innen)[1]. Die Verteilung auf Alter und Geschlecht ist in Abb. 1 dargestellt. Überraschend ist, dass die beteiligten Lehrer_innen über die gesamte Altersspanne gleichmäßig verteilt sind. Wie zu erwarten, haben vorrangig Männer an der Evaluation teilgenommen, was in der entsprechenden Verteilung der Grundgesamtheit begründet liegt.

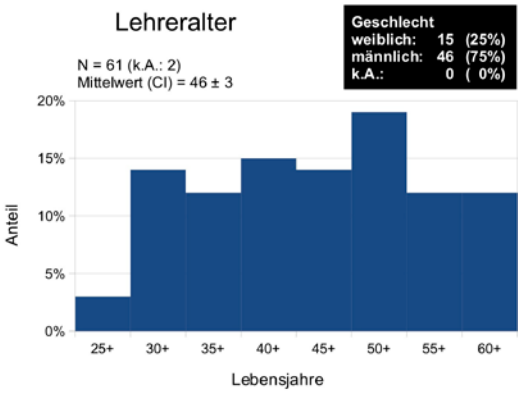


Abb. 1: Demographie der beteiligten Lehrer_innen

Erhebung zum unterrichtlichen Einsatz

Insgesamt haben 45 der 61 Lehrer_innen das Set in der Erprobungsphase eingesetzt.

Zur Bewertung der Einsatzreichweite wurde festgelegt, dass ein Einsatz des Experimentiersets die Nutzung von NiliPhEx mit einer konstanten Lerngruppe bezeichnet.[2] Die Auswertung der Rückmeldungen ergibt, dass NiliPhEx in insgesamt 523

[1] An drei Schulen haben zwei Lehrer_innen an der Evaluation teilgenommen.

[2] D. h. auch, dass es z. B. als ein Einsatz gewertet wird, wenn das Set in vier Unterrichtsstunden hintereinander in einer Klasse eingesetzt wird, es sich aber um zwei Einsätze handelt, wenn das Set z. B. in zwei Klassen für jeweils eine Stunde eingesetzt wird.

Unterrichtsstunden eingesetzt wurde[3], wovon 500 an Gymnasien stattfanden und lediglich 23 an Sekundarschulen.

Weitergehend wurde eine *Reichweite* der Einsätze definiert, die sich aus der Anzahl der Unterrichtsstunden multipliziert mit der Schüleranzahl ergibt (Tab. 1). Es zeigt sich, dass das Set am häufigsten im regulären Unterricht eingesetzt wurde. Dieser Befund ist in dem Sinne als Erfolg zu werten, als es sich bei der nichtlinearen Physik im Allgemeinen nicht um ein Themengebiet handelt, das im Rahmenlehrplan verankert ist. Da für die Erprobungsphase keine Vorgabe gegeben wurde, in welcher Klassenstufe die Experimente einzusetzen wären, wurde das Set sehr breit in den Klassenstufen 5–13 eingesetzt, wobei der Einsatzschwerpunkt (ca. 80 %) etwa gleichverteilt in den Klassenstufen 7, 8, 9, 10 und 12 lag.

Reichweite	Einsätze	Organisationsform
4389	48	regulärer Unterricht (Physik oder ähnl. Fach)
1291	9	Projekttage
500	5	Wahlpflicht AG
429	10	freiwillige AG
60	1	Vertretungsstunde

Tab. 1: Einsatzverteilung nach Organisationsform

Motivation zur Teilnahme, Motive beim Nichteinsatz und Zukunftsperspektive

Eine Auflistung der genannten Gründe für die Teilnahme an der Erprobungsphase zeigt Tabelle 2. Insgesamt sind die beteiligten Lehrer_innen vorrangig durch eine allgemeine Offenheit grundsätzlich interessiert und/oder für das spezifische Themenfeld Nichtlineare Physik. Dies ergibt ein konsistentes Bild zu den Antworten der 16 Lehrer_innen, die das Set nicht eingesetzt haben. Diese haben folgende Gründe genannt (extrahiert aus Freitextantworten): *13 Lehrer_innen gaben Zeitmangel an (6 davon unspezifisch, 4 davon wegen der Priorisierung des Lehrplan und 3 davon aus Erkrankungsgründen)* und *3 Lehrer_innen, dass sie keinen passende/n Klasse/Kurs hatten*. Die Gründen für den Nichteinsatz sind alle struktureller Natur und nicht inhaltsbezogen. Interessanter ist insbesondere die Frage, ob und wie der Einsatz langfristig wirkt. Dazu konnten zum aktuellen Zeitpunkt nur prospektive Fragen gestellt werden. Die Antworten darauf erscheinen aber äußert vielversprechend: Auf die Frage, *ob die Lehrer_innen planen Elemente von NiliPhEx auf Ihren schulinternen Lehrplan (Schulcurriculum) für das Fach Physik zu setzen*, haben 21 von 61 Lehrer_innen mit *„Ja“* geantwortet.[5] Auf die Frage, *ob die Lehrer_innen planen das Experimentierset NiliPhEx (auch) im nächsten Schuljahr einzusetzen*, haben sogar 45 mit *„Ja“* geantwortet, wovon 19 planen das Set im regulären Unterricht einzusetzen, und lediglich sechs haben mit *„Nein“* geantwortet. Das Experimentierset scheint folglich in den Erprobungsschulen sehr gut angenommen worden zu sein.

Anzahl[4]	Motivation zur Teilnahme
23	grundsätzlich neugierig / interessiert an neuen Themen
22	Interesse am Thema / konkrete Umsetzung (4 davon nichtlineare Physik als Thema bekannt)
11	Motivation für Schüler_innen
7	Wahlfreiheit zu füllen
5	Experimentiermaterial kostenlos erhalten

Tab. 2: Warum haben Sie sich an der Erprobung für NiliPhEx beteiligt? (N = 61)

Zeitaufwand und Gesamtbewertung

[3] Wobei Zeitstunden zur besseren Vergleichbarkeit in Unterrichtsstunden (45 Minuten) umgerechnet wurden. Die zugrundeliegende Verteilung ist 390 Unterrichtsstunden zu 100 Zeitstunden.

[4] Mehrfachzuordnung möglich; extrahiert aus Freitextantworten

[5] Allerdings haben acht davon das Set bislang noch gar nicht eingesetzt.

Bereits Schwarzenberger (2008) berichtete, dass die Auswahl und die Entscheidung für eine unterrichtliche Umsetzung von Themenbereichen der Nichtlinearen Physik in starker Konkurrenz zu anderen Wahlthemen stehen und auch der (erwartete) Zeitaufwand für die Umsetzung eine entscheidende Rolle spielt. Daher wurde erhoben, in wie weit einmalige Einarbeitungszeit nötig ist für den Einsatz von NiliPhEx. Dazu sollten die Lehrer_innen ihren zeitlichen Aufwand in Stunden in drei Bereichen angeben: *Einarbeiten (fachlich), Unterrichtseinheit planen (didaktisch/pädagogisch)* und *Experimente und Materialien testen (praktisch)*. Durchschnittlich erfordert der Einsatz von NiliPhEx eine einmalige Vorbereitungszeit von ungefähr 10 Stunden, wobei diese Zeit sich gleichmäßig auf die drei genannten Bereiche verteilt. Dagegen wird der Zeitaufwand für den Einsatz selbst, im Vergleich zum sonstigen Unterricht, sogar als leicht niedriger eingestuft.
Um die Akzeptanz des Experimentiersets zu erfassen, wurden verschiedene unterrichtliche Ansprüche den Lehrer_innen zur Bewertung vorgelegt, die im Vorfeld aus einer Fokusgruppe von Lehrer_innen gewonnen wurden (u. a. NiliPhEx … *stellt gelungene Alltagsbezüge her, … ist für Schülerexperimente geeignet, … beinhaltet verblüffende Experimente, … ermöglicht Erkenntnisse durch Experimente, …*). Alle Ansprüche sind im Mittelwert zu über 70 % erfüllt und die meisten sogar über 80 %. Ebenso positiv zeigt sich die Gesamtbewertung des Experimentiersets.

Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse

Dadurch, dass NiliPhEx fast ausschließlich in Gymnasien erprobt wurde, lassen sich die Ergebnisse nur für Gymnasien verallgemeinern.
Es stellt sich zusätzlich die Frage, ob die Gruppe der Lehrer_innen, die NiliPhEx erprobt haben, besonders positiv gegenüber der nicht-linearen Physik eingestellt sind. Dazu wurden die Lehrer_ innen gebeten anzugeben, wie sehr sie der Aussage „Nichtlineare Physik sollte im Unterricht behandelt werden.“ zustimmen bzw. wie stark sie sie ablehnen. Die gleiche Frage wurde bereits in der Bedarfsanalyse bei einer zufällig gewählten Stichprobe von Berliner Lehrer_innen gestellt (Haupt & Nordmeier, 2014). Als Anker wurde mit der gleichen Formulierung nach Themen der aktuellen Physik gefragt (s. Abb. 2). Es zeigt sich, dass die Gruppe der an der Erprobung beteiligten Lehrer_innen leicht positiver gegenüber der Nichtlinearen Physik eingestellt ist. Allerdings ist dies nicht statistisch signifikant (Mann-Whitney U-Test; $p \leq 0{,}05$; Z-Score = -0.0593), und es kann davon ausgegangen werden, dass die beiden Gruppen bzgl. dieses Merkmals identisch sind.

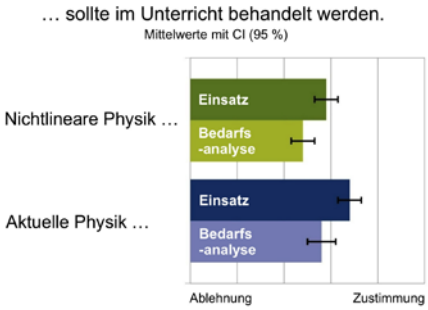


Abb. 2: Einstellung zur aktuellen und Nichtlinearen Physik von Lehrkräften

Dennoch handelt es sich bei den Lehrer_innen, die sich an der Erprobung beteiligt haben, um eine Positivauswahl. Dieser Effekt ist für eine Studie dieser Art allerdings unvermeidbar. Innovationen können nur mit motivierten Lehrkräften in die Schule eingebracht werden, und dieses Projekt zeigt einen möglichen Weg.

Literatur

Haupt, J. S.; Nordmeier, V. (2012): Granulare Materie und dissipative Strukturbildung bzw. Selbstorganisation: Kontexte, Theorien und Inhalte der Themen – Ergebnisse eine Expertenbefragung. In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Haupt, J. S.; Nordmeier, V. (2014): Ergebnisse einer Bedarfsanalyse zur unterrichtlichen Aufbereitung der Nichtlinearen Physik. In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Schwarzenberger, P.; Nordmeier, V. (2008): CiPU: „Das ist 'ne Frage der Ökonomie natürlich“ - die konfliktive Dimension. In: Höttecke, D. (Hrsg.): Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. GDCP. Jahrestagung in Essen 2007. Münster: Lit, S. 152–154.

Hannes Sander Universität Hamburg
Dietmar Höttecke

Rekonstruktion der Kontexteinflüsse beim Urteilen und Entscheiden

Zentrale Zielperspektive eines emanzipatorischen naturwissenschaftlichen Unterrichts ist die Förderung einer umfassenden Urteilsfähigkeit von SchülerInnen, die diese befähigt, sich aktiv in gesellschaftliche Diskurse einzubringen. Eine so verstandene Urteilsfähigkeit ist ein zentraler Baustein von Scientific Literacy. Die bisherige Befundlage zum Urteilen und Entscheiden ist jedoch insgesamt heterogen. Sadler (2004) führt dies vor allem darauf zurück, dass den verschiedenen Studien ganz unterschiedlich strukturierte Entscheidungsprobleme zugrunde liegen. Er schlägt deshalb vor, „local issues“ von „general issues“ (ebd., S. 531) zu unterscheiden: *Local issues* sind dicht an den jeweils untersuchten SchülerInnen situierte Entscheidungsprobleme aus ihrem eigenen Umfeld und entsprechend unmittelbaren Konsequenzen für sie selbst. *General issues* betreffen globale Probleme, sodass Handlungen und Konsequenzen größere Kollektive und nicht Individuen oder kleine Gruppen betreffen. Insgesamt deutet sich somit an, dass der Kontext eines Entscheidungsproblems bedeutsam für die Art der Auseinandersetzung mit diesem ist. Dies ist auch aus entscheidungspsychologischer Perspektive besonders im Hinblick auf Zwei-Prozess-Modelle des Urteilens und Entscheidens (Haidt, 2001) plausibel. Haidt geht davon aus, dass Urteile zunächst intuitiv getroffen und erst später rational begründet (und nur selten hierdurch modifiziert) werden. Intuitionen konzipiert Haidt dabei dezidiert als kontextabhängig. Ein Ziel der hier vorgestellten Studie ist es, die eben skizzierte Kontextabhängigkeit näher zu untersuchen.

Stichprobe und Untersuchungsdesign

Im Rahmen eines qualitativen Forschungsprojekts (siehe genauer: Sander & Höttecke, 2015) wurden 29 SchülerInnen in qualitativen, halbstrukturierten Interviews insgesamt vier Audio-Vignetten vorgelegt. Diese wurden theoriegeleitet entwickelt (Sander & Höttecke, 2014) und basieren auf dem von Hößle & Menthe (2013) entwickelten Modell zur Klassifikation von Urteilssituationen. Es wurden somit zwei Audio-Vignetten entwickelt, die *persönliche Urteilssituationen* zeigen (eine konkrete Gruppe von Menschen diskutiert ein Entscheidungsproblem, wobei die direkten, für sie selbst wirksamen Konsequenzen im Mittelpunkt der Vignette stehen) und zwei weitere Audio-Vignetten, die *politische Urteilssituationen* zeigen (eine eher anonyme Gruppe von Experten diskutiert auf politischer Ebene ein Problem, wobei die langfristigen, für andere auftretenden Konsequenzen im Mittelpunkt stehen). Das so entstandene Interviewmaterial wurde mittels der dokumentarischen Methode analysiert (Nohl 2012). Ein Analysefokus lag dabei auf Unterschieden zwischen den beiden Vignettentypen, die im Folgenden jeweils anhand eines Beispiels exemplarisch diskutiert werden, bevor fallübergreifende Tendenzen gezeigt werden.

Der Einfluss des Kontextes: Das Beispiel Cassandra

Cassandra wurde an anderer Stelle bereits ausführlicher interpretiert (Sander & Höttecke, 2015). Bei ihr zeigt sich ein Orientierungsrahmen, der ihre Überlegungen bezüglich aller Vignetten strukturiert und der als pessimistischer Fatalismus bezeichnet werden kann: Die Zukunft wird pessimistisch eingeschätzt, weder die derzeitige Gesellschaft oder Wirtschaft noch die Menschen werden sich zum Besseren wandeln. Die Lage ist aus ihrer Perspektive aussichtslos. Es zeigen sich jedoch einige Unterschiede bei der Auseinandersetzung mit den vier Vignetten: Bei beiden persönlichen Urteilssituationen zeigen sich bei Cassandra

deutlich Geschlechterstereotype, die ihr Nachdenken über die in den Vignetten geschilderten Probleme deutlich beeinflussen. Bezüglich der ersten persönlichen Urteilssituation, in der ein Junge und ein Mädchen darüber diskutieren, wie sie für einen Kurzurlaub von Hamburg nach München kommen, beschreibt Cassandra ihre Sichtweise der beiden Personen:

„[…] sie wirkt ein bisschen naiv, ohne das jetzt böse zu sagen. Er wirkt da eher ein bisschen soliderer, ein bisschen, naja, richtig denkend würd ich mal sagen […]“

Ein fast homologes Muster zeigt sich bei der anderen persönlichen Urteilssituation, in der eine Familie gezeigt wird, die über Möglichkeiten diskutiert, durch Baumaßnahmen Geld zu sparen (z.B. durch Photovoltaikzellen), wobei der Vater eine generelle Ablehnung von Baumaßnahmen äußert, da diese mit ‚Ärger‘ verbunden seien:

„[…] ist ihm alles zu viel, weil er wahrscheinlich der Mann im Haus ist und dann wahrscheinlich diesen ganzen Leid tragen muss, die zwei Frau ((sehr hoch gesprochen)) ja und hier und da ((sehr hoch gesprochen Ende)) und der Mann […] ist ja, es ist ja häufig so, der Mann so Boss […]“

Der Mann wird von Cassandra in den beiden persönlichen Entscheidungssituationen somit als „richtig denkender“ Macher, der die wichtigen Entscheidungen emotionslos trifft, konstruiert. Die Frau bildet in dieser Sichtweise das Gegenteil: Sie wirkt in der Darstellung Cassandras naiv (was sich im zweiten Zitat auch performatorisch durch die gekünstelte, hohe Sprechweise deutlich zeigt), gleichsam das ‚falsch denkendes‘ Gegenstück des Mannes. Bei den politischen Entscheidungssituationen, die ebenfalls Personen beiderlei Geschlechts zeigen, lässt sich dieses geschlechterstereotype Muster nicht finden. Vielmehr lassen sich hier Hinweise darauf finden, dass Cassandras Vorstellung der durch die Person jeweils verkörperten Rolle (z.B. Wissenschaftler, Umweltschützer) ihre Überlegungen beeinflusst. Ebenso werden die politischen Urteilssituationen von Cassandra deutlich als Problem der Politik – und nicht (zumindest auch) als Problem einzelner Bürger gesehen. Bei der Auseinandersetzung mit der ersten politischen Urteilssituation, die eine Diskussion von Experten um ein von der EU-Kommission angedachtes Verbot des Imports von Obst per Flugzeug zeigt, äußert sich Cassandra zur Rolle der Kommission:

„Naja, die europäische Kommission sollte nicht nur darüber diskutieren, sondern auch über andere Dinge diskutieren, die da sehr wichtig sind.“

Deutlich wird hier, dass Cassandra die Rolle der Politik so konzipiert, dass diese über Probleme diskutieren (und eben nicht handeln!) soll. Dieses lässt sich gut innerhalb ihres Eingangs skizzierten Orientierungsrahmens deuten: Da die Welt unabänderlich zugrunde geht, sind gegensteuernde Handlungen wesentlich wirkungslos. Allenfalls das Diskutieren, das Erzeugen von Problembewusstsein scheint somit für Cassandra als Möglichkeit, mit den von ihr wahrgenommenen Problemen umzugehen. Ähnliches lässt sich auch bei der zweiten politischen Urteilssituation zeigen. Diese thematisiert eine Diskussion der Vereinten Nationen über Möglichkeiten des Climate Engineering, also der künstlichen Beeinflussung des Klimas. Bei der Auseinandersetzung mit diesem Problem zeigte sich die hohe Bedeutung des Natur- und Technikbildes für Cassandras Urteil. Dieses führt zu einer spontanen Ablehnung künstlicher Eingriffe insgesamt:

„Wenn ich technische Maßnahmen schon höre! ((Lachen))“

Cassandras Naturbild lässt sich dahingehend rekonstruieren, dass sie die Natur als eher statisch und unabänderlich konzipiert, wobei der Natur dabei eine gewisse Dignität und normative Kraft zukommt (die Natur ist gut). Technik erscheint als Bedrohung der Natur.

Fallübergreifende Tendenzen

Die anhand von Cassandra diskutierten Unterschiede zwischen den beiden Typen von Urteilssituationen ließen sich ebenfalls in vielen weiteren Fällen rekonstruieren und sind deshalb auch über den Einzelfall hinaus bedeutsam. Fasst man die in allen Fällen rekonstruierten Unterschiede bei der Auseinandersetzung mit den Vignetten zusammen, so lässt sich darüber hinaus festhalten:

- Eigene Erfahrungen strukturieren das Urteilen und Entscheiden: Teilweise wurden ganz ähnliche Entscheidungen in der Vergangenheit bereits getroffen, eine erneute Auseinandersetzung der SchülerInnen mit den ihnen vorgelegten Problemen unterbleibt daher. Eigene Erfahrungen schildern die Interviewten dabei vor allem bei den beiden persönlichen Urteilssituationen.
- Eine analytische, nüchtern-distanzierte Auseinandersetzung erscheint vor allem bei der Vignette „Flugobst“ (die, s.o., eine fiktive Anhörung der EU-Kommission zum Verbot des Imports von Obst per Flugzeug thematisiert) möglich. Hier verfügen die Interviewten kaum über eigene Erfahrungen. Zudem wird hier die Beziehung zwischen Mensch, Natur und Technik nicht explizit thematisiert, wie dies bei der anderen politischen Urteilssituation der Fall ist und die analytische, unvoreingenommene Auseinandersetzung – wie am Beispiel von Cassandra gezeigt – verhindert.

Diskussion

Bei der Analyse des Materials zeigten sich Unterschiede bei der Auseinandersetzung mit den verschiedenen Urteilssituationen. Diese ließen sich plausibel auf Inhalte und Kontextmerkmale der verschiedenen Vignetten zurückführen. Es deutet sich an, dass mit vielfältigen Erfahrungen assoziierte Themen eine analytische Auseinandersetzung verhindern und intuitive Urteile provozieren, während solche Themen ohne explizite Bezüge zu eigenen Erfahrungen oder dem eigenen Naturbild diese eher ermöglichen. Je nach didaktischer Zielsetzung (Einübung eines analytischen Kalküls oder Reflexion eigener intuitiver Urteile) scheinen somit verschiedene Themen zielführend. Das der Vignettenkonstruktion zugrunde liegende Modell (Hößle & Menthe, 2013) kann als ein Werkzeug zur Auswahl entsprechender Themen dienen, indem es Klassifikationsmerkmale für Urteilssituationen bereitstellt.

Literatur

Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgement. Psychological Revue, 108 (4), 814-834

Hößle, C. & Menthe, J. (2013). Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung. In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks & C. Hößle (Hrsg.), Handeln in Zeiten des Klimawandels - Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe. Münster: Waxmann, 35-65

Nohl, A.-M. (2012). Interview und dokumentarische Methode. 4. Auflage. Wiesbaden: Springer VS

Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. Journal of Research in Science Teaching, 41(5), 513-536

Sander, H. & Höttecke, D. (2014). Vignetten zur qualitativen Untersuchung von Urteilsprozessen bei SchülerInnen. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG Frühjahrstagung.

Sander, H. & Höttecke, D. (2015). Bewertungskompetenz in der Physikdidaktik: Zwischen Rationalität und Intuition. In A. Budke, M. Kuckuck, M. Meyer, F. Schäbitz, K. Schlüter & G. Weiss (Hrsg.): Fachlich argumentieren lernen. Münster: Waxmann, 167-181

Malte Buchholz
Helen Krofta
Volkhard Nordmeier
Carsten Schulte

Freie Universität Berlin

Kompetenzen für Bildung für Nachhaltige Entwicklung in der ersten Phase der Lehramtsausbildung

Einleitung

Im September 2015 wurden von der UN-Vollversammlung in New York 17 globale Nachhaltigkeitsziele (Agenda, 2030) beschlossen. Damit besteht nach wie vor die Aufgabe, Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) auf allen Ebenen des Bildungssystems zu implementieren. Lehrkräfte müssen bereits im Studium „diejenigen Kompetenzen erwerben, die sie in die Lage versetzen, Fragen einer nachhaltigen Entwicklung inhaltlich und methodisch angemessen sowie didaktisch professionell zu bearbeiten“ (de Haan, 2007, S. 9). Das Konzept *Kompetenzen für Bildung für Nachhaltige Entwicklung* (KOM-BiNE) beschreibt in Form eines Kompetenzmodells Fähigkeiten, die LehrerInnen besitzen müssen, um BNE umsetzen zu können (Rauch et al., 2008).

Im Projekt *BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor* der Freien Universität Berlin wurde ein Konzept entwickelt, wie BNE zur Ausbildung von KOM-BiNE in fachdidaktische Praxisseminare der ersten Phase der Lehramtsausbildung integriert werden kann (Krofta et al., 2015). Zusätzlich wurde das KOM-BiNE-Modell genutzt, um ein Diagnoseinstrument zur Erfassung von KOM-BiNE bei Lehrkräften zu entwickeln. Die Erfahrungen mit dem Modell können nunmehr zu einer konstruktiven Modellkritik genutzt werden.

Im Folgenden werden das KOM-BiNE-Modell beschrieben, die konzeptuelle und inhaltliche Seminargestaltung erläutert, Erkenntnisse über das Modell und die Erfassung der Kompetenzen bei Lehramtsstudierenden vorgestellt.

Hochschuldidaktische Seminargestaltung auf Basis von KOM-BiNE

Unser Konzept zur Einbindung von BNE in die Lehramtsausbildung steht in der Tradition des Forschenden Lernens in der Lehrerbildung (Altrichter & Posch, 2007). Die Entwicklung von KOM-BiNE kann unserer Ansicht nach nicht durch das bloße Lernen über BNE stattfinden (Krofta, 2011). Auch ein reines Umsetzen von bereits vorhandenen BNE-Unterrichtseinheiten ist wenig zielführend. Entscheidend ist, dass die Studierenden am eigentlichen Konstruktionsprozess von Unterricht beteiligt sind. Darüber hinaus müssen sie einüben, Fragen an ihren Unterricht zu stellen, um einen forschenden Blick zu erlangen, der ihnen in der späteren Professionsausübung bei einer erfolgreichen Umsetzung und Weiterentwicklung von BNE hilft. Der Grundgedanke des Praxisseminar-Konzepts ist, Theorie und Praxis nicht in sequentieller Abfolge, sondern gemeinsam zu erleben: Studierende entwickeln in einem zyklischen Prozess theoriegeleitet Unterricht und führen diesen im Lehr-Lern-Labor durch (Hornung & Schulte, 2011).

Die hochschuldidaktische Gestaltung des Seminars basiert auf dem KOM-BiNE-Modell, welches BNE als Aufgabe beschreibt, die nicht nur auf unterrichtlicher, sondern auch auf institutioneller und gesellschaftlicher Ebene stattfindet. Es werden fünf Teilkompetenzen definiert[1]: (1) *Wissen und Können*: bezeichnet die Verbindung aus der Fähigkeit, sich selbst komplexe Nachhaltigkeitsthemen zu erschließen und auf Basis von didaktischen Strategien, BNE-Wissen und -Methoden zu rekonstruieren. (2) *Werten*: bezeichnet das Bewusstsein

[1] Es handelt sich hierbei um eine verkürzte Wiedergabe, die der/m LeserIn ermöglichen soll, den Kontext nachzuvollziehen. Für eine ausführliche Beschreibung siehe: Rauch et al. (2008) und Krofta et al. (2015).

über die eigene Werthaltung und die Fähigkeit, SchülerInnen zu ermöglichen, sich vorurteilsfrei eine Meinung zu bilden. (3) *Fühlen*: bezeichnet eine positive Einstellung gegenüber BNE und die Fähigkeit SchülerInnen zu Partizipation und nachhaltiger Mitgestaltung zu motivieren. (4) *Kommunizieren und Reflektieren*: bezeichnet eine zielführende Kommunikation im Team und die Auseinandersetzung mit dem eigenen Wissen, den eigenen Werten und Gefühlen. (5) *Visionen Entwickeln, Planen und Organisieren, Netzwerken*: bezeichnet die Fähigkeit, BNE-Ziele zu setzen, günstige BNE-Lernumgebungen zu schaffen und sich zu vernetzen. Beim KOM-BiNE-Modell handelt es sich um ein normatives Modell – über Vollständigkeit, Trennschärfe und Zusammenhang der Teilkompetenzen liegen noch keine Erkenntnisse vor. Die Arbeit mit dem Modell zielte im Projekt deshalb nicht nur auf die Umsetzung von BNE mit Studierenden, sondern auch auf die Erkenntnisgewinnung zum Modell selbst. Dies berücksichtigt, dass das Modell von den AutorInnen als „dynamisches und lebendes Konzept“ (Rauch et al., 2008, S. 18) verstanden wird, das sich durch Nutzung in der Praxis weiterentwickeln soll.

Das KOM-BiNE-Konzept wird im Rahmen eines fächerverbindenden Praxisseminars der Didaktiken der Physik und Informatik der FU Berlin zur Förderung von KOM-BiNE bei Studierenden in die Lehramtsausbildung integriert. Im *Praxisseminar Smart Grid* sollen Lehramtsstudierende der Physik und Informatik im Team inhaltlich, methodisch und didaktisch professionell das Nachhaltigkeitsthema *„Stromversorgung der Zukunft“* aufbereiten, einen kompetenzorientierten Unterricht für das Lehr-Lern-Labor planen und diesen auf Basis von Beobachtung, Erfahrung und Reflexion überarbeiten. Der Umfang des Praxisseminars beträgt derzeit 16 Termine. Die Wahl des Seminar- (und damit auch des Unterrichtsthemas) soll auf ein authentisches kontrovers diskutierbares Thema fallen (Marks et al., 2006). Nach der selbstständigen Erschließung des Themenbereichs wählen die Studierenden auf Basis eines BNE-Kompetenzmodells (z. B. Gestaltungskompetenz; de Haan, 2007) Ziele für ihren Unterricht aus, den sie in Kleingruppen planen, an zwei Terminen im Lehr-Lern-Labor umsetzen, in Hinblick auf die gesetzten Ziele beobachten und reflektieren. Hierfür entwickeln sie passende Diagnoseinstrumente. Aus den Beobachtungsergebnissen des ersten Unterrichtstermins ziehen die Studierenden Rückschlüsse für die Umgestaltung des zweiten Termins. Die Dozierenden leisten bei allen Schritten dieses zyklischen Prozesses inhaltliche und methodische Hilfestellungen.

Entwicklung & Diagnose von KOM-BiNE

Die Erfassung des Kompetenzstands der Studierenden wurde anhand einer zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2003) von Portfolios durchgeführt. Die Studierenden sollten die Unterrichtsplanung und Durchführung, sowie die eigene Kompetenzentwicklung im Rahmen eines zehn-seitigen Portfolios reflektieren. Zur Messung des Kompetenzstandes wurden die Portfolios in Sinneinheiten zerlegt und den Teilkompetenzen des KOM-BiNE-Modells zugeordnet. Zur Sicherstellung der Verlässlichkeit der Zuordnungen wurde in mehreren Zyklen (vier Kodiertreffen) ein Kodierleitfaden erstellt. Beide KodiererInnen einigten sich anhand der gefundenen Zuordnungsdifferenzen auf entsprechend ausgeschärfte Kodierregeln. Die Sinneinheiten wurden reduziert und zusammengefasst. Die Teilkompetenzen des KOM-BiNE-Modells wurden in mit Hilfe der SOLO-Taxonomie (Biggs & Collis, 1982) in Stufenmodelle eingeteilt, in die die Aussagen über den Kompetenzstand der Studierenden eingeordnet wurden. So ergibt sich ein Überblick über ihren derzeitigen Kompetenzstand.

Das folgende Beispiel zeigt, dass eine solche Zuordnung jedoch nicht immer eindeutig möglich ist: Ein Student beschreibt in der Reflexion der Unterrichtsplanung, dass die Meinungsbildung von SchülerInnen ergebnisoffen ablaufen müsse. Er erkennt, dass im Sinne des Beutelsbacher Konsens (Wehling, 1977) eine Überwältigung durch die Lehrenden vermieden werden muss. Diese Erkenntnis würde hinsichtlich der Teilkompetenz *Werten* auf

einen fortgeschrittenen Kompetenzstand hindeuten. In der Reflexion des Unterrichts äußert der Student jedoch Enttäuschung darüber, dass die SchülerInnen in Bezug auf Datenschutz eine andere Werthaltung als er selbst einnehmen. Er zieht die Konsequenz, den Unterricht so anpassen zu wollen, dass dieser seiner eigenen Werthaltung zuträglich ist.

Obwohl das Diagnoseinstrument in den meisten Fällen eindeutige Aussagen über den Kompetenzstand der Studierenden zulässt, offenbaren sich vereinzelt Zuordnungskonflikte. Möglicherweise liefern solche Konflikte wertvolle Erkenntnisse darüber, wie sich die vieldiskutierte Kluft zwischen Wissen und Handeln in der Praxis bei Studierenden zeigt. Das explizite Wissen, in diesem Falle über den Beutelsbacher Konsens, kann nicht im direkten Transfer ins Handeln überführt werden (Neuweg, 2007) und bleibt trotz der Praxiserfahrung und Reflexion träge. Es zeigt sich, dass sogar eine reflektierte Praxiserfahrung nicht immer automatisch zum Lernerfolg führt. Aber die DozentInnen erhalten zentrale Hinweise darüber, wie die Studierenden gezielt gefördert und beraten werden können. Es wäre interessant zu wissen, welchen Lerneffekt z. B. die Konfrontation der Studierenden mit uneindeutigen Ergebnissen ihrer eigenen Reflexionsarbeit hätte.

Im Rahmen der Nutzung des KOM-BiNE Modells konnten Erkenntnisse über das Modell selbst gewonnen werden. Es ist sinnvoll für die Diagnose des Kompetenzstands der Studierenden die Kompetenz (1) *Wissen & Können* in drei Teilkompetenzen zu teilen: (1a) Komplexe Nachhaltigkeitsthemen (1b) Unterrichtsmethoden und (1c) Strategien für BNE. Dies stünde im Einklang mit der Einteilung des Lehrerprofessionswissens nach Baumert & Kunter (2006). Die Kompetenz (4) *Kommunizieren und Reflektieren* sollte aufgeteilt werden. Im Rahmen der Kompetenzerfassung der Studierenden zeigte sich, dass sich die Ausprägung der Teilkompetenzen *Kommunizieren* und *Reflektieren* unabhängig voneinander vollzieht. Sie stellen je für sich komplexe Fähigkeiten dar und sollten in universitären Seminaren gezielt gefördert werden.

Literatur

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

Biggs, J.; Collis, K. (1982). Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy, New York: Academic Press.

Altrichter, H. & Posch, P. (2007). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht, Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Haan, G. de (2007) (Hrsg.): Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrerbildung – Kompetenzerwerb für zukunftsorientiertes Lehren und Lernen. – www.transfer-21.de/daten/lehrerbildung/AGL_Strategiepapier.pdf (Stand: 21.09.15).

Hornung, M. & Schulte, C. (2011). ProspectiveTeachers@Research: CS teacher education revised. Proceedings of the 11th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli, Finland), 138 – 143.

Krofta, H. (2011). Das Schülerlabor – ein außerschulischer Lernort mit BNE-Potential. Rostock: Zentrum für Qualitätssicherung (ZQS).

Krofta, H.; Buchholz, M.; Nordmeier, V.; Schulte, C. (2015). BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor – Ein Projekt zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung stellt sich vor. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Beiträge zur Jahrestagung der GDCP in Bremen 2014. Band 35, S. 495-497.

Marks, R.; Bertram, S.; Eilks, I. (2009). Chemiebezogene Bewertungskompetenz. In: Unterricht Chemie 17/94-95. 69-73

Mayring, P. (2003). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, Weinheim: Beltz.

Neuweg, G. H. (2007). Das Schweigen der Könner. Strukturen und Grenzen des Erfahrungswissens. Vortrag an der PH Zürich 16. Juni 2006. 1. Aufl., Linz: Trauner

Rauch, F., Streissler, A. & Steiner, R. (2008). Kompetenzen für Bildung für Nachhaltige Entwicklung (KOM-BiNE) - Konzepte und Anregungen für die Praxis. – ISBN 978-3-85031-110-6.

Wehling, H.-G. (1977): Konsens à la Beutelsbach? Nachlese zu einem Expertengespräch. In: Schiele, S.; Schneider, H. (Hrsg.): Das Konsensproblem in der politischen Bildung, Stuttgart, 173–184

Kornelia Möller[1] [1]Universität Münster
Ilonca Hardy[2] [2]Universität Frankfurt
Peter Labudde[3] [3]Fachhochschule Nord-West-Schweiz
Miriam Leuchter[1] [4]IPN Kiel
Mirjam Steffensky[4] [5]Universität Gießen
Claudia von Aufschnaiter[5] [6]Universität Kassel
Rita Wodzinski[6]

Einführung in das Symposium Stufenübergreifendes Lernen von Naturwissenschaften fördern: Durch abgestimmte Lernmaterialien und begleitende Fortbildungen

Die Förderung anschlussfähiger Bildungsprozesse über Stufenübergänge hinweg ist ein erklärtes bildungspolitisches und pädagogisches Ziel, scheitert allerdings häufig an nicht abgestimmten Lehr- bzw. Bildungsplänen der einzelnen Stufen. So kommt es in den individuellen Bildungsbiographien häufig zu Brüchen bzw. simplen Wiederholungen, was zur Folge hat, dass ein kumulativer Aufbau von naturwissenschaftlichen Kompetenzen nicht stattfinden kann.

Zwei Probleme erschweren eine kontinuierliche Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen: Zwar ist inzwischen auch in Deutschland die Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen bereits im Elementarbereich und im Primarbereich erklärtes Ziel. Anders als z. B. in den angelsächsischen Ländern gibt es aber keine stufenübergreifenden Lehrpläne oder Curricula, sieht man von den bereits verabschiedeten Bildungsplänen für die 1-10jährigen ab (dort ist der Übergang in den Sekundarbereich aber ausgeklammert). Eine Abstimmung zwischen Bildungsinhalten vom Elementarbereich bis hin zum Sekundarbereich fehlt daher auch in der Praxis weitgehend. Zum anderen mangelt es an Kooperationen zwischen den drei Bildungsstufen, da die jeweiligen Akteure aus dem Elementar-, Primar- und Sekundarbereich kaum Berührungspunkte haben. Dieses trifft nicht nur auf Kooperationen vor Ort zwischen den Institutionen der drei Bildungsstufen, sondern auch auf den Fortbildungsbereich zu.

Das von der Deutsche Telekom-Stiftung geförderte Projekt *Spiralcurriculum* und sein Nachfolgeprojekt *MINTeinander* setzen an diesen Problemen an. In einer engen Zusammenarbeit von Experten/innen aus dem Elementar-, Primar- und Sekundarbereich wurde zunächst ein aufeinander abgestimmtes Spiralcurriculum für 4-13jährige Kinder, also für den Kindergarten, den Primarbereich und die Jahrgänge 5-7 des Sekundarbereichs forschungsbasiert entwickelt. Es zielt darauf ab, die Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Anfang an stufengerecht und kontinuierlich über die Übergänge Kindergarten / Grundschule und Grundschule / Sekundarbereich hinweg zu fördern. Dieses Spiralcurriculum wurde anschließend im Folgeprojekt *MINTeinander* mittels stufenübergreifender Fortbildungen in allen drei Bildungsstufen implementiert; dabei sollten die beteiligten Institutionen sowohl zur Umsetzung des Curriculums in ihrer jeweiligen Stufe als auch zu stufenspezifischen und stufenübergreifenden Kooperationen angeregt werden. Inwieweit zur Verfügung gestellte, stufenübergreifend abgestimmte Lernmaterialien sowie begleitende, stufenübergreifende Fortbildungen die Implementation eines Spiralcurriculums sowie die Kooperation in und unter den Bildungsstufen vor Ort zu fördern vermögen, wurde in einer externen Projektevaluation untersucht.

In den Beiträgen des Symposiums werden

(1) Ziele und Struktur des Entwicklungs- und Implementationsprojekts (Möller),
(2) der stufenübergreifende Aufbau inhaltsbezogener Kompetenzen (Steffensky et al.) und
(3) der stufenübergreifende Aufbau prozessbezogener Kompetenzen im Spiralcurriculum Magnetismus (v. Aufschnaiter, Wodzinski, Vorholzer) sowie
(4) das Implementationskonzept und erste Evaluationsergebnisse (Labudde, Souvignier) vorgestellt.

Kornelia Möller Universität Münster

Stufenübergreifendes Lernen fördern – Problem, Ziele, Konzept, Projektaufbau

Naturwissenschaftliche Bildungsziele sind heute in Deutschland in den Lehrplänen des Primarbereichs und auch in den Bildungsplänen des Elementarbereichs fest verankert. Möglichkeiten für eine früh beginnende Förderung kumulativer Lernwege wären daher gegeben. Anders aber als in vielen angloamerikanischen Ländern sind die für die jeweiligen Bildungsstufen formulierten Ziele, angestrebten Kompetenzen bzw. Inhalte kaum untereinander abgestimmt. Eine Durchsicht von Lehr- und Bildungsplänen zeigt verschiedene Probleme auf: So werden z.B. Themen im Elementar- und Primarbereich sowie im Primar- und Sekundarbereich trotz unterschiedlicher Lernausgangslagen in annähernd gleicher Weise bearbeitet (Möller, 2009, 2014). Zudem sind Lehr- und Bildungspläne häufig so allgemein verfasst, dass die in der Umsetzung herrschende Variabilität eine Abstimmung von stufenübergreifenden Lernprozessen erschwert. Auch die Lehreraus- und -fortbildung ist überwiegend stufenspezifisch ausgerichtet und bietet wenig Möglichkeiten, sich über das Lernen und Lehren in der bzw. den angrenzenden Stufen kundig zu machen. Insgesamt scheint das deutsche Schulsystem nicht nur bzgl. der Organisationsform, sondern auch im Hinblick auf die Förderung kumulativer Lernprozesse durch Brüche in den Übergangen zwischen den Bildungsstufen gekennzeichnet zu sein (Möller, Kleickmann & Lange 2012).

Die Idee einer aufeinander aufbauenden Entwicklung von Kompetenzen wird im angloamerikanischen Raum unter dem Konzept der *learning progressions* diskutiert (Alonzo, 2012). Zentrales Ziel ist, einerseits an zuvor erworbene Kompetenzen anzuknüpfen und andererseits Kompetenzen vorzubereiten, auf denen späteres Lernen aufbauen kann. Dieses Anliegen ist aber nicht neu; bereits im Strukturplan für das deutsche Bildungswesen (Deutscher Bildungsrat, 1970) wurde gefordert, den „Verlauf der Lernprozesse (…) über alle äußeren Einschnitte hinweg kontinuierlich zu gestalten“ (ebd., S. 131) und „die Anfänge der Lernprozesse aufzufinden, die sich im Verlaufe einer ständigen Auffächerung und Vertiefung auch auf einer höheren Abstraktionsebene wiederfinden lassen.“ (ebd., S. 133).

Was haben wir in Bezug auf die Förderung eines stufenübergreifenden und kumulativen Kompetenzaufbaus bis heute erreicht? Aus der Forschung liegen nur sehr wenige Befunde aus dem deutschsprachigen Raum vor. In der PLUS-Studie zeigten sich kaum Kompetenzunterschiede zwischen den Jahrgangsstufen der 4. und 6. Klasse beim Thema Aggregatzustände. Für verschiedene Inhaltsbereiche in der Geographie fand Adamina (2008) ebenfalls kaum Unterschiede in den erworbenen Kompetenzen zwischen den Klassenstufen 1, 3, 5 und 7. Auch Ramseier, Labudde und Adamina (2011) konnten in Harmos zwischen dem 6. und 9. Schuljahr nur einen sehr geringen Zuwachs bei den naturwissenschaftlichen Kompetenzen feststellen. Auch wenn es sich bei diesen Ergebnissen nur um Querschnittsbefunde handelt, so lassen sie doch Zweifel an einem kumulativen Kompetenzaufbau aufkommen.
Die von der Deutsche Telekom-Stiftung geförderten Projekte *Spiralcurriculum Magnetismus* und das Folgeprojekt *MINTeinander* setzen an dieser Problematik an. In einer engen Zusammenarbeit von Experten/innen aus dem Elementar-, Primar- und Sekundarbereich wurde zunächst von 2009-2013 ein aufeinander abgestimmtes Spiralcurriculum für 4-13jährige Kinder, also für den Elementarbereich, den Primarbereich und die Jahrgänge 5-7 des Sekundarbereichs forschungsbasiert entwickelt (Hardy & Steffensky, 2013; Möller, Bohrmann, Hirschmann, Wilke & Wyssen, 2013; von Aufschnaiter& Wodzinski, 2013). Die

Entwicklung erfolgte nach dem Prinzip des *design based research*: In einem ersten Schritt wurden fachinhaltliche Analysen sowie die Sichtung der Forschungsbefunde zu Schülervorstellungen durchgeführt und auf dieser Basis ein schrittweiser Aufbau prozess- und inhaltsbezogener Kompetenzen für 4 bis 13Jährige konzipiert. In einem zweiten Schritt wurden Lernangebote für die jeweiligen Stufen iterativ entwickelt, Lernfortschritte und -schwierigkeiten untersucht und die Passung der Lernangebote überprüft. Die Lernangebote wurden zudem von Kita-Fachkräften und Lehrpersonen mehrfach erprobt und unter Nutzung der Rückmeldungen optimiert. In einem dritten Schritt wurden für jede Bildungsstufe Lehr- und Lernmaterialien in Form von Handreichungen und Materialkisten erstellt.

Das Spiralcurriculum zielt darauf ab, eine kumulative Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Anfang an stufengerecht und über die Übergänge Elementarbereich / Grundschule und Grundschule / Sekundarbereich hinweg zu fördern. Den Lehr- und Lernmaterialien liegt ein kognitiv-konstruierendes Lernverständnis zugrunde: Die Berücksichtigung der Interessen der Lernenden, aktive Lernformen, ein forschend-entdeckendes Vorgehen, Lernen in gemeinsamen Gesprächen und durch gemeinsames Handeln sowie problem- und anwendungsorientierte Lernarrangements prägen das Spiralcurriculum auf allen Bildungsstufen (ebd.). Die Rolle der Lehrkraft wird unter Rückgriff auf das Scaffolding-Konzept (van de Pol, 2010) beschrieben: Eine inhaltliche Strukturierung des Lernprozesses durch die begleitende Fach- bzw. Lehrkraft soll die Lernenden in ihren kognitiven Prozessen unterstützen.

Ausgewählt wurde der Inhaltsbereich Magnetismus, da dieser in den Bildungs- bzw. Lehrplänen aller drei Bildungsstufen vorkommt und viele Möglichkeiten für forschend-entdeckendes Lernen auf allen Altersstufen bietet. Die Lernangebote aller drei Bildungsstufen zielen dabei – wie z.B. auch in den amerikanischen Standards des National Research Councils (2013) – auf den Aufbau von inhalts- *und* prozessbezogenen Kompetenzen (vgl. Steffensky und von Aufschnaiter in diesem Band). Nach dem Prinzip der Klassenkisten (Möller 2010) wurde das Curriculum – vor allem im Hinblick auf vorhandene Bedingungen in Kitas und Grundschulen – mit fachinhaltlichen, organisatorischen, didaktisch-methodischen und materialen Hilfen ausgestattet.

In dem Folgeprojekt *MINTeinander* wurde das Spiralcurriculum Magnetismus von 2013 bis 2015 über Fortbildungen in allen drei Bildungsstufen implementiert. Das zugrunde liegende Konzept stützt sich auf Ansätze der Implementationsforschung (Hasselhorn, Köller, Maaz & Zimmer, 2014): 1. Über zur Verfügung gestellte und teilnehmeradäquat gestaltete Lehr- und Lernmaterialien sowie über begleitende Fortbildungsmodule sollen die Teilnehmenden bei der Implementierung des Curriculums in ihrer jeweiligen Stufe unterstützt werden (teilnehmeradäquate Unterstützung); 2. Mentoren/innen in den jeweiligen Bildungsstufen sollen (weiter)qualifiziert werden, um ihr Wissen über das Spiralcurriculum und den Umgang damit im Kollegium und darüber hinaus weiterzugeben (Dissemination); 3. in gemeinsamen Fortbildungsmodulen für Teilnehmende aus allen drei Bildungsstufen soll ein Einblick in die Curricula der vorangehenden bzw. nachfolgenden Bildungsstufe gegeben, die jeweiligen Übergänge in den Blick genommen und die Kooperation in und unter den Bildungsstufen angeregt werden (Kooperation).

Nach einer Ausschreibung durch die Deutsche Telekom Stiftung wurden aus 225 Bewerbungen 24 Kooperationsverbünde aus 14 Bundesländern ausgewählt. Die jeweiligen Verbünde setzten sich aus Institutionen aller drei Bildungsstufen zusammen; jeder Verbund umfasste mindestens je eine Kita, eine Grundschule und eine Schule der Sekundarstufe I. Insgesamt waren 101 Institutionen und 170 Personen beteiligt.

Jede Institution erhielt das jeweilige Handbuch und die entsprechenden Materialkisten; zudem wurden vier jeweils 3tägige Fortbildungen angeboten. Zwei davon richteten sich an Multiplikatoren, die ihre Kompetenzen an andere Einrichtungen ihrer Bildungsstufe weitergeben sollten. Nach einer Einführung in die stufenspezifischen Curricula erhielten alle Teilnehmer auf einer Auftaktveranstaltung Einblicke in die Curricula der anderen Bildungsstufen und hatten Gelegenheiten, in ihren jeweiligen Verbünden die Umsetzung des Curriculums sowie Kooperationen in und zwischen den Bildungsstufen zu planen. Auf einer Folgeveranstaltung berichteten die Teilnehmenden von der Umsetzung des Magnetismus-Curriculums in ihren Bildungsstufen sowie von den erfolgten bildungsstufeninternen und -übergreifenden Kooperationen und Transferaktivitäten. Eine nähere Beschreibung des Fortbildungskonzepts und die Ergebnisse einer externen Evaluation finden sich bei Labudde und Souvignier (in diesem Band).

Die positiven Ergebnisse der Evaluation haben die Deutsche Telekom Stiftung bewogen, das MINTeinander-Projekt auf weitere 100 Institutionen auszuweiten und die Entwicklung und Implementation weiterer Spiralcurricula zu fördern.

Literatur

Adamina, M. (2008). Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu raum-, zeit- und geschichtsbezogenene Themen. Eine explorative Studie in Klassen des 1., 3. 5. und 7. Schuljahres im Kanton Bern. Münster: Westf. Wilhelms-Universität. Verfügbar unter: http://miami.uni-muenster.de/Record/194defe7-7447-4fb3-b822-6b41eaae4cf8

Alonzo, A. C. (2012). Learning progressions: significant promise, significant challenge. ZfE, 15 (1), 95–109.

Aufschnaiter, C. v. & Wodzinski, R. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 3: Sekundarbereich. In der Reihe: Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse. Herausgegeben von K. Möller. Seelze: Friedrich Verlag

Deutscher Bildungsrat (1970): Empfehlungen der Bildungskommission. Strukturplan für das Bildungswesen. Stuttgart: Klett

Hasselhorn, M., Köller, O., Maaz, K. &Zimmer, K. (2014). Implementation wirksamer Handlungskonzepte im Bildungsbereich als Forschungsaufgabe. Psychologische Rundschau, 65, 140-149.

Möller, K. (2009). Was lernen Kinder über Naturwissenschaften im Elementar-und Primarbereich? - Einige kritische Bemerkungen. In R. Lauterbach, H. Giest & B. Marquardt-Mau (Hrsg.), Lernen und kindliche Entwicklung. Elementarbildung und Sachunterricht, S. 165-172. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Möller, K. (2010). Lehrmittel als Tools für die Hand der Lehrkräfte - ein Mittel zur Unterrichtsentwicklung?. Beiträge zur Lehrerbildung, 28(1), 97-108.

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

Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht - Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20 -

Möller, K., Bohrmann, M.; Hirschmann, A., Wyssen, H.-P. & Wilke, T. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich denken und arbeiten lernen - Elementarbereich. Band 2. In der Reihe: Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7 Klasse. Herausgegeben von K. Möller. Seelze: Friedrich Verlag

NRC. (2012). A framework for K-12 science education. Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, D.C: National Academies Press

Ramseier, E., Labudde, P., Adamina, M. (2011). Validierung des Kompetenzmodells HarmoS Naturwissenschaften: Fazite und Defizite. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. S. 7–33

Steffensky, M. & Hardy, I. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich denken und arbeiten lernen - Elementarbereich. Band 1. In der Reihe: Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7 Klasse. Herausgegeben von K. Möller. Seelze: Friedrich Verlag

van de Pol, J., Volman, M. & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher-Student Interaction: A Decade of Research. Educational Psychology Review, 22(3), 271-297

Mirjam Steffensky[1] [1]IPN Kiel
Ilonca Hardy[2] [2]Universität Frankfurt
Kornelia Möller[3] [3]Universität Münster
Claudia von Aufschnaiter[4] [4]Universität Gießen
Rita Wodzinski[5] [5]Universität Kassel

Stufenübergreifender Aufbau inhaltsbezogener Kompetenzen

Das zentrale Ziel des hier beschriebenen Spiralcurriculums (vgl. Möller in diesem Band) liegt auf der forschungsbasierten Entwicklung dreier aufeinander abgestimmter Lernangebote für die Kita, die Grundschule (Klassen 1/2 und 3/4) sowie die Klassen 5-7 der weiterführenden Schulen. Die Lernangebote zielen auf die Entwicklung inhaltsbezogener und prozessbezogener Kompetenzen ab, wobei das Thema dieses Beitrags die inhaltsbezogenen Kompetenzen sind (zu den prozessbezogenen Kompetenzen, siehe v. Aufschnaiter et al., in diesem Band).

Das Thema Magnetismus

Magnetismus wurde als Thema für das Spiralcurriculum ausgewählt, weil es in der überwiegenden Anzahl der Bildungspläne bzw. Kerncurricula für den Elementar-, den Primar- und den Sekundarbereich erwähnt wird. Gleichzeitig kann es in eine Reihe von unterschiedlichen Kontexten eingebettet werden, sodass sich vielfältige und altersgerechte Zugänge zu dem Thema entwickeln lassen. Beispielsweise kennen Kindergartenkinder Magneten von diversen Alltagsgegenständen wie Spiele, Verschlüsse, Kühlschrank-Magneten, die in den Lernangeboten für die Kita genutzt und aufgegriffen werden, gleichzeitig kann das Thema in komplexere technische oder biologische Kontexte eingebettet werden, die für ältere Schülerinnen und Schüler der Grundschule oder der Sekundarstufe angemessen erscheinen, wie der Kompass bzw. der Elektromotor.

Entwicklung der Lernangebote

In einem ersten Schritt wurde die schrittweise Weiterentwicklung der inhaltlichen Kompetenzen im Sinne einer *Learning Progression* (Alonzo, 2012) formuliert, wobei hier nicht die natürliche Entwicklung, sondern die (angenommene) Entwicklung in Abhängigkeit von der Instruktion beschrieben wird. Die Weiterentwicklung bezieht sich dabei zum einen auf die Erweiterung fachlicher Aspekte, in Abbildung 1 durch den vertikalen Pfeil symbolisiert sind.

Wechselwirkung von Magneten mit Materialien			
Wechselwirkung von Magneten untereinander	Kinder geben Beispiele an, in denen ein Magnet über die Distanz bzw. durch einen Gegenstand hindurch wirkt.	Schülerinnen und Schüler stellen einen Zusammenhang zwischen der Stärke eines Magneten und seiner Anziehung über die Distanz her.	Schülerinnen und Schüler benennen Materialien, mit denen sich die Fernwirkung von Magneten abschwächen lässt und stellen einen Zusammenhang zur Anziehung dieser Materialien durch einen Magneten her.
Modellvorstellungen zum Magnetismus			
Erdmagnetismus & Kompass			
Magnetfelder			
Elektromagnetismus			

Abbildung 1: Beispiele für die Weiterentwicklung inhaltsbezogener Kompetenzen beim Thema Magnetismus

So beschränken sich die Aktivitäten im Elementarbereich auf die „Wechselwirkung von Magneten mit Materialien“ sowie die „Wechselwirkungen von Magneten untereinander“, während in der Sekundarstufe auch der „Elektromagnetismus“ und „Magnetfelder“ intensiv behandelt werden. Zum anderen bezieht sich die Weiterentwicklung auf die Entwicklung der Kompetenzen innerhalb eines fachlichen Aspekts (horizontaler Pfeil in Abbildung 1). So differenzieren die Lernenden ihr Wissen („nicht alle Metalle werden von einem Magneten angezogen, sondern nur solche aus Eisen“) und integrieren neue Aspekte („außer Gegenständen aus Eisen werden auch solche aus Kobalt und Nickel von Magneten angezogen“). Im Rahmen dieser schrittweisen Weiterentwicklung sind die Kenntnisse der Lernenden zunehmend generalisierter, also zunehmend weniger an spezifische Kontexte gebunden (Anders, Hardy, Pauen & Steffensky, 2013). Gleichzeitig nehmen auch Erklärungen eine stärkere Rolle ein, während zu Beginn der Lernprozesse in erster Linie das Entdecken und Beschreiben von Zusammenhängen im Mittelpunkt steht (Anders et al. 2013; Harlen, 1996). Diese Zusammenhänge können für Kinder durchaus die Funktion einer Erklärung haben, z. B. die Schraube wird angezogen, weil sie aus Metall ist. Es handelt sich aber weniger um Erklärungen im naturwissenschaftlichen Sinne.

In einem zweiten Schritt wurden dann in einem iterativen Prozess Lernangebote entwickelt, erprobt und weiterentwickelt. Die Erprobungen der Lernangebote wurden durch kleinere Untersuchungen begleitet, in denen z. B. Prä-Post-Interviews sowie Videoaufnahmen der Bearbeitung der Lernangebote analysiert wurden. Die Lernangebote wurden zusätzlich durch pädagogische Fachkräfte in Kitas sowie Lehrpersonen in Grund- und weiterführenden Schulen umgesetzt und deren Rückmeldungen wiederum zur Weiterentwicklung der Lernangebote genutzt. Gleichzeitig sind die in den Erprobungen gewonnenen Erkenntnisse in die Weiterentwicklung der beschriebenen Progression der Kompetenzen eingeflossen. Grundlegend für diese ersten beiden Schritte waren neben den fachlichen Grundlagen zum einen Erkenntnisse aus der Schülervorstellungsforschung (Kircher & Rohrer, 2007), aber auch Erkenntnisse zur Lernunterstützung (z. B. Reiser, 2004).

In einem dritten Schritt wurden zur Unterstützung der Umsetzung Handbücher und Materialkisten für Fachkräfte und Lehrpersonen entwickelt. In den Handbüchern (Steffensky & Hardy, 2013; Möller, Bohrmann, Hirschmann, Wyssen & Wilke, 2013; v. Aufschnaiter & Wodzinski, 2013) werden neben den Beschreibungen der Lernangebote für die einzelnen Bildungsstufen und die verschiedenen inhaltlichen Aspekte Kompetenzen formuliert, die als Indikatoren für das (zunehmende) Wissen zu verstehen sind, Beispiele siehe Abbildung 1.

Überblick über die drei Lernangebote

Das Spiralcurriculum umfasst ein Lernangebot für den *Kindergarten*, wobei hier zwischen einer verkürzten Version für Vier- bis Fünfjährige sowie einer erweiterten Version für Fünf- bis Sechsjährige differenziert wird. In dem Lernangebot wird zunächst eine Vorstellung von Materialien oder Materialklassen (Holz, Plastik, Metall) angebahnt, bevor dann in spielerischer Weise die Wirkung von Magneten auf Gegenstände aus unterschiedlichen Materialien untersucht wird. Ziel ist es dabei, dass die Kinder erkennen, dass lediglich Gegenstände aus Metall angezogen werden, allerdings nicht alle Gegenstände aus Metall angezogen werden. Weiterhin untersuchen die Kinder die Wirkungen von Magneten durch etwas hindurch, einem Phänomen, dass Kinder in vielen Alltagssituationen begegnen, z. B. in Kuscheltieren mit versteckten Magneten in den Pfoten. Die Wechselwirkung zwischen zwei Magneten wird dann anhand von Magnet-Figuren und Magneteisenbahnen thematisiert, wobei es hier lediglich um das Erkunden der Anziehung und Abstoßung geht, die aber nicht systematischer untersucht wird. Auch der Pol-Begriff wird an dieser Stelle nicht eingeführt, da sich die Versuche, diesen in das Lernangebot zu integrieren, als schwierig herausgestellt haben.

Beide darauf folgenden schulischen Lernangebote beginnen mit Wiederholungen, die einerseits dazu dienen, dass das Wissen aktualisiert wird, andererseits aber auch Möglichkeiten zur Diagnose des Lernstandes bieten. Das Lernangebot für die G*rundschule* umfasst einen ersten Teil für die Klassenstufe 1 und 2 und einen zweiten für die Klassenstufe 3 und 4. Im ersten Teil werden bisherige Inhalte erweitert und ausdifferenziert. Inhaltlich neue Aspekte sind die Pole, die die Kinder bei unterschiedlichen Magneten entdecken und markieren. Sie leiten darauf aufbauend auch die Polregel ab. Weiterhin erkunden die Kinder das Phänomen der Magnetisierung und Entmagnetisierung. In der Klassenstufe 3 und 4 beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler mit der Stärke der Anziehung und Verfahren, diese zu bestimmen. Weiterhin stehen die Ausrichtung frei beweglicher Magneten, die Einführung der Begriffe Nord- und Südpol, der Bau eines Kompasses sowie die Erkundung elektromagnetischer Wirkungen sowie der Bau eines Elektromagneten im Mittelpunkt.

Das Lernangebot für die *Klassenstufen 5 bis 7* umfasst fünf Unterrichtssequenzen im Umfang von je einer Doppelstunde. Nach einer Lernstandsdiagnostik werden die vorangegangenen Inhalte auf zwei unterschiedlichen Niveaus wiederholt. Zentrale neue Inhalte sind der Feldbegriff sowie die Abschwächung der magnetischen Wirkung (Sequenz 2). In Sequenz 3 werden Vorkenntnisse zur Ausrichtung von Magneten im Raum mit Blick auf die Unterscheidung magnetischer und geographischer Pole vertieft. Die Einführung des Elementarmagneten-Modells wird anschließend sowohl zur Erklärung der Magnetisierung genutzt, als auch an ihm der Modellcharakter mithilfe zweier verschiedener Darstellungsweisen diskutiert (Sequenz 4). Sequenz 5 erweitert die Kenntnisse über den Elektromagnetismus, in dem die Schülerinnen und Schüler Eigenschaften von Elektromotoren kennen lernen und Bedingungen der Drehung untersuchen.

Literatur

Anders, Y., Hardy, I., Pauen, S., & Steffensky, M. (2013). Zieldimensionen naturwissenschaftlicher Bildung im Kita-Alter und ihre Messung. In Stiftung Haus der kleiner Forscher (Ed.), Bildung von Anfang an: Band 5. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung "Haus der kleinen Forscher". Schaffhausen: Schubi-Verl, 19–82

Alonzo, A. C. (2012). Learning progressions: significant promise, significant challenge. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15, 95–109

Aufschnaiter, C. v. & Wodzinski, R. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 3: Sekundarbereich. In der Reihe: Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse. Herausgegeben von K. Möller. Seelze: Friedrich Verlag

Harlen, W. (1996). The teaching of science in primary schools (2nd ed.). London: David Fulton Publisher

Kircher, E . & Rohrer, H. (2007). Schülervorstellungen zum Magnetismus in der Primarstufe. In M. Hopf; R. Müller & R. Wodzinski (Hrsg.), Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis, 46 – 52

Möller, K., Bohrmann, M.; Hirschmann, A., Wyssen, H.-P. & Wilke, T. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich denken und arbeiten lernen - Elementarbereich. Band 2. In der Reihe: Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7 Klasse. Herausgegeben von K. Möller. Seelze: Friedrich Verlag

Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. Journal of the Learning Sciences, 13, 273-304

Steffensky, M. & Hardy, I. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich denken und arbeiten lernen - Elementarbereich. Band 1. In der Reihe: Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7 Klasse. Herausgegeben von K. Möller. Seelze: Friedrich Verlag

Claudia v. Aufschnaiter[1]
Rita Wodzinski[2]
Andreas Vorholzer[1]

[1]Justus-Liebig-Universität Gießen
[2]Universität Kassel

Stufenübergreifender Aufbau prozessbezogener Kompetenzen

Die Entwicklung von Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen (NAD) wird, neben dem Aufbau fachinhaltlicher Kompetenzen, als ein zentrales Ziel schulischer Bildungsprozesse angesehen (z. B. KMK, 2005). Wie auch für fachinhaltliche Kompetenzen ist es dabei wünschenswert, dass Lerngelegenheiten zu NAD in systematischer Weise über Bildungsstufen hinweg angelegt werden, um einen kumulativen Kompetenzaufbau zu unterstützen. Insbesondere gilt es auf der einen Seite systematisch im Anforderungsniveau steigende Übungsgelegenheiten für zuvor etablierte Kompetenzen zu geben, auf der anderen Seite aber auch das Kompetenzprofil selbst nach und nach auszubauen. Am Beispiel des Themenfeldes Magnetismus wurde von C. v. Aufschnaiter (Uni Gießen), K. Möller et al. (Uni Münster), I. Hardy (Uni Frankfurt), M. Steffensky (IPN Kiel) und R. Wodzinski (Uni Kassel) ein stufenübergreifendes Spiralcurriculum (SP) entwickelt (vgl. Möller in diesem Band), das sowohl inhaltsbezogene Kompetenzen (vgl. Steffensky et al. in diesem Band) als auch prozessbezogene Kompetenzen (NAD) adressiert. Der vorliegende Beitrag skizziert die Entwicklungsschritte für den Bereich der NAD.

Naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen als Lerngegenstand

In einem ersten Entwicklungsschritt wurde der Stand der Forschung und nationale sowie internationale Bildungsvorgaben gesichtet, um einen Überblick über dort beschriebene NAD zu erhalten (z. B. Emden, 2011; KMK, 2005; NRC, 2012). Auffällig dabei war, dass sich die in unterschiedlichen Quellen aufgeführten NAD unterscheiden und auch deren Relevanz für schulische Bildungsprozesse verschieden eingeschätzt wird. Aus der Auflistung in Abbildung 1 betont das NRC (2012) z. B. das Argumentieren (sowie das evidenzbasierte Erklären) und Modellieren, Emden (2011) kommt dagegen zu dem Schluss, dass den NAD (1), (2), (4), (5) und (10) besondere Relevanz zukommt. Die unterschiedlichen Gewichtungen kommen möglicherweise auch durch die Unterscheidung der vier Kompetenzbereiche „Fachwissen“, „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ zustande, die einen spezifischen Zuschnitt der NAD generieren, der für andere Länder nicht üblich ist. In diesem Zuschnitt werden manchmal die stark auf das Experiment orientierten NAD aus dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ins Zentrum gerückt. Aus der Sichtung von Standards und des Forschungsstandes wurden für das SP die in Abbildung 1 dargestellten NAD ausgewählt; es ist dabei zu betonen, dass die Auswahl und Gruppierung nur eine mögliche Auflistung darstellt. Die Auflistung in Abbildung 1 suggeriert zudem, dass die NAD in einer spezifischen Abfolge zu sehen sind, ähnlich einer sachlogischen Anordnung von inhaltlichen Themenbereichen (vgl. Steffensky et al. in diesem Band). Eine solche Abfolge wird z. B. im Rahmen von Experimentierkreisläufen vorgeschlagen: Erst Fragen stellen, dann Hypothesen bilden, dann ein Experiment planen

(1) Fragen stellen
(2) Vermutungen / Hypothesen bilden
(3) Begründen & Argumentieren
(4) Eine Untersuchung planen
(5) Einen Versuch / ein Experiment aufbauen / durchführen
(6) Beobachten
(7) Messen
(8) Dokumentieren / Protokollieren / Daten aufbereiten
(9) Ordnen / Vergleichen / Systematisieren
(10) Interpretieren / Schlussfolgern / Generalisieren
(11) Modellieren
(12) Arbeitsprozesse und -ergebnisse bewerten

Abb. 1: Auflistung von NAD

usw. Hier ist zu betonen, dass aus unserer Sicht im naturwissenschaftlichen Forschungsprozess, den die NAD umfassen sollen, keine strikte Reihenfolge vorgegeben ist (vgl. Höttecke & Rieß, 2015).

In einem SP von zeitlich begrenzter Dauer (z. B. ca. 10 Schulstunden in der frühen Sek. I) können nicht alle NAD *explizit* adressiert werden (für die Notwendigkeit expliziter Adressierung vgl. Vorholzer, 2015). Es stellte sich deshalb im weiteren Entwicklungsprozess die Frage, welche NAD für Kinder aller Bildungsstufen relevant sind und sich auf unterschiedlichen Niveaus erarbeiten lassen. Darüber hinaus wurde geprüft, welche NAD sich besonders gut im Themenfeld „Magnetismus“ anstreben lassen. Für die Sek. I wurde im Anschluss an die anderen Bildungsstufen besonderer Fokus auf (1), (2), (4) und (11) (aus Abb. 1) gesetzt. Diese NAD lassen sich sehr gut zunächst isoliert betrachten und dann schrittweise mit anderen NAD vernetzen, was einem Lernen von schmalen zu breiten Konzepten entspricht (vgl. v. Aufschnaiter, 2003). Die Auswahl spezifischer NAD ist für deren Adressierung im SP, selbst innerhalb nur einer Bildungsstufe, noch nicht ausreichend. Es müssen zu den „Schlagwörtern“ aus Abbildung 1 zunächst die Kompetenzen explizit ausformuliert werden, um einen genauen Zielhorizont zu beschreiben. Solche Kompetenzen sind im SP für die Klassen 5-7 z. B.: (I) Die Schülerinnen und Schüler formulieren Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen (Abb. 1, (1)). (II) Sie entwerfen selbstständig kontrollierte Experimente (Abb. 1., (4)). (III) Sie erklären Beobachtungen durch Modelle (Abb. 1, (11)). Gerade in Forschungszusammenhängen beobachten wir, dass die explizite Ausformulierung der mit NAD einhergehenden Kompetenzen häufig fehlt und sich deshalb eingesetzte Tests und zugehörige Befundlagen nur schwer aufeinander beziehen lassen (vgl. Vorholzer, v. Aufschnaiter & Kirschner, 2015). Selbst wenn Kompetenzbeschreibungen im Sinne von Zielperspektive vorliegen, beschreiben sie nicht hinreichend, was genau die Schüler/-innen verstanden haben müssen, um im Sinne dieser Ziele „kompetent“ zu agieren: Was kennzeichnet ein/e naturwissenschaftliche Frage/Verfahren? (I) Worauf muss bei der Kontrolle von Experimenten geachtet werden? (II) Nach welchen Merkmalen wird ein Modell zur Erklärung ausgewählt? (III) Diese und andere Fragen müssen die Schüler/-innen beantworten können oder zumindest intuitiv zugehörige Antworten erfasst haben, damit ihr Handeln zielgerichtet erfolgen kann. In diesem Zusammenhang beschreiben die NRC (2012) „Scientific Practices“, die Fähigkeiten und Wissen umfassen. Kompetenzen beinhalten somit immer auch Wissensbestände (Konzepte), die für die Planung von Unterricht (re-)konstruiert werden müssen (vgl. v. Aufschnaiter & Hofmann, 2014). Für (II) ist ein zugehöriges Konzept, das im SP für die Klassen 5-7 (Sequenz 2) thematisiert wird, „Naturwissenschaftliche Experimente, in denen immer nur eine Variable verändert wird, nennt man fair.“ Im SP werden, wie auch für die fachinhaltlichen Kompetenzen, immer beide Aspekte von Kompetenz aufgeführt – Wissensbestände, als Fließtext formuliert, und Fähigkeiten, als „Kompetenzen“ bezeichnet (vgl. z. B. v. Aufschnaiter & Wodzinski, 2013, Kapitel 3 sowie die Auflistungen vor jeder Unterrichtssequenz).

Graduierung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen

Im Rahmen eines SP kommt der Graduierung bzw. dem schrittweisen Aufbau von Kompetenzen eine besondere Bedeutung zu (vgl. auch Ansatz der Learning Progressions, u. a. Alonzo, 2012). Es können dabei drei Graduierungsoptionen unterschieden werden (s. a. Diskussion in Vorholzer, v. Aufschnaiter & Kirschner, 2015): (A) Die bereits in einer früheren Bildungsstufe thematisierten NAD werden um andere NAD ergänzt, z. B. wird erst die Beobachtung thematisiert und später das Stellen von Fragen. (B) Gleiche NAD werden in späteren Bildungsstufen erweitert, z. B. müssen die Schüler/-innen zunächst aus Vorgaben auswählen und/oder Fehler darin finden, später dann selbstständig zugehörige Aspekte entwickeln. (C) Die Komplexität der NAD bzw. ihrer Anwendung wird erhöht, z. B. müssen

zunehmend mehr Variablen kontrolliert werden oder der Grad der Unterstützung (auch zusätzliche Hilfen) verringert sich. Im Rahmen des SP wurden Progressionen über die Bildungsstufen hinweg sowohl mit Bezug auf (B) als auch mit Bezug auf (C) angelegt. Auf eine Progression, wie sie in (A) beschrieben wird, wurde verzichtet. Die Beispiele in Tabelle 1 zeigen exemplarisch, wie die Progression für einzelne prozessbezogene Kompetenzen aus dem SP angelegt wurde. Während PK 2 (Abb. 1, (2)) in der Tendenz eher (C) folgt, ist PK 5 (Abb. 1, (5)) eher (B) zuzuordnen. Die Darstellung zeigt aber auch, dass die Graduierung noch nicht ganz systematisch den zuvor genannten Überlegungen folgt, und deshalb sowohl die Modellierung als auch die Umsetzung und empirische Prüfung weiter ausgebaut werden müssen.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5–7
	Die Kinder ...	Die Schülerinnen und Schüler ...	Die Schülerinnen und Schüler ...
PK 2	• äußern Ideen und einfache Vermutungen über ein zu erwartendes Ereignis.	• formulieren Vermutungen zu Fragen oder Beobachtungen. • unterscheiden zwischen Vermutung und einfachem Raten.	• geben selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen und Hypothesen an.
PK 5	• führen einfache Versuche nach Anleitung durch.	• bauen einfache Versuche oder Experimente nach Plan auf. • führen einfache Versuche oder Experimente durch.	• wählen Versuchsmaterial und Geräte sachgerecht aus. • bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf. • führen einen Versuch/ein Experiment sachgerecht durch.

Tab. 1: Beispiele für Graduierung prozessbezogener Kompetenzen im Spiralcurriculum (aus v. Aufschnaiter & Wodzinski, 2013, S. 24f.)

Nature of Science

Im Spiralcurriculum liegt der Schwerpunkt auf den NAD in der Annahme, dass Schüler/-innen diese zumindest in Ansätzen aufbauen müssen, bevor deren Relevanz in den Naturwissenschaften im Sinne von „Nature of Science (NOS)“ thematisiert werden kann. Ähnlich dem Vorgehen für die NAD wurden dennoch zentrale Aspekte von NOS in der Literatur gesichtet und für das Spiralcurriculum beschrieben (u. a. in Anlehnungen an Ledermann, 2007; Neumann & Kremer, 2013). Das Ziel des Spiralcurriculums ist dabei, zumindest punktuell einen Beitrag zu NOS zu leisten, auf eine systematische Graduierung wurde jedoch verzichtet.

Literatur

Alonzo, A. C. (2012). Learning progressions: significant promise, significant challenge. ZfE, 15 (1), 95–109.

Aufschnaiter, C. v. (2003). Prozessbasierte Detailanalysen der Bildungsqualität von Physik-Unterricht: Eine explorative Studie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 9, 105-124

Aufschnaiter, C. v. & Hofmann, J. (2014). Kompetenz und Wissen – Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. MNU, 67 (1), 10-16

Aufschnaiter, C. v. & Wodzinski, R. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 3: Sekundarbereich. In der Reihe: Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse. Herausgegeben von K. Möller. Seelze: Friedrich

Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Berlin: Logos

Höttecke, D., & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. ZfDN, 1-13. doi: 10.1007/s40573-015-0030-z

KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand

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. Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, 831–879

Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. ZfDN, 19, 209–232

NRC. (2012). A framework for K-12 science education. Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, D.C: National Academies Press

Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. v. & Kirschner, S. (2015). Entwicklung und Pilotierung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. ZfDN – im Druck

Vorholzer, A. (2015). Kompetenzmessung und Kompetenzaufbau im Bereich der experimentellen Denk- und Arbeitsweisen. Dissertation am FB 07 der JLU Gießen, zur Einreichung vorbereitet

Peter Labudde[1] [1]Fachhochschule Nordwestschweiz
Elmar Souvignier[2] [2]Universität Münster

Implementierung stufenübergreifender Curricula: Das MINTeinander-Projekt

Das Projekt Spiralcurriculum umfasst im Wesentlichen zwei Teile: einerseits die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien und -konzepten, andererseits deren Implementierung. Letztere fand unter dem vom Geldgeber, der Deutschen Telekom Stiftung, gewählten Namen MINTeinander statt. Die Ziele der Implementation lauteten:
- das Curriculum Magnetismus in den jeweiligen Schulstufen implementieren;
- die Kooperation in und zwischen den Schulstufen aufbauen und pflegen;
- die Curricula und die Kooperation auf weitere Schulen transferieren.

Im Sinne von Spiralcurriculum und Kooperation zwischen den Schulstufen wurden für die Implementation so genannte Verbünde gesucht, d.h. Schulverbünde mit mindestens je einer Kindertagesstätte (Kita), einer Grundschule und einer Sekundarstufe-I-Schule. Auf die Ausschreibung der Deutschen Telekomstiftung meldeten sich 225 Verbünde aus dem gesamten Bundesgebiet für die 24 zur Verfügung stehenden Plätze. Nach einer harten Selektion wurden 24 Verbünde aus 14 Bundesländern aufgenommen. Sie mussten klar definierte Kriterien erfüllen, u.a.: alle drei Schulstufen vertreten, Verbundverantwortliche und Multiplikatoren nominieren, sich für die Teilnahme an Weiterbildungen und Evaluationen verpflichten. Die Größe der Verbünde reichte von nur drei Institutionen umfassenden Verbünden, d.h. eine Kita, eine Grund- und eine Sekundarschule, bis hin zu großen mit über 10 mitwirkenden Kitas bzw. Schulen. Erstere stammten eher aus ländlichen, letztere aus großstädtischen Regionen.

Im Implementationskonzept wurde auf drei Personenkategorien gesetzt: 1. Koordinatoren, welche die Treffen und Arbeiten in einem Verbund koordinierten, 2. Multiplikatoren, die für die Fortbildung von (weiteren) Lehrpersonen verantwortlich zeichneten, 3. Erzieher/innen und Lehrpersonen, welche das Spiralcurriculum in ihren Klassen einsetzten. Zwischen den Kategorien gab es im Einzelfall Überschneidungen, d.h. eine Person konnte alle drei Aufgaben übernehmen.

Das Spiralcurriculum-Team führte vier je dreitägige Weiterbildungsanlässe durch, welche von den Kolleginnen der Universität Münster organisiert wurden und in Münster stattfanden:
- 18.-20.11.2013: Multiplikatoren-Schulung für Kita und 1./2. Klasse (44 Teilnehmende);
- 14.-16.11.2013: Multiplikatoren-Schulung 3./4. Klasse und Sekundarstufe (48 TN);
- 16.-18.01.2014: Auftakt-Veranstaltung für alle beteiligten Personen (156 TN);
- 8.-10.06.2015: Erfahrungsaustausch und Einführung in das Spiralcurriculum "Schwimmen und Sinken" für alle Personen (119 TN).

In den ersten drei Veranstaltungen ging es um folgende Ziele: das Curriculum «Magnetismus» der eigenen Stufe kennenlernen; Einblicke in die Curricula der anderen Stufen erhalten; sich in Wahlangeboten fachlich und fachdidaktisch weiterbilden; die Mitglieder des eigenen Verbundes kennenlernen; für die Implementation der Curricula, Innovationen und Kooperationen gemeinsam konkrete Umsetzungen planen; Anregungen für die Gestaltung von Fortbildungen erhalten (letzteres betraf nur die Multiplikatoren). In Haupt- und Kurzvorträgen, Workshops und Diskussionsgruppen setzten sich die Teilnehmenden mit physikalischen Inhalten auseinander, führten Experimente selbst durch,

diskutierten fachdidaktische und pädagogische Fragen zu forschend-entdeckendem Lernen, Interdisziplinarität, Schüler-Vorwissen und Konzeptwechsel, analysierten mögliche Schwierigkeiten beim Übergang von einer Stufe zur nächsten, planten bezüglich Zielen, Inhalten und Strukturen die weitere Zusammenarbeit im Verbund. Die in den ersten beiden Anlässen ausgebildeten Multiplikatoren wirkten im dritten Anlass bereits als Kursleitende mit, d.h. führten ihre Kolleginnen und Kollegen in das jeweilige Stufen-Curriculum ein.

In der vierten Veranstaltung galt es Rück- und Ausblick zu halten: Wie haben sich die Unterrichtsmaterialien bewährt? Was hat den Lehrenden, was den Lernenden besonders gefallen? Welche Schwierigkeiten traten auf und wie ließen sie sich lösen? Wie haben wir kooperiert? Kam es zu einem Transfer in andere Schulen? Wie wollen wir weiterfahren? Neben diesem Rück- und Ausblick führte das Spiralcurriculum-Team in ein neues Spiralcurriculum "Schwimmen und Sinken" ein, welches im Verlaufe des Schuljahres 2015/16 implementiert werden soll.

Die Deutsche Telekom Stiftung und das Spiralcurriculum-Team legten Wert auf eine unabhängige Evaluation der Materialien und Weiterbildungsveranstaltungen, der Implementation, Kooperation und Transfermaßnahmen. Die Stiftung beauftragte damit eine externe Stelle, die Arbeitseinheit "Diagnostik und Evaluation im schulischen Kontext" an der Universität Münster, konkret den Zweitautor des vorliegenden Beitrags.

Fragestellungen für die Evaluation des Projekts MINTeinander bezogen sich zunächst auf drei Aspekte:
1. Das Fortbildungsangebot selbst.
2. Die unmittelbaren Effekte auf das Handeln der Lehrenden und den wahrgenommenen Lernerfolg der Kinder.
3. Die Kooperationen und Transferaktivitäten.
Darüber hinausgehend wurde (4.) in dem Evaluationsprojekt die Fragestellung untersucht, welche Effekte MINTeinander auf Veränderungen hinsichtlich der Motivation, naturwissenschaftliche Inhalte zu unterrichten und das Kompetenzerleben der Lehrkräfte hat.

An der Befragung, die online vor der Weiterbildungsveranstaltung im Juni 2015 stattfand, nahmen 100 Personen teil – 37 Erzieherinnen und Erzieher sowie 63 Lehrkräfte. Den jeweiligen Bildungsstufen waren 38 (Elementar-), 41 (Primar-) und 21 (Sekundar-) Personen zuzuordnen, davon 53 Multiplikatorinnen und Multiplikatoren sowie 20 Verbundverantwortliche. Der eingesetzte Fragebogen umfasste sowohl in anderen Projekten erprobte Skalen als auch spezifisch auf MINTeinander angepasste Instrumente. In aller Regel wurden 7-stufige Skalen (1=stimme überhaupt nicht zu; 7=stimme voll und ganz zu) verwendet. Als theoretisches Rahmenkonzept wird davon ausgegangen, dass Implementation dann erfolgreich und nachhaltig ist, wenn a) Fortbildungskonzepte und -materialien positiv bewertet werden, diese b) zu konkreten Veränderungen des Unterrichtshandelns führen und die Lehrenden c) positive Effekte bei den Kindern wahrnehmen (als ein Indikator für eine lohnende Veränderung des Unterrichts). Im Resultat werden bei solchermaßen gelingenden Implementationsprozessen d) Veränderungen des Kompetenzerlebens und der Motivation erwartet, die dann wiederum eine Nachhaltigkeit der Implementation befördern. Entlang der oben benannten Fragestellungen sollen in der Folge einige zentrale Ergebnisse der Evaluation dargestellt werden.

Ergebnisse

1. Das Fortbildungsangebot selbst wurde von den Lehrenden ausgesprochen positiv bewertet. Sowohl für die didaktische Qualität der Fortbildungen selbst als auch für die zur

Verfügung gestellten Materialien wurden im Mittel sehr hohe Bewertungen vorgenommen (Fortbildung: Mittelwert = 6.13; Material: M = 6.06). Eine leichte Differenzierung ist hier insofern anzumerken, als die Bewertungen in der Elementar- und der Primarstufe noch etwas höher ausfielen als in der Sekundarstufe.

2. Im Hinblick auf die Implementationstreue, die Veränderung des Lehrendenhandelns und den wahrgenommenen Lernerfolg der Kinder fallen die Angaben der Lehrkräfte ebenfalls positiv aus. Fragen danach, wie eng angelehnt an den vorgegebenen Materialien die Inhalte in den Unterricht übertragen wurden, erfahren eine hohe Zustimmung (M = 5.61), ebenso wie die Feststellung, dass durch die MINTeinander Materialien eine substanzielle Veränderung des eigenen Lehrendenhandelns vorgenommen wurde (M = 5.47). Auf Seiten der Kinder stimmen die Lehrenden ebenfalls weitgehend der Aussage zu, dass eine Verbesserung des Lernerfolgs eingetreten ist (M = 5.42).

3. Zu der Frage, welche und wie viele Kooperationen durch das Projekt angestoßen wurden, geben die Lehrenden im Durchschnitt an, dass mehrmals pro Halbjahr (aber seltener als monatlich) Kooperationen innerhalb der Stufen der eigenen Institution stattgefunden haben. Kooperationen innerhalb der Stufen mit anderen Institutionen und Kooperationen zwischen den Stufen fanden durchschnittlich etwa einmal pro Halbjahr statt.

4. Eine Modellierung der Zusammenhänge zwischen den Befragungsdaten zeigt, dass tatsächlich ein Wirkmechanismus angenommen werden kann, bei dem eine positive Einschätzung der Fortbildung und der Materialien zu einer gelingenden Implementation und einer Veränderung des Lehrendenhandelns führt. Diese wiederum führt zu einer Verbesserung des Kompetenzerlebens im Hinblick auf das Unterrichten naturwissenschaftlicher Inhalte und eine entsprechend erhöhte Motivation. Als wichtiger Einflussfaktor für Kompetenzerleben und Motivation hat sich zudem die wahrgenommene Qualität des Materials erwiesen.

In offenen Kommentaren spiegelt sich ein hohes Maß an Zufriedenheit mit dem MINTeinander Angebot wider. Gleichzeitig wird häufig (kritisch) Bezug auf die schulischen Rahmenbedingungen für Kooperationen und Transferaktivitäten genommen. Mit einer mangelnden strukturellen Unterstützung wird wiederholt begründet, warum solche kollegiale Kooperationen nicht zu einer „alltäglichen Selbstverständlichkeit“ wurden.

Diskussion

Insgesamt lassen sich die Rückmeldungen zu dem MINTeinander Projekt so zusammenfassen, dass Fortbildungen und Materialen als hervorragend bewertet werden, wobei leichte Abstriche bei der Sekundarstufe vorgenommen werden müssen. Die Implementation der Unterrichtskonzepte gelingt und geht mit einer – intendierten – Veränderung des Lehrendenhandelns einher. Der Lernerfolg auf Seiten der Kinder wird positiv bewertet. Auch hier gilt bei allen Aspekten, dass die Effekte in der Sekundarstufe jeweils etwas geringer ausfallen. Kooperationen und Transferaktivitäten finden statt, allerdings liegt eine enorme Streuung zwischen den Verbünden vor. Die Unterstützung von MINTeinander zur Anbahnung solcher Aktivitäten wird als hilfreich empfunden, aber die Einschätzung überwiegt, dass es zusätzlicher – administrativer – Unterstützung bedarf, um Kooperationen dauerhaft zu etablieren. Dass die zur Verfügung gestellten Materialien sehr praxisnah gestaltet sind, hat eine Schlüsselfunktion dafür, dass eine Veränderung des Lehrendenhandelns stattfand, dass eine Verbesserung des Kompetenzerlebens stattfand und dass die Motivation stieg, naturwissenschaftliche Inhalte zu vermitteln.

Wiebke Musold Humboldt-Universität zu Berlin
Burkhard Priemer

Wie bearbeiten Schülerinnen und Schüler Rohdaten aus Experimenten?

Einleitung

In einem Forschungsprojekt wird untersucht, mit welchen Argumentationen Schülerinnen und Schüler eine zuvor aufgestellte Hypothese verwerfen bzw. stützen, wenn experimentelle Daten mit unterschiedlicher Genauigkeit vorliegen. Genauigkeit wird durch die Anzahl an (Nachkomma-)stellen operationalisiert. Dazu wird zusätzlich zu einer Erfassung von bestimmten Argumentationen mit einem geschlossenen Fragebogen (Ludwig & Priemer, 2014) ein Instrument entwickelt, das den Prozess der Be- bzw. Verarbeitung von experimentellen Rohdaten zur Beurteilung der Richtigkeit einer Hypothese erfasst. Es wurden bei einer Vorstudie zur Erprobung des Instruments ca. 60 Schülerinnen und Schüler der 8. Klasse gebeten, in einem strukturierten offenen Antwortformat ihren Datenauswertungsprozess anhand von Messdaten zum Vergleich der Fallzeit beim freien Fall und waagerechtem Wurf schriftlich zu dokumentieren. Zusätzlich wurden Teilgruppen direkt nach der schriftlichen Bearbeitung des Testinstruments interviewt. Dieser Beitrag stellt das Instrument sowie die Ergebnisse der Entwicklungs- und Validierungsstudie vor.

Zielsetzung

Das Instrument zur schriftlichen Erfassung der Bearbeitung von Rohdaten wurde entwickelt, um den wichtigen Schritt von den experimentellen Rohdaten zur Beurteilung der Eingangshypothese genauer aufzulösen. Da keine Testverfahren bekannt waren, die dies leisten können, sollte dies anhand von (teilweise) offenen Antwortformaten explorativ geschehen (vergleiche Masnick & Morris 2002, Engl 2014).

Forschungsfragen

In der Studie wurde untersucht, ob
- der Prozess der Datenbearbeitung mit den vorgegebenen schriftlich auszufüllenden Fragen ausreichend gut erfasst werden kann und, wenn dies der Fall ist,
- welche Tätigkeiten Schülerinnen und Schüler beim Bearbeiten von Rohdaten ausführen und welche Schlüsse sie aus den Ergebnissen ziehen.

Methode

Testkonstruktion Die Schülerinnen und Schüler erhalten eine Form eines Versuchsprotokolls, das teilweise (Fragestellung, Versuchsdurchführung, …) vorausgefüllt ist und zwei Messreihen enthält, die verglichen werden sollen. Die in den ausgefüllten Bereichen gegebenen Informationen stellen sicher, dass die Schülerinnen und Schüler die inhaltlichen Voraussetzungen besitzen, um eine sinnvolle Eingangshypothese abzugeben und diese anhand der experimentellen Messdaten zu beurteilen. Die Items des Instrumentes bestehen aus einer offenen Frage zur Bearbeitung der Daten („Schreibe für einen Mitschüler eine ausführliche Anleitung, wie er beim Auswerten der Daten vorgehen soll, um die Vermutung überprüfen zu können. Führe das beschriebene Vorgehen mit den Messdaten durch.“) und einer Ankreuzmöglichkeit mit angegliederter offener Begründung zur Bewertung der Daten („Bewertest du die Messdaten als genau gleich, ungefähr gleich, deutlich unterschiedlich oder nicht vergleichbar? Begründe.“).
Ablauf Nach Aufwerfen der Fragestellung zu den beiden Fallbewegungen erhalten die Schülerinnen und Schüler drei Eingangshypothesen zur Wahl (Fallzeit bei senkrechtem Fall bzw. waagerechter Wurf größer, kleiner oder gleich), anschließend wird das Experiment

beschrieben, vorgeführt und Messreihen gegeben. Danach folgen die beiden beschriebenen Items und abschließend wird die Eingangshypothese beurteilt (Wechseln oder Beibehalten der Eingangshypothese mit Begründung). Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden zusätzlich zum Protokoll mit n=30 Probanden Interviews geführt, deren Leitfaden sich an den schriftlichen Items orientierte. Die zweite Forschungsfrage wurde durch Kategorienbildung und -auszählung der Schülerantworten zu den schriftlichen Items beantwortet.
Probanden Die Studie fand im Mai 2015 mit zwei Klassen der 8. Klassenstufe (n=60) eines Berliner Gymnasiums statt.
Auswertung Die Auswertung erfolgte gemäß der zwei Fragestellungen: Es wurden zum einen die Items von n=30 Probanden inhaltlich ausgewertet und kategorisiert (Mayring, 2010) und die schriftlichen Antworten mit denen der zugehörigen Interviews verglichen. Zum anderen wurden mit einem aus 30 Fragebögen erstellten Kodiermanual die restlichen 30 Fragebögen durch zwei Beurteiler kodiert. Die Beurteilerübereinstimmung wurde anhand Cohens Kappa berechnet. Dann wurde die Verteilung der gefundenen Kategorien über die gesamten 60 Fragebögen erfasst.

Ergebnisse
Es mussten keine Fragebögen aufgrund offensichtlicher Falschantworten aus der Stichprobe entfernt werden. Der Anteil an unbeantworteten Items war sehr gering, so dass alle 60 Datensätze für den Fragebogen bzw. 30 für das Interview Verwendung finden konnten.
Es zeigte sich im Vergleich von schriftlichen Schülerantworten und den zugehörigen Interviews bei allen 30 Datensätzen eine sehr gute inhaltliche Übereinstimmung. Insbesondere wurden keine relevanten Zusatzinformationen aus dem Interview gewonnen. Des Weiteren zeigte sich, dass der Großteil der Probanden die Items nicht nur verstanden hatte, sondern auch in der Lage war, adäquat schriftlich zu antworten.
Zur Beantwortung der Frage, welche Tätigkeiten Schülerinnen und Schüler beim Bearbeitung der Daten ausführen und welche Schlüsse sie aus den Daten ziehen, werden im Folgenden die Kategorien zu den beiden Items und deren Verteilung vorgestellt.
Zu Item 1 (Bearbeiten der Rohdaten zum Vergleich der beiden Messreihen) konnten zunächst fünf Kategorien gefunden werden. Die Namen der Kategorien beschreiben das von den Schülerinnen und Schülern angewendete Verfahren zur Bearbeitung der Daten. Dabei verteilten sich die Antworten aller 60 Fragebögen folgendermaßen:

Kategorie *(Art der Bearbeitung der Messreihen)*	**Verteilung** **(von 60 Probanden)**
Arithmetisches Mittel bilden	31
Paarweises Vergleichen	6
Unspezifisches Vergleichen	11
Summenvergleich (gesamt)	1
Differenzenvergleich (paarweise)	4
Nicht zuzuordnen	7
Beurteilerübereinstimmung: ***Cohens Kappa = 0, 79***	

Tab. 1: Kategorien und deren Verteilung zum Item 1 zur Bearbeitung der Rohdaten

Zur offenen Begründung der Wahl zu den geschlossenen Antwortoptionen bei Item zwei (Bewertung der Daten als genau gleich, ungefähr gleich, deutlich unterschiedlich und nicht zu vergleichen, jeweils mit Begründung) ergaben sich die folgenden vier Kategorien und die entsprechende Verteilung:

Kategorie *(Begründung für die Bewertung der Daten bezüglich Gleichheit der Messreihen)*	**Verteilung** **(von 60 Probanden)**
Kleiner Unterschied (nicht quantifiziert)	19

Kleine Zeitdifferenz (quantifiziert)	15
Messunsicherheiten (Grund für Unterschied)	8
Offensichtlich (z.B. „Sieht man doch!“)	14
Nicht zuzuordnen	4
Beurteilerübereinstimmung: *Cohens Kappa = 0, 91*	

Tab. 2: Kategorien und deren Verteilung zum Item 2 zur Bewertung der Messdaten

Diskussion

Das schriftliche Protokollverfahren lieferte für die Erfassung des Umgangs mit Messdaten sehr klare Ergebnisse: Die Schülertätigkeiten waren sehr gut zu kategorisieren und lassen vermuten, dass sich diese gut in geschlossenen Items umsetzen lassen. Einige Kategorien (z.B. Summenvergleich) tauchten nur sehr selten auf. Da das Ziel aber war, explorativ zu erfassen, welche Bearbeitungsweisen Schülerinnen und Schüler überhaupt anwenden, ist es sinnvoll, alle Kategorien beizubehalten. Ferner wurden die Kategorien für die Überarbeitung des Begleitinstrumentes nach theoretischen Überlegungen weiterhin um die beiden folgenden Kategorien ergänzt: Median und Modus.

Die Erfassung der Bewertung der Daten lieferte zwar ebenfalls gut einzuordnende Kategorien, diese waren allerdings z. T. inhaltlich voneinander abhängig. Des Weiteren nutzten die Probanden nur zwei der vier Antwortoptionen (Messwerte sind genau gleich, bzw. ungefähr gleich). In den Begründungen wurde deutlich, dass vielen Probanden der Unterschied zwischen der Bewertung der eigentlichen Messdaten und dem Rückschluss auf die zu untersuchenden theoretischen Fallzeiten nicht klar war. Der Schritt von den bearbeiteten Rohdaten hin zu einer Beurteilung bezüglich der Eingangshypothese ist jedoch nicht trivial und viele Schülerinnen und Schüler schlussfolgern mit den verschiedensten Begründungen nicht konform mit ihren aufgearbeiteten Rohdaten (Chinn & Brewer, 1998; Kanari & Millar, 2004; Lin, 2007). Zur Verbesserung der Erfassung muss klarer zwischen der Bewertung der Messdaten und den Rückschlüssen auf theoretische Zusammenhänge unterschieden werden.

Zusammenfassung

Eine schriftliche Erfassung des Prozesses der Datenbearbeitung mit dem vorgestellten Instrument ist gut möglich und eine Umsetzung der gefundenen Kategorien in geschlossene Antwortoptionen voraussichtlich durchführbar. Die Ergebnisse zur Bewertung der Messreihen durch die Schülerinnen und Schüler machen deutlich, dass bei dem vorgestellten Item noch Bearbeitungsbedarf besteht.

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

Engl, L. et al (2014). Entwicklung eines Messinstrumentes zur Erfassung der Protokollierfähigkeit – initiiert durch Video-Items. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, DOI 10.1007/s40573-014-0023-3

Kanari, Z. & Millar, R. (2004). Reasoning from Data: How Students Collect and Interpret Data in Science Investigations. Journal of Research in Science Teaching, 41(7), 748-769

Lin, J.-Y. (2007). Responses to Anomalous Data Obtained From Repeatable Experiments in the Laboratory. Journal of Research in Science Teaching, 44(3), 506-528

Ludwig, T. & Priemer, B. (2014). Ein Instrument zur Erfassung von Argumentationen beim Experimentieren. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 273 - 275). Kiel: IPN.

Masnick, A. M. & Morris, B. J. (2002). Reasoning from Data: The Effect of Sample Size and Variability on Children’s and Adults’ Conclusions. Proceedings of the 24th annual conference of the cognitive science society (S. 634-638). Austin, TX: Cognitive Science Society.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (11. Auflage, erste Auflage 1983). Weinheim und Basel: Beltz-Verlag

Lisa Stinken Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Selbstkonzept von Lernenden beim Abschätzen physikalischer Größen

Studien aus der Physik- und Mathematikdidaktik haben gezeigt, dass sowohl Schüler, wie auch Erwachsene große Defizite beim Abschätzen von physikalischen Größen haben (Crawford, 1952; Corle, 1960, 63; Reys et al., 1982; Hildreth, 1983; Crites, 1992; Joram, 2005). Diese Ergebnisse konnten im Rahmen einer eigens durchgeführten Fragebogenerhebung bestätigt werden. Um anschließend an diese Resultate ein besseres Verständnis für diese Ergebnisse zu gewinnen wurden Schülerinnen und Schüler in einer ergänzenden Interviewstudie Schätzaufgaben hinsichtlich verschiedener in der Sekundarstufe I relevanten physikalischen Größen gestellt. Durch die qualitative Analyse der Interviews können die von ihnen beim Abschätzen verwendeten Strategien identifiziert und nachvollzogen werden. Ebenfalls wurde das Vertrauen der Befragten in ihre eigenen Schätzungen untersucht und die Lernenden verschiedenen Typen von Schätzern zugeordnet.

Studiendesign

In einer Interviewstudie mit bisher 31 Teilnehmern der fünften bis zehnten Klasse wurden den TeilnehmerInnen Schätzaufgaben hinsichtlich verschiedener in der Sekundarstufe I relevanter physikalischer Größen (Masse, Länge, Temperatur, Zeit, Fläche, Volumen, Beschleunigung, Geschwindigkeit und Dichte) gestellt. Dabei wurde ein besonderer Fokus darauf gelegt, dass die zu schätzenden Größen und Objekte aus dem Alltag der SchülerInnen stammen, da bei der Hälfte der TeilnehmerInnen die Gegenstände beim Abschätzen nicht anwesend, bzw. sichtbar waren. Beispiele für verwendete Schätzaufgaben sind:

- Wie lang ist eine Krawatte?
- Wie schwer ist eine Barbiepuppe?
- Wie warm wird ein Knickkissen?

Ziel der Studie ist es zum einen die Strategien, die die SchülerInnen verwenden, zu identifizieren, zum anderen soll das Selbstkonzept der SchülerInnen beim Abschätzen physikalischer Größen analysiert werden. Zu diesem Zwecke wurden die SchülerInnen im Anschluss an jede Schätzung gebeten ihr Vertrauen in ihren Schätzwert auf einer Skala von 1 („ich bin mir überhaupt nicht sicher“) bis 7 („ich bin mir total sicher“) zu bewerten.

Ausgewählte Ergebnisse

Schätzstrategien

Bei der Analyse der Interviews wurde zunächst ein Kategoriensystem aus bereits bekannten Strategien (Forrester, Latham & Shire, 1990; Friebel, 1967; Hildreth, 1983; Joram, Subrahmanyam & Gelman, 1998; Moskol, 1980; O‘Daffer, 1979; Siegel, Goldsmith & Madson, 1982) und neu entdeckten Schätzstrategien entwickelt. Es ergab sich ein Kategoriensystem mit 31 Schätzstrategien, getrennt nach den verschiedenen Anforderungsbereichen. Bei der anschließenden Kategorisierung der Interviews durch zwei unabhängige Rater ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung (Cohens Kappa κ=0,84). Am häufigsten wurden von den SchülerInnen die Strategien *Stützpunkte, Argumentation, physikalische Zerlegung und Berechnung, mentale/reale Messung* und *Grenze(n)* verwendet (Abb. 1). Dabei sind die am häufigsten verwendeten Strategien unabhängig vom Alter der Befragten. Ebenfalls sind die gewählten Strategien bei fast allen untersuchten physikalischen Größen unabhängig von der An- oder Abwesenheit der zu schätzenden Größe. Einzige Ausnahmen bilden die Größen Länge und Fläche: bei Schätzungen dieser Größen treten vermehrt *reale Messungen* auf, wenn die zu schätzenden Objekte anwesend sind.

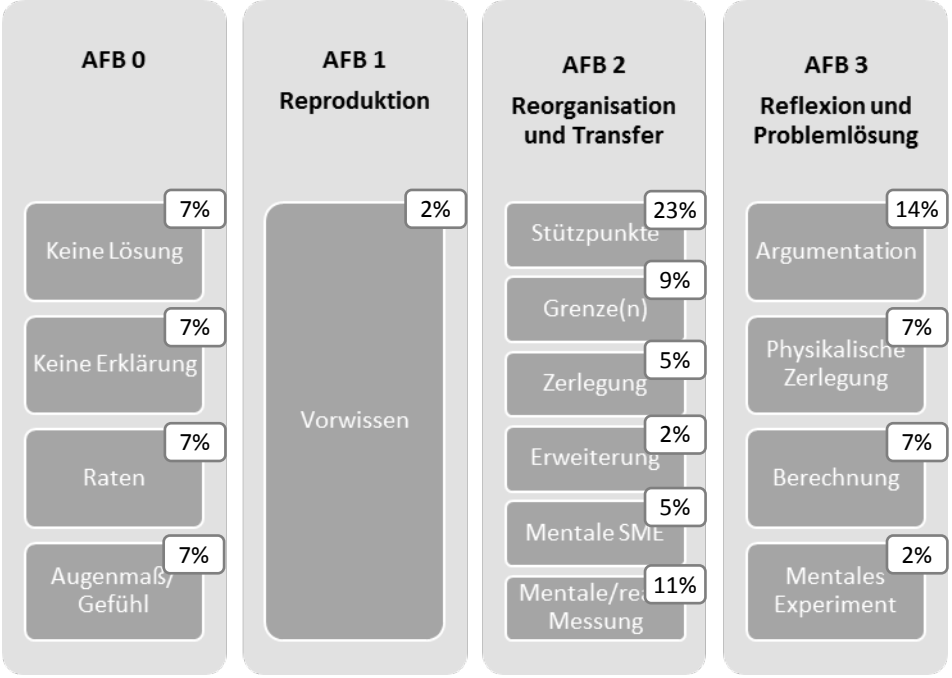


Abb. 1: Schätzstrategien sortiert nach Anforderungsbereichen. Am häufigsten wurden von den SchülerInnen Stützpunkte, Argumentation, mentale/reale Messungen und die physikalische Zerlegung beim Abschätzen verwendet.

Selbstkonzept

Zur Bestimmung des Selbstkonzeptes wurde zum einen die Genauigkeit der Schätzungen im Verhältnis zur zu schätzenden Größe (zsG), wie auch das Vertrauen in den eigenen Schätzwert in drei Kategorien unterteilt:

- geringe Abweichungen, Schätzwert $\in [0{,}67 \cdot zsG; 1{,}5 \cdot zsG]$,
- mittlere Abweichungen, Schätzwert $\in [0{,}5 \cdot zsG; 2 \cdot zsG]$,
- große Abweichungen, Schätzwert $\notin [0{,}5 \cdot zsG; 2 \cdot zsG]$,
- geringes Vertrauen, Vertrauen $\in [1; 3{,}5[$,
- mittleres Vertrauen, Vertrauen $\in [3{,}5; 4{,}5]$,
- hohes Vertrauen, Vertrauen $\in]4{,}5; 7]$.

SchülerInnen, deren Schätzwert nur gering von der zsG abweicht und die gleichzeitig ein hohes Vertrauen in ihren Schätzwert haben, haben nach dieser Einteilung ein adäquates Selbstkonzept. Gleiches gilt für mittlere Abweichungen bei mittlerem Vertrauen und großen Abweichungen bei geringem Vertrauen. Analog kann ein zu niedriges oder zu hohes Selbstkonzept identifiziert werden, wenn das Vertrauen entweder geringer oder höher als die Genauigkeit des Schätzwertes ist. Die Auswertung der Interviews ergab, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler ein zu hohes Selbstkonzept beim Abschätzen physikalischer Größen hat (Tab. 1). Das Vertrauen in die eigenen Schätzungen ist, unabhängig vom Alter, mittel bis hoch. Das geringste Vertrauen geben die SchülerInnen bei Schätzungen zur Geschwindigkeit (Ø=3,5), das höchste bei Schätzungen der Zeit (Ø=5,4) an. Da mit dem Alter der SchülerInnen die Genauigkeit der Schätzungen zunimmt, besitzen ältere SchülerInnen ein realistischeres Selbstkonzept.

	s	m	t	T	A	V	v	F	ρ	a	Ø
Adäquates SK [%]	58	28	23	45	13	38	33	24	35	23	32
zu niedriges SK [%]	19	21	3	36	17	6	28	12	24	23	18
zu hohes SK [%]	23	52	74	19	70	56	39	65	41	54	50

Tab.1:Anteil an SchülerInnen mit adäquatem, zu niedrigem und zu hohem Selbstkonzept getrennt nach physikalischen Größen.

Auch konnte ein Zusammenhang zwischen der An- oder Abwesenheit der zu schätzenden Größe und dem Selbstkonzept identifiziert werden: durch die Anwesenheit der zu schätzenden Größen erhöht sich das Vertrauen in den Schätzwert, die Genauigkeit der Schätzung wird jedoch kaum beeinflusst. Dies führt zu einem erhöhten Selbstkonzept durch die Anwesenheit der zu schätzenden Größe.

Zusammenfassung

SchülerInnen verwenden eine Vielzahl verschiedener Strategien beim Abschätzen physikalischer Größen. Besonders häufig treten *Stützpunkte, Argumentation, physikalische Zerlegung und Berechnung, mentale/reale Messung* und *Grenze(n)* auf. Die gewählten Strategien sind unabhängig vom Alter der Schätzer und bis auf wenige Ausnahmen unabhängig von der An- oder Abwesenheit der zu schätzenden Größe. Ähnliches gilt für das Vertrauen in die eigene Schätzung. Es ist unabhängig vom Alter, wird jedoch im Gegensatz zum Strategieeinsatz durch die physische Anwesenheit der zu schätzenden Größe erhöht. Die Mehrheit der befragten SchülerInnen hat ein zu hohes Selbstkonzept beim Abschätzen physikalischer Größen. Lediglich bei den Größen Länge und Temperatur zeigt ein Großteil der Befragten ein adäquates Selbstkonzept.

Literatur

Corle, C. (1960). A Study of the Quantitative Values of Fifth and Sixth Grade Pupils. The Arithmetic Teacher, 7, 333-340

Corle, C. (1963). Estimates of quantity by elementary teachers and college juniors. The Arithmetic Teacher, 10, 347-353

Crawford, B. & Zylstra, E. (1952). A Study of High School Seniors Ability to Estimate Quantitative Measurements. The Journal of Educational Research, 46, 241-248

Crites, T. (1992). Skilled and Less Skilled Estimators' Strategies for Estimating Discrete Quantities. The Elementary School Journal, 92, 601-619

Forrester, M., Latham, J. & Shire, B. (1990). Exploring Estimation in Young Primary School Children. Educational Psychology, 10, 283-300

Friebel, A. (1967). Measurement understandings in modern school mathematics. The Arithmetic Teacher, 14, 476-480

Hildreth, D. (1983). The Use of Strategies in Estimating Measurements. The Arithmetic Teacher, 30, 50-54

Joram, E. Subrahmanyam, K. & Gelman, R. (1998). Measurement Estimation: Learning to Map the Route From Number to Quantity and Back. Review of Educational Research, 68, 4013-449

Joram, E., Gabriele, A. Bertheau, M., Gelman, R. & Subrahmanyam, K. (2005). Children's Use of the Reference Point Strategy for Measurement Estimation. Journal for Research in Mathematics Education, 36, 4-23

Moskol, A. E. (1980). An exploratory study of the processes that college mathematics students use to solve real-world problems. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Maryland, Maryland.

O‘Daffer, P. (1979). A Case and Techniques for Estimation: Estimation Experiences in Elementary School Mathematics—Essential, Not Extra! The Arithmetic Teacher, 26, 46-51

Reys, R., Rybolt, J., Bestgen, B. & Wyatt, J. (1982). Processes Used by Good Computational Estimators. Journal for Research in Mathematics Education, 13, 183-201

Siegel, A., Goldsmith, L. & Madson, C. (1982). Skill in Estimation Problems of Extent and Numerosity. Journal for Research in Mathematics Education, 13, 211-232

Oxana Korsak[1]
Sascha Bernholt[2]
Matthias von Arx[1]

[1]Pädagogische Hochschule FHNW, Basel
[2]IPN Kiel

Empirische Überprüfung eines Modells zur Aufgabenschwierigkeit im Kompetenzbereich "Ordnen, Strukturieren, Modellieren" in der Chemie

Hintergrund und Fragestellung

In der Schweiz stellt sich genauso wie in vielen anderen Ländern die Frage, wie das Erreichen von Standards überprüft werden kann (Bernholt, Neumann, & Nentwig, 2012). Für die Schweiz sind von der Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK) auf Basis des HarmoS Kompetenzmodells für die Naturwissenschaften (Konsortium, 2008) im Jahr 2011 verbindliche Grundkompetenzen (also Basisstandards) festgelegt worden (EDK, 2011). Die damit verbundene Aktzentverschiebung in Richtung Kompetenzorientierung bringt die Schwierigkeit mit sich, dass bestehende, etablierte Tests nur bedingt für eine Überprüfung der Grundkompetenzen geeignet sind, da sie meist auf die Überprüfung von Fachwissen bzw. Konzeptverständnis ausgerichtet sind.

Im hier beschriebenen Projekt wird deshalb versucht, ein neues Testinstrument zu entwickeln, das in der Lage ist, den Kompetenzbereich "Ordnen, Strukturieren, Modellieren" für die chemiespezifischen Inhaltsbereiche der Sekundarstufe I zu erfassen und Informationen zur Reliabilität und Validität eines solchen Testinstruments zu gewinnen. Zu diesem Zweck wurde das Modell MHC-OSM (Model of Hierachical Complexity für "Ordnen, Strukturieren, Modellieren") entwickelt (von Arx & Bernholt, 2015). Dabei wurden Vorarbeiten zur empirischen Validierung eines Modells hierarchischer Komplexität (Bernholt, Parchmann, & Commons, 2009; Commons, Trudeau, Stein, Richards, & Krause, 1998) mit theoretischen Überlegungen zum chemischen Dreieck nach Johnstone (1982, 2000) verknüpft. Auf diese Weise entstand das Modell mit einer Kompetenzvorstufe und vier Kompetenzstufen:

- OSM-0: isoliertes Faktenwissen
- OSM-1: Ordnen
- OSM-2: Strukturierung 1. Ordnung
- OSM-3: Strukturierung 2. Ordnung
- OSM-4: Modellieren.

Diese beschreiben Aspekte des Ordnens, Strukturierens und Modellierens für alle Inhaltsbereiche der Chemie und dienen als normatives Bezugsmodell für die empirische Überprüfung.

In der Folge werden die Ergebnisse der Pilotierung vorgestellt, in welcher untersucht wurde, inwieweit die Testergebnisse einer Stichprobe in einem Multiple Choice Test das Modell MHC-OSM abbilden.

Methode

Zu diesem Zweck wurden aus in der Literatur beschriebenen Chemietests die Multiple-Choice-Single-Select Items ausgewählt und teilweise leicht überarbeitet, die den Themenbereich "Stoffe, Stoffeigenschaften und Stoffveränderungen" abdecken. So entstand ein Test, bestehend aus 21 Aufgaben, welcher auf einer Online-Plattform mittels der Unipark-Software (http://www.unipark.com) zusammengestellt wurde. Jede Kompetenzstufe beinhaltete etwa gleich viele Items. Bei der Testdurchführung wurden die Aufgaben in zufälliger Reihenfolge angeboten, so dass jede OSM-Stufe unabhängig vom zeitlichen Verlauf bearbeitet werden konnte. Die Testzeit wurde auf 30 Minuten begrenzt. Die Stichprobe für die Pilotierung bestand aus N=171 Schülerinnen und Schüler der 8. und 9.

Jahrgangsstufen von allen Schultypen der Nordwestschweiz. Die einzige Voraussetzung für die Klassenauswahl war, dass die Schülerinnen und Schüler bereits das obengenannte Thema im Unterricht bearbeitet hatten.

Ergebnisse

Um zu untersuchen, inwieweit Multiple Choice Aufgaben den Kompetenzbereich OSM erfassen, wurden die erhobenen Daten unter Verwendung des dichotomen Raschmodells analysiert. Die Ergebnisse sind Abbildung 1 dargestellt. Die Normalverteilung auf der *Persons-Items-Map* wies darauf hin, dass die Aufgaben das Modell insgesamt gut abbilden konnten. Dabei zeigte sich, dass alle Aufgaben die üblichen Kriterien für eine gute Modellpassung (.8 < weighted MNSQ < 1.2 bzw. T < 2.0) erfüllten. Es fällt aber auf (wright map, links in Abbildung 1), dass die Mehrheit der Aufgaben aus unterschiedlichen OSM-Stufen im mittleren Bereich liegt und die einzelnen Stufen nicht voneinander getrennt sind. Dies wird durch den Boxplot (Abb.1, rechts) bestätigt. Einzig die Kompetenzstufen OSM-0 und OSM-4 sind gut voneinander getrennt. Zwischen Stufen OSM-1, OSM-2 und OSM-3 ist keine Diskriminierung festzustellen. Ausserdem fällt die große Streuung innerhalb aller Stufen auf.

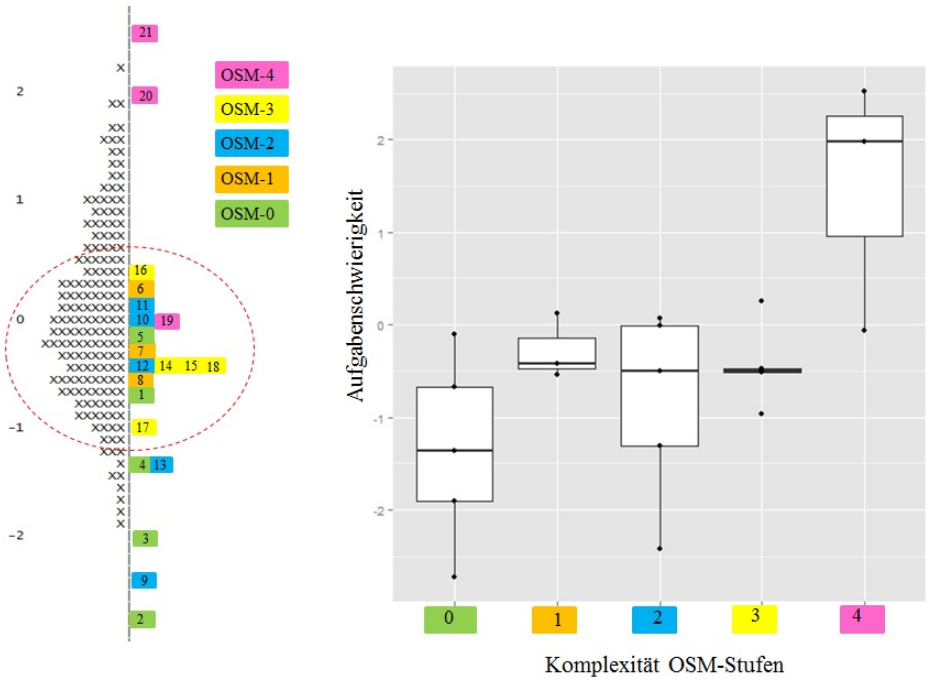


Abb.1: Ergebnisse des Multiple Choice-Tests: Wright Map (links) und Boxplot der Aufgabenschwierigkeiten pro Komplexitätsstufe des OSM-Modells (rechts). Jedes Kreuz (X) auf der Wright Map entspricht einer Person.

Diskussion

Die ersten Ergebnisse der Pilotierung haben gezeigt, dass die weitgehend aus anderen Tests übernommenen Multiplen Choice Aufgaben in der Lage waren, das Fähigkeitsspektrum der Stichprobe abzubilden. Allerdings wurden anhand der Rasch-Analyse einige Probleme in Bezug auf das Testinstrument sichtbar: sowohl die Schwierigkeit der Differenzierung der Stufen OSM-1 bis OSM-3 als auch die große Streuung innerhalb der Stufen. Deswegen

werden die einzelnen Aufgaben für die Hauptstudie unter besonderem Augenmerk auf verschiedene schwierigkeitserzeugende Merkmale überarbeitet und weitere Aufgaben neu entwickelt. Dabei wird vor allem auf drei Aspekte geachtet. Erstens müssen alle Distraktoren eines Items derselben OSM-Stufe angehören. Zweites sollen Modelltrivialisierungen durch die verwendeten Teilchenbilder vermieden werden. Drittens werden Items eliminiert, die klassische Fehlvorstellungen beinhalten. Das überarbeitete Testinstrument wird dann in der Hauptstudie einer größeren Zahl von Schülerinnen und Schülern vorgelegt. Zudem wird durch die "Methode des Lauten Denkens" untersucht, welche kognitiven Prozesse die Auswahl einer bestimmten Antwortoption beeinflussen.

Literatur

Bernholt, S., Neumann, K., & Nentwig, P. (2012). *Making it tangible: Learning Outcomes in science education*. Münster: Waxmann.

Bernholt, S., Parchmann, I., & Commons, M. L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15*, 219-245.

Commons, M. L., Trudeau, E. J., Stein, S. A., Richards, F. A., & Krause, S. R. (1998). Hierarchical Complexity of Tasks Shows the Existence of Developmental Stages. *Developmental Review, 18*(3), 237-238.

EDK. (2011). *Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften - Nationale Bildungsstandards*. Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren.

Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review, 64*, 377-379.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 1*(1), 9-15.

Konsortium. (2008). *Harmos Naturwissenschaften+ - Wissenschaftlicher Schlussbericht*. Bern: Schweizerische Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren.

von Arx, M., & Bernholt, S. (2015). Ein Kompetenzstrukturmodell für den Handlungsaspekt „Ordnen, Strukturieren, Modellieren“ im Fach Chemie. *Perspecives in Science - Progress in Science Education, 2*.

Nina Skorsetz[1 + 2]
Manuela Welzel-Breuer[1]

[1]Pädagogische Hochschule Heidelberg
[2]Forscherstation gGmbH

Aufmerksamkeit von Vorschulkindern beim strukturierten Explorieren

Welches sind die Gründe dafür, dass sich einige Menschen mehr für Naturwissenschaften interessieren als andere? Ein möglicher Erklärungsansatz ist die Empathisierer-Systematisierer-Theorie von Baron-Cohen (2002, 2009). Sie besagt, dass alle Menschen einen sogenannten Brain Type haben und somit entweder Systematisierer oder Empathisierer sind. Sie orientieren sich entweder eher an Strukturen oder an Mitmenschen (vgl. dazu Skorsetz & Welzel-Breuer, 2014).
Zeyer erweiterte diese Erkenntnis, indem er in seiner Studie zeigte, dass eigentlich nur der Brain Type „Systematisierer" einen Einfluss darauf hat, ob jemand sich für Naturwissenschaften interessiert. Um auch die Empathisierer für Naturwissenschaften zu motivieren, schlägt er vor, den Unterricht anders zu organisieren. Dies ginge durch first-person-perspectives und context-based-approaches, d.h. durch Zugänge, die eine persönliche Ebene beinhalten. Zudem schlägt er vor, den Unterricht auch didaktisch-methodisch anzupassen, wie z. B. durch den Besuch außerschulischer Lernorte, durch fächerübergreifende Projekte und z. B. Pflegepatenschaften für Tiere (Zeyer, 2013, S.1062).
Im Kindergarten bereiten die pädagogischen Fachkräfte in vielen Fällen naturwissenschaftliche Lernumgebungen in Form von so genannten Lernangeboten vor. Diese sind mehr oder weniger stark im Ablauf strukturiert und an der Sache orientiert.
In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, ob es tatsächlich Unterschiede in der Motivation gibt, je nachdem welcher Grad der Strukturierung Kindern mit unterschiedlichem Brain Type in der Lernumgebung angeboten wird. Wir gehen also der Frage nach, ob sich auch Empathisierer für Naturwissenschaften begeistern können, wenn sie ihnen auf die für sie ansprechende Weise angeboten werden.

Strukturierte Lernumgebungen und Aufmerksamkeit

In der Literatur finden sich verschiedene Beispiele für mehr oder weniger stark strukturierte Lernumgebungen. Fthenakis geht von der Grundlage aus, dass das Kind in Ko-Konstruktion mit anderen neues Wissen konstruiert. Er verweist dabei z. B. auf Lück (2003), die eine vorstrukturierte Experimentierreihe mit anschließender Deutung vorschlägt. Hier werden den Kindern die Materialien vorbereitet angeboten und der Ablauf der Exploriersituation entweder durch die Erzieherin oder eine gezeichnete Anleitung vorgegeben.
Wenn wir in einer Lernumgebung herausfinden wollen, ob die Kinder motiviert dabei sind, stehen wir vor der Herausforderung, dass sich das nicht direkt beobachten lässt (Barth, 2010). Wir beziehen uns hier theoretisch darauf, dass Motivation ein interner Zustand ist, der das Verhalten von Kindern hervorruft, leitet und aufrechterhält (Glynn & Koballa, 2006, S. 25).
Eine mögliche, beobachtbare Verhaltensweise ist die Dauer der Aufmerksamkeit, die die Kinder der Lernumgebung zuwenden. Hüther argumentiert dazu: *„Aufmerksamkeit ist das Tor zum Lernen. Wer etwas lernen will, muss seine Aufmerksamkeit fokussieren, also die Bedeutung anderer Reize – z. B. den Sitznachbarn, das Handy, den Ohrring der Lehrerin, den vorbeifahrenden Bus – reduzieren. Die Entscheidung sich zu konzentrieren, liegt beim Lerner selbst …" (Hüther, 2010; zit. nach Richter, 2015).*
Wenn wir davon ausgehen, dass jemand motiviert ist, wenn er aufmerksam der Situation folgt, müsste die Aufmerksamkeitsspanne von Kindern in Lernumgebungen, die nicht ihrem Brain Type entsprechen, kürzer sein als in solchen, die ihm entsprechen.

Folgende übergeordnete Forschungsfrage ergibt sich aus diesen Überlegungen: Welche aufmerksamkeitsbezogenen Reaktionen zeigen getestete Empathisierer- und Systematisierer-Kinder in einem spezifisch "systematischen" und "empathischen" Zugang? Deshalb wollen wir in einem ersten Schritt, die Blickrichtung und die Dauer des Blicks der Kinder beim Experimentieren bzw. Explorieren erfassen. Für die Pilotstudie I, die im Frühjahr 2015 durchgeführt wurde, ergibt sich folgende enger gefasste Forschungsfrage: Zeigen die Empathisierer- und Systematisierer-Kinder unterschiedliches Verhalten bezogen auf die Aufmerksamkeit in einer eher systematischen Lernumgebung?

Vorgehen

Um herauszufinden, ob Brain Types sich auf das Aufmerksamkeitsverhalten in naturwissenschaftlichen Lernumgebungen auswirken, wurde der in der Literatur vorliegende E-S-Fragebogen (Auyeung, Wheelwright et. al., 2009) von uns ins Deutsche übersetzt, kommunikativ validiert und nach einem Pretest mit der Mutter eines Vorschulkindes überarbeitet. Dann wurde der Fragebogen im Rahmen der Pilotstudie I bei 24 Vorschulkindern getestet. Bei der statistischen Auswertung ergaben sich hohe Korrelationen: Cronbachs Alpha für die Empathisierer-Items $\alpha=0.81$ und für die Systematisierer-Items $\alpha=0.61$.

Für das erste Lernangebot, das in den Kindergärten durchgeführt werden sollte, wurden zunächst die in der Literatur beschriebenen Systematisierer-Eigenschaften gefiltert und ein von Lück (2007) beschriebenes Experiment mit dem Titel „Was ist saugfähig?“ ausgewählt. Dabei gehen die Kinder nach gezeichneter Anleitung vor und vergleichen die Saugeigenschaften von Superabsorberkristallen aus Babywindeln, mit denen von Watte und Alufolie. Eigenschaften, die den Systematisierern zugeschrieben werden, kommen hier in besonderem Maße zum Einsatz, wie z. B. der Umgang mit Anleitungen und das Sortieren von Dingen (hier: die drei Materialien nach dem Umfang ihrer Saugfähigkeit aufreihen). Für die Durchführung des Lernangebots konnte eine Studentin gewonnen werden, die bereits eine Erzieherausbildung absolviert hat. Um zu gewährleisten, dass die Lernangebote für alle Gruppen möglichst ähnlich ablaufen, wurde ein „Drehbuch“ erstellt, das der Studentin sowohl Handlungs- als auch Sprechanweisungen vorgibt. Nach der Erprobung in einem weiteren Kindergarten wurde dieses noch einmal überarbeitet.

Die Kinder, deren Brain Type mit dem Fragebogen erfasst wurde, nahmen dann in Vierergruppen an dem eher strukturierten naturwissenschaftlichen Lernangebot teil und wurden dabei videographiert. Zum jetzigen Zeitpunkt wurde mit 22 Vorschulkindern in drei Kindergärten in der Metropolregion Rhein-Neckar das systematische Treatment umgesetzt.

Mithilfe des Programms „Videograph“ (Rimmele, 2012), wurden folgende acht Beobachtungskriterien zur Blickrichtung des Kindes induktiv gebildet: 1. Blick zur Erzieherin 2. Blick zu anderen Kindern 3. Blick auf das Experimentiermaterial 4. Blick zum Beobachter bzw. in die Kamera 5. Blick im Raum umher 6. Blick auf Material, das gerade nicht zum Experimentieren genutzt wird 7. Blickrichtung nicht erkennbar 8. Sonstiges.

In einem weiteren Schritt wurden die Kategorien 4., 5. und 6. zu der neuen Kategorie „Aufmerksamkeit/ Ablenkung“ zusammengefasst.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Bei der Auswertung der Fragebögen ergibt sich statistisch eine Normalverteilung der Brain Types. Schaut man sich jedoch die Verteilung der Werte in der Originalstudie an, sieht man, wie in Abb. 1 dargestellt, dass die Extremwerte (EE=Extreme Empathisierer und ES=Extreme Systematisierer) nicht erreicht werden.

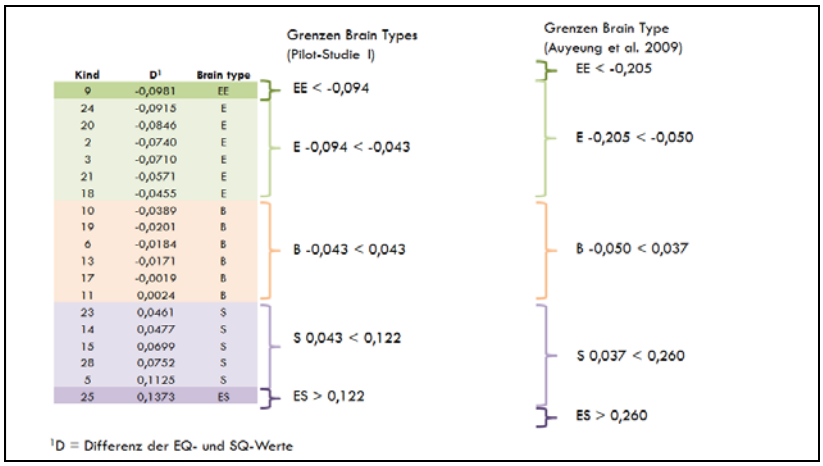


Abb. 1: Verteilung der Brain Types Pilot-Studie I im Vergleich mit den Literaturwerten

Nach der Auswertung der Videodaten in Bezug auf die Blickrichtung der Kinder in der systematischen Lernumgebung, sieht man im Vergleich der beiden Kinder mit den extremen Brain Types durch in Augenscheinnahme, dass es durchaus Unterschiede bei den Blickfoci und der Blickdauer gibt.

Fasst man jedoch die Mittelwerte der der drei Gruppen (Empathisierer, Balanced, Systematisierer) zusammen, ergeben sich nach Berechnung der Korrelationen keine signifikanten Unterschiede im Aufmerksamkeitsverhalten.

Dies kann nach unserer Einschätzung verschiedene Ursachen haben. Eventuell bringt eine Befragung der Erzieherinnen zu den Brain Types der Kinder ein klareres Bild. Möglichweise ist das Setting auch in vielen Teilen doch empathischer ausgefallen, als geplant. Es wäre aber auch möglich, dass allein die Erfassung der Blickrichtung noch zu wenig Auskunft über die wirkliche Motivation der Kinder gibt. Deshalb wird als nächstes folgende Forschungsfrage in unserem Fokus stehen: Inwiefern unterscheidet sich die Qualität der Aktivität/Engagiertheit von Empathisierer- und Systematisierer-Kindern in unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Lernumgebungen? Dieser Frage soll über eine Videoanalyse mithilfe der Leuvener Engagiertheitsskala (Laevers, 2007) nachgegangen werden.

Literatur

Auyeung, B.; Wheelwright, S.; Allison, C.; Atkinson, M.; Samarawickrema, N.; Baron-Cohen, S. (2009). The Children's Empathy Quotient and Systemizing Quotient: Sex Differences in Typical Development and in Autism Spectrum Conditions. In: Journal of Autism and Developmental Disorder, 39 (11)

Baron-Cohen, S. (2009). Autism: The Empathizing-Systemizing (E-S) Theory. In: Annals of the New York Academy of Sciences, Bd. 1156, 68–80

Barth, C. B. (2010). Kompetentes Diagnostizieren von Lernvoraussetzungen in Unterrichtssituationen. Eine theoretische Betrachtung zur Identifikation bedeutsamer Voraussetzungen. Weingarten: Pädagogische Hochschule Weingarten

Laevers, F. (2007). Die Leuvener Engagiertheitsskala. LES-K (2. Aufl.). Erkelenz: Klara Schlörner

Lück, G. (2007). Forschen mit Fred. Naturwissenschaften im Kindergarten. Oberursel: Finken

Richter, R. (2015). Nutzt die Phänomene! Unterricht Biologie (401), 2–5

Rimmele, R. (2012). Was ist Videograph? Kiel. http://www.ipn.unikiel.de/aktuell/videograph/videograph.pdf

Skorsetz, N. & Welzel-Breuer, M. (2015). Naturwissenschaftliche Lernumgebungen für Systematisierer und Empathisierer. In S. Bernholt (Hrsg.). Heterogenität und Diversität. Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Bd. 35), S. 591–593. Kiel: IPN

Zeyer, A.; Çetin-Dindar, A., Nurulazam Md Z., Ahmad; Juriševič, M.; Devetak, I.; Odermatt, F. (2013). Systemizing: A Cross-Cultural Constant for motivation to Learn Science. In: Journal of Research in Science Teaching 50 (9), 1047–1067

Marcel Bullinger PH Ludwigsburg
Erich Starauschek

Fördert instrumentelles Handeln das Physiklernen in der Primarstufe? – Ergebnisse einer Pilotstudie –

Einleitung, Stand der Forschung und Forschungsfrage

Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht wird nach wie vor ein handlungsorientierter Unterricht gefordert. Der Begriff der Handlungsorientierung wird jedoch unscharf verwendet. Die Handlungsorientierung kann im naturwissenschaftlichen Sachunterricht z.B. als ein Lernen durch instrumentelles Handeln bestimmt werden – d.h. ein Lernen durch die zielgerichtete Manipulationen von realen Objekten (vgl. Möller, 2007; Wöll, 2011). Wird das instrumentelle Handeln mit ‚hands-on activities' oder ‚practical work' gleich gesetzt, so zeigt sich nach dem Stand der Forschung eine positive Wirkung auf Motivation und prozedurales Wissen. Die Wirkung auf das deklarative Wissen ist nicht geklärt (u.a. Bredderman, 1983; Abrahams & Reiss, 2012). Kognitionspsychologische Studien deuten beim Lernen mit realen Objekten im Vergleich zu Bildern auf bessere Behaltensleistungen hin (u.a. Engelkamp & Zimmer, 2006). Diese Wirkung konnte in einer ersten Vorstudie zum Physiklernen in der Primarstufe nicht bestätigt werden, auch wenn dieses Ergebnis aufgrund von methodischen Limitierungen eingeschränkt werden kann (Bullinger & Starauschek, 2015). Beim Lernen mit Gegenständen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht sind letzten Endes die kognitiven Prozesse relevant; die Lerngelegenheiten sollten entsprechend strukturiert und kognitiv aktivierend gestaltet sein (Kleickmann, Hardy, Jonen, Blumberg & Möller, 2007). Generell induzieren Selbsterklärungen eine kognitive Aktivierung bei älteren Lernenden (Fonseca & Chi, 2011). Bei Probanden der Primarstufe ist die Wirkung nicht eindeutig belegt (u.a. Mwangi & Sweller, 1998; Calin-Jageman & Ratner, 2005). Erste Studien deuten beim Physiklernen in der Primarstufe auf eine verallgemeinerbare positive Wirkung von Selbsterklärungen an Bildern hin (Starauschek & Dockhorn, 2009; Bullinger & Starauschek, 2015). Damit lässt sich die folgende Forschungsfrage stellen: Unterstützen instrumentelles Handeln und Selbsterklärungen den physikalischen Wissenserwerb in der Primarstufe? Die Fragen sollen mit einer experimentellen Laborstudie untersucht werden. Mit der hier vorgestellten Pilotstudie wird insbesondere auf die Erprobung der im Vergleich zur ersten Vorstudie (Bullinger & Starauschek, 2015) weiterentwickelten Lernumgebungen und Instrumente abgezielt.

Design, Treatments und Wissenstest

	Unabhängige Variable Handlungsorientierung	
Unabhängige Variable Selbsterklärung	Bilder ohne Selbsterklärung (N = 15)	Handeln ohne Selbsterklärung (N = 13)
	Bilder mit Selbsterklärung (N = 13)	Handeln mit Selbsterklärung (N = 13)

Tab. 1: 2x2 Design der Pilotstudie mit Größen der Teilstichproben.

Abhängige Variable der experimentellen Laborstudie ist der Wissenserwerb zur optischen Abbildung an der Lochkamera (Pre-, Post- und Follow-Up-Testung). Unabhängige Variablen sind ‚Handlungsorientierung' (Ausprägungen Lernen mit Bildern/ Lernen mit instrumentellen Handlungen) und ‚Selbsterklärung' (Lernen mit Selbsterklärung/ Lernen ohne Selbsterklärung) (vgl. Tab. 1). Die vier Treatments werden als Einzelinterventionen mit computergestützten Lernprogrammen umgesetzt (vgl. Starauschek & Dockhorn 2009). Als Kontrollvariablen wurden u.a. Intelligenz, themenspezifische Motivation und die

Bearbeitungszeit der Lernumgebungen erhoben. Die randomisierte Stichprobe besteht aus 54 Probanden der Klassenstufe vier (Alter in Jahren: $M = 10.01$, $SD = 0.44$).
Die Inhalte sind in allen vier Lernprogrammen gleich: Die Lernprogramme bestehen aus neun aufeinander folgenden Sequenzen zur Phänomenologie der optischen Abbildung mit der Lochkamera. Das Lernprogramm im Treatment ‚Bilder ohne Selbsterklärung' besteht aus Bildtexten und ist eine Art Bilderhörbuch: zunächst wird, unterstützt durch eine Betrachtungsinstruktion, ein Bild betrachtet. Danach hören sich die Probanden einen Informationstext zum Bild an. Für die Variable ‚Handlungsorientierung' wird nun jedes Bild durch eine Instruktion für eine Handlung an einer realen Lochkamera ersetzt. Die Instruktionen sind so gestaltet, dass in den Handlungen die gleichen Informationen der Bilder wahrgenommen werden können. Bei der Selbsterklärung erfolgt nach jedem Bild bzw. nach jeder Handlung und nach jedem Informationstext ein Prompt zur Selbsterklärung:

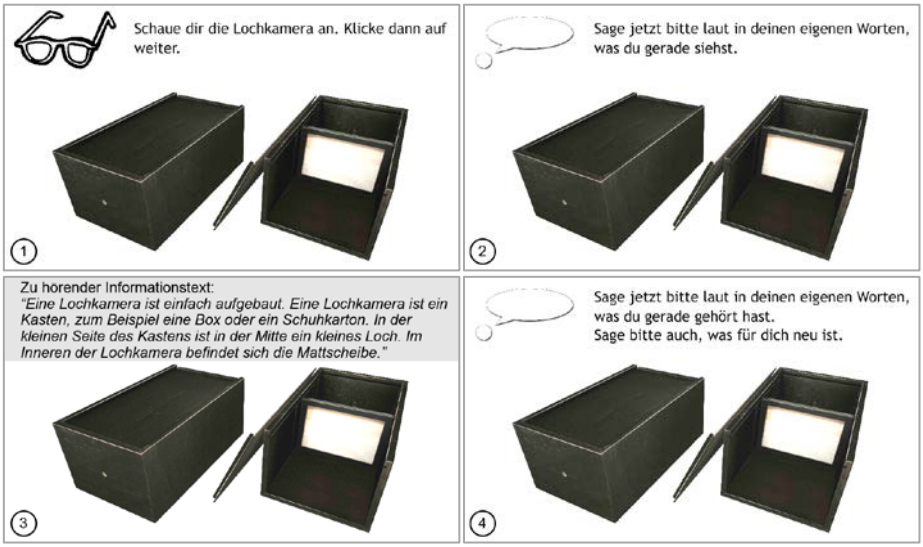


Abb. 1: Beispielsequenz des Lernprogramms im Treatment ‚Bilder mit Selbsterklärung'; im Original ohne Nummerierung und mit Navigationspfeilen (vor/zurück).

Der Wissenstest besteht aus 18 Items zum Aufbau der Lochkamera und zur Phänomenologie der optischen Abbildung, davon sind drei Items mit offenem und 15 Items mit geschlossenem Antwortformat; es gibt neun Behaltensitems auf Basis von Informationen der Bild- oder Textoberfläche der Lernprogramme und neun nahe bis weite Transferitems.

Ergebnisse

Der Wissenstest weist gute psychometrische Kennwerte auf: $\alpha_{Posttest} = .73$, $\alpha_{Follow\ Up} = .75$; Lösungswahrscheinlichkeiten $.24 < x_{Posttest} < .83$ und $.15 < x_{Follow\ Up} < .87$; Trennschärfen $.15 < r_{it\text{-}Posttest} < .48$ und $.17 < r_{it\text{-}Follow\text{-}Up} < .56$; Retestreliabilität von Posttest zu Follow Up $r(54) = .84$, $p = .000$; mittlere Intercoderreliabilität $\kappa_{Posttest} = .885$ und $\kappa_{Follow\ Up} = .861$.
Die Teilstichproben sind hinsichtlich der Kontrollvariablen (z.B. Intelligenz) vergleichbar. Unterschiede bestehen in der themenspezifischen Motivation im Posttest (ANOVA: $F(3) = 3.20$, $p = .031$) und der Bearbeitungszeit der Lernprogramme (ANOVA: $F(3) = 61.02$, $p = .000$). Die Motivation ist nach Handlungen signifikant größer als an Bildern, korreliert jedoch nicht mit den Wissenszuwächsen. Die Bearbeitungszeit wird nicht weiter diskutiert, da wir Lehr-Lern-Arrangements untersuchen wollen. Tabelle 2 zeigt die Wissenszuwächse:

Treatments	Pretest zu Posttest		Pretest zu Follow Up	
	M	***SD***	***M***	***SD***
Bilder ohne Selbsterklärung	5.80	3.97	5.27	3.97
Handlungen ohne Selbsterklärung	7.92	2.57	8.08	3.64
Bilder mit Selbsterklärung	7.62	3.99	7.31	4.15
Handlungen mit Selbsterklärung	7.77	3.59	7.92	3.62

Tab. 2: Deskriptive Statistik der Wissenszuwächse in den vier Treatments.

Numerisch zeigt sich unter der Bedingung ‚ohne Selbsterklärung' ein größerer Wissenszuwachs an Handlungen als an Bildern. Die Selbsterklärung ist nur an Bildern wirkungsvoll. Für den Wissenszuwachs im Posttest zeigt eine zweifaktorielle Varianzanalyse weder zwischen Bildern und Handlungen ($F(1) = 1.35$, $p = .250$) noch zwischen mit und ohne Selbsterklärung ($F(1) = 0.72$, $p = .400$) einen signifikanten Haupteffekt. Dies gilt auch für den Wissenszuwachs zwischen Pretest und Follow Up Test: Handlungsorientierung $F(1) = 2.65$, $p = .110$, Selbsterklärung $F(1) = 0.81$, $p = .374$.

Diskussion

Die themenspezifische Motivation ist nach den Handlungen größer, was zum Stand der Forschung passt. Die Bearbeitungszeit unterscheidet sich für beide unabhängigen Variablen stark. Ursächlich dafür sind die methodischen Unterschiede zwischen den vier Treatments. Der weiterentwickelte Wissenstest zeigt ausreichende Gütekriterien für weitere experimentelle Messungen. Die Treatments unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich der Wissenszuwächse. Numerisch finden sich jedoch die erwarteten Tendenzen für die Wissenszuwächse an Handlungen und bei der Selbsterklärung an Bildern. Die Retestreliabilität ist hoch. Es ist daher anzunehmen, dass die Stichprobe für die in diesem Design zu messenden Effekte zu klein ist. Die Ziele der Pilotierung, Erprobung der neu entwickelten Lernumgebung und des Testinstruments, wurden erreicht.

Literatur

Abrahams, I. & Reiss, M. (2012). Practical Work – Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. Journal of Research in Science Teaching, 49 (8), 1035–1055

Bredderman, T. (1983). Effects of Activity-based Elementary Science on Student Outcomes: A Quantitative Synthesis. Review of Educational Research, 53 (4), 499-518

Bullinger, M. & Starauschek, E. (2015). Beeinflussen Handlungsorientierung und Selbsterklärung den physikalischen Wissenserwerb in der Primarstufe? In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik (Eds.), Bildung im und durch Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 129-134

Calin-Jageman, R., & Ratner, H. (2005). The Role of Encoding in the Self-Explanation Effect. Cognition and Instruction, 23 (4), 523-543

Engelkamp, J. & Zimmer, H. (2006). Lehrbuch der kognitiven Psychologie. Göttingen u.a.: Hogrefe

Fonseca, B. & Chi, M. (2011). Instruction based on self-explanation. In E. Mayer & P.A. Alexander (Eds.), Handbook of research on learning and instruction. New York u.a.: Routledge, 296-321

Kleickmann, T., Hardy, I., Jonen, A., Blumberg, E. & Möller, K. (2007). Learning environments in primary school science – scaffolding students and teachers processes of conceptual development. In M. Prenzel (Eds.), Studies on the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme. Münster: Waxmann. 137-156

Möller, K. (2007). Handlungsorientierung im Sachunterricht. In J. Kahlert (Eds.), Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 411-416

Mwangi, W., & Sweller, J. (1998). Learning to solve compare word problems: the effect of example format and generating self-explanations. Cognition and Instruction, 16 (2), 173-199

Starauschek, E., & Dockhorn, J. (2009). Physiklernen in der Primarstufe durch Selbsterklärungen mit Bildern. In D. Höttecke (Eds.), Chemie und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Berlin: LIT, 110-112

Wöll, G. (2011). Handeln: Lernen durch Erfahrung. Handlungsorientierung und Projektunterricht. Baltmannsweiler: Schneider

Mareike Bohrmann Universität Münster
Kornelia Möller

Förderung experimenteller Kompetenzen im Sachunterricht der 3. Klasse

Experimentelle Kompetenzen als Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung
Naturwissenschaftliche Grundbildung beinhaltet den Erwerb konzeptuellen Wissens und das Erlernen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (OECD, 2007). Das Experimentieren ist eine wichtige naturwissenschaftliche Methode, bei der „ein bestimmter Faktor systematisch verändert wird und alle übrigen relevanten Bedingungen kontrolliert" (Möller et al., 2013) werden. Somit kommt beim Experimentieren der Variablenkontrolle eine große Bedeutung zu. Nach Klahr (2000) kann das Experimentieren als ein komplexer Problemlöseprozess aufgefasst werden, der das Suchen und Aufstellen von Hypothesen, die Planung und Durchführung von Experimenten sowie die Analyse experimenteller Ergebnisse beinhaltet. Im Fokus der vorliegenden Untersuchung steht der Aspekt der Planung und Durchführung von Experimenten. Dazu gehört sowohl die Anwendung der Variablenkontrollstrategie als auch die Unterscheidung zwischen Hypothesenprüfung und Effektproduktion.

Grundschulkindern fällt die Bewertung experimenteller Designs leichter als das Entwickeln kontrollierter Experimente (Grygier, 2008). Bereits Kinder in der 1. und 2. Klasse können die Prüfung einer einfachen Hypothese durch ein Experiment von der Produktion positiver Effekte unterscheiden (Sodian, Zaitchik & Carey, 1991). Zudem können sich Kinder am Ende der Grundschulzeit das Wissen darüber aneignen, was ein gutes Experiment ausmacht (Bullock & Ziegler, 1999). Diese Fähigkeiten können durch gezielten Unterricht verbessert werden (Grygier, 2008).

Verschiedene Ansätze zur Förderung experimenteller Kompetenzen
Zur Förderung experimenteller Kompetenzen können Scaffoldingmaßnahmen eingesetzt werden, um mit gezielten Hilfen Kindern die aktive Wissenskonstruktion zu ermöglichen (Einsiedler & Hardy, 2010). Als Scaffolding wird die Unterstützung von Lernenden bei der Bewältigung von Aufgaben, die sie ohne Unterstützung nicht erfolgreich lösen könnten, bezeichnet, wobei diese im Prozessverlauf schrittweise zurückgenommen wird (Wood, Bruner & Ross, 1974). Wir fokussieren auf das Modeling als eine Scaffoldingmaßnahme, was das Heranführen von Lernenden an Praktiken einer Domäne meint (Rogoff, 1990). Das Modeling kann implizit und explizit sein. So gibt es laut Lederman et al. (2014) Forschungen, die auf der Annahme basieren, dass sich durch bloßes Durchführen von Untersuchungen das Verständnis der wissenschaftlichen Vorgehensweise entwickelt. Demgegenüber stehen Forschungen (z. B. Minstrell, 2000), die zeigen, dass Lernende wissenschaftliches Arbeiten nur lernen, wenn Lehrende es gezielt mit ihnen erarbeiten und wesentliche Aspekte herausstellen. Deshalb wird in unserer Untersuchung implizites mit explizitem Modeling kombiniert. In Anlehnung an das Spiralcurriculum Magnetismus (Möller et al., 2013) führen die Kinder zunächst kontrollierte Experimente mit Hilfe von Versuchskarten durch (implizites Modeling), bevor sie mit der Lehrkraft Kriterien für ein kontrolliertes Experiment erarbeiten (explizites Modeling).

Eine weitere Möglichkeit zur Förderung experimenteller Kompetenzen ist nach Peschel (2009) Offenes Experimentieren im Sinne des Inquiry Learnings. In Anlehnung an Braun (2008) läuft ein Offener Experimentierprozess so ab: Er beginnt mit der Vorführung eines Ausgangsphänomens, gefolgt von der Explorationsphase, in der durch Ausprobieren Erklärungsansätze zum beobachteten Phänomen gefunden werden. Anschließend wird eine Syste-

matisierung in Form einer Reflexion erforderlich. Ziel dabei ist es, einen guten und für alle Lernenden gleichen Ausgangspunkt für die folgende Phase des systematischen Beobachtens und Messens zu schaffen, in der die Lernenden experimentelle Strategien entwickeln, mit denen sie Untersuchungsziele verfolgen können. Die während der systematischen Experimentierphase gewonnenen Erkenntnisse werden in einer Diskussionsrunde reflektiert. Der Prozess endet mit der Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.

Ein empirischer Vergleich von Lernumgebungen zeigt, dass Settings mit freier Exploration (Open Inquiry) Methoden mit stärkeren Instruktionsanteilen (Scaffolding) in ihren lernförderlichen Wirkungen unterlegen sind (Furtak, 2006). Außerdem haben implizite Ansätze, bei denen das Durchführen von Experimenten ohne Reflexion der Vorgehensweisen stattfindet, nur einen kleinen Effekt auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

Fragestellung und Hypothesen

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, herauszufinden, wie sich die Förderung durch eine strukturierte Intervention mit implizitem und explizitem Modeling (EG I) im Vergleich zu einem offen angelegten Unterricht (EG II) auf das eigenständige Bewerten und Entwickeln von Experimenten bei Kindern in 3. Klassen auswirkt. In Anlehnung an die dargestellten Forschungsergebnisse gehen wir davon aus, dass beide Gruppen nach der Intervention höhere experimentelle Kompetenzen aufweisen als vorher und dass die EG I der EG II bzgl. des eigenständigen Bewertens und Entwickelns von Experimenten überlegen ist.

Methode

Zur Beantwortung der Frage wurde eine Prä-Post-Follow-Up-Studie durchgeführt. Dabei wurden beim 1. Messzeitpunkt (MZP) die Kontrollvariablen (Intelligenz, Inhibition, Leseverstehen und Problemlösefähigkeit) und die experimentellen Kompetenzen erhoben. Vor der Reflexion der Experimente in der Gruppe fand ein videographiertes Interview statt. Der 2. MZP beinhaltete Erhebungen zu den experimentellen Kompetenzen plus Transferaufgaben und zur Motivation. Der 3. MZP (6 Wochen nach der Intervention) diente erneut der Erfassung der experimentellen Kompetenzen plus Transferaufgaben.

Stichprobe und Intervention

Die Studie wurde in 8 Klassen durchgeführt, die in 16 nach den oben genannten Kontrollvariablen und dem Vorwissen parallelisierte Halbklassen unterteilt wurden. Dabei bildete je eine Halbklasse die EG I bzw. die EG II. Das Ausgangsphänom, die eigenständige Planung und Durchführung, die Präsentation und die Reflexion der Experimente fanden in beiden Gruppen gleich statt. Lediglich die Phasen, in denen in der EG I das implizite und explizite Modeling stattfanden, variierten in den EG spezifisch für die jeweilige Unterrichtsform.

Erhebungsinstrumente und Auswertungsverfahren

Die experimentellen Kompetenzen wurden durch ein selbst entwickeltes und zuvor pilotiertes Instrument und durch ein leitfadengestütztes Interview erfasst. Zum Vergleich der Leistungen beider EG im Test wurden Varianzanalysen mit Messwiederholung gerechnet. Die Mittelwerte der im videographierten Interview erreichten Punkte der beiden EG wurden anhand eines t-Tests für unabhängige Stichproben verglichen.

Ergebnisse

Die Kinder weisen nach der Intervention signifikant höhere Werte bzgl. der experimentellen Kompetenzen auf als vorher. Ein ähnliches Bild zeigt sich getrennt nach den Bereichen Bewertung und Entwicklung. Auch hier unterscheiden sich die experimentellen Kompeten-

zen von prä zu post und von post zu follow-up signifikant. Es liegt kein Interaktionseffekt zwischen MZP und Gruppenzugehörigkeit vor. Bei den Fragen des Interviews, die sich auf die Durchführung und Bewertung des entwickelten Experiments beziehen, zeigt ein Vergleich der von den Kindern bei diesen Fragen erreichten Mittelwerte einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden EG – zugunsten der EG I.

Diskussion und Ausblick

Beide Gruppen weisen nach der Intervention höhere experimentelle Kompetenzen auf als vorher. Die Hypothese, dass die EG I der EG II bzgl. des eigenständigen Entwickelns und Bewertens von Experimenten überlegen ist, hat sich teilweise bestätigt. So liegen signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen in Teilen des Interviews vor. Auf Basis des Tests gibt es jedoch keine signifikanten Unterschiede.

Zur Absicherung der Möglichkeit, dass der Anstieg in den Ergebnissen nicht auf Testwiederholung basiert, wird derzeit eine Baseline (4 Klassen) erhoben. Da wir mit Hilfe einzelner Interviewfragen Unterschiede zwischen beiden Gruppen aufzeigen können, nicht aber mit Hilfe des Tests, ist fraglich, ob der Test sensitiv genug ist, solche Unterschiede zu erfassen. Hier folgen weitere Analysen zu einzelnen Teilen des Tests, z. B. den Transferfragen. Dabei werden die weiteren Interviewergebnisse der Kinder berücksichtigt. Außerdem könnte die Dauer oder die Ausgestaltung der Intervention ein Grund für die nur teilweise gefundenen Unterschiede sein.

Literatur

Braun, T. (2009). Offene Experimente in der Lehramtsausbildung. Dissertation an der Universität Duisburg-Essen. http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=20589 (11.09.2015)

Bullock, M. & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In F. E. Weinert & W. Schneider (Hrsg.), Individual Development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study (S. 38–60). Cambridge: Cambridge University Press.

Einsiedler, W. & Hardy, I. (2010). Kognitive Strukturierung im Unterricht. Einführung und Begriffsklärungen. Unterrichtswissenschaft, 38(3), 194-209.

Furtak, E. M. (2006). The Problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching Science Education, 66, 625-633.

Grygier, P. (2008). Wissenschaftsverständnis von Grundschülern im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Khisfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective views versus implicit inquiry orientated' instruction on sixth graders views of the nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 39(7), 551–578.

Klahr, D. (2000). Exploring science: The cognition and development of discovery processes. Cambridge, MA: MIT Press.

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

Minstrell, J. (2000). Implications for teaching and learning inquiry: A summary. In J. Minstrell & E. van Zee (Eds.), Inquiring into inquiry learning and teaching in science (pp. 471–496). Washington, D.C: American Association for the Advancement of Science.

Möller, K., Bohrmann, M., Hirschmann, A., Wilke, T. & Wyssen, H.-P. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Primarbereich. Seelze: Friedrich Verlag.

OECD (2007). PISA 2006. Science Competencies for Tomorrow´s World. Volume 1: Analysis. Paris: OECD.

Peschel, M. (2009). Der Begriff der Offenheit beim Offenen Experimentieren. In D. Höttecke, Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung (Bd. 29, S. 268-270). Münster: LIT.

Rogoff, B. (1990). Apprenticeship in Thinking. Cognitive Development in Social Context. Oxford: Oxford University Press.

Sodian, B., Zaitchik, D., & Carey, S. (1991). Young children's differentiation of hypothetical beliefs from evidence. Child Development, 62, 753-766.

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

Philipp Galow Freie Universität Berlin
Hilde Köster

Naturwissenschaftsbezogene Experimentier- und Argumentationsqualität bei Grundschulpädagogikstudierenden

Allgemein

Das Studienangebot Integrierte Naturwissenschaften wird seit dem Wintersemester 2011/12 an der Freien Universität Berlin angeboten und ist für Studierende der Grundschulpädagogik konzipiert. Neben der Verbindung von Fachwissenschaft und Fachdidaktik besteht ein inhaltlicher Fokus auf die Vermittlung von Basiskenntnissen in Wissenschaftstheorie, im Sinne der Nature of Science, von naturwissenschaftlichen Denk- und Argumentationsformen und der Ermöglichung eigener Erfahrungen mit (natur)wissenschaftlichem Argumentieren und Experimentieren (vgl. Bolte & Ramseger, 2011). Evaluationen des neuen Studienangebotes untersuchten bisher die Veränderungen des fachlichen Selbstkonzeptes, den wahrgenommenen Praxisbezug und die Zufriedenheit mit den angebotenen Veranstaltungen. Eine Evaluation der Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen steht bisher aus und ist Ziel der vorliegenden Untersuchung. Im Folgenden werden erste Ergebnisse der Voruntersuchung dargestellt, die mit Hilfe der ausgewählten Forschungsinstrumente gewonnen werden konnten. Die hier referierten Ergebnisse liefern keine repräsentativen Aussagen über die Wirksamkeit der universitären Ausbildung in Bezug auf das veränderte Studienangebot, sondern lediglich erste Hinweise auf die Eignung des gewählten Forschungssettings und der Forschungsinstrumente.

Design

Ziel der Hauptuntersuchung ist es herauszufinden, ob und wie weit sich Studierende mit dem Nebenfach Integrierte Naturwissenschaften bezüglich naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen von Studierenden mit einem anderen Nebenfach unterscheiden. Grundschulpädagogik-studierende ohne Integrierte Naturwissenschaften dienen deshalb als Vergleichskohorte. Als naturwissenschaftliche Arbeitsweisen sollen im Speziellen das Experimentieren und Argumentieren untersucht werden. Dies kann u. a. auch mit dem expliziten Fokus des Studiencurriculums auf eben diese Arbeitsweisen begründet werden. Die Studierenden werden als nebenfachhomogene Gruppe mit einer Anzahl von vier TeilnehmerInnen in einer Experimentiersituation dazu angehalten, sich mit einem präsentierten naturwissen-schaftlichen Phänomen forscherisch auseinanderzusetzen. Dabei wird ihnen, im Sinne des Inquiry Based Science Learning (IBSL) keine Forschungsmethode, -frage oder gar die Antwort vorgegeben (vgl. Bell et al., 2005). In einem Quasilängsschnitt werden aus allen derzeitigen Fachsemestern je zwei Gruppen mit je vier Studierenden untersucht. Bei derzeit vier bestehenden Fachsemestern ergibt sich somit eine Teilnehmeranzahl von N=32.

Instrumente

Toulmin (1975) definiert insgesamt sechs Argumentationselemente und bezeichnet diese als „feine Struktur“ (ebd., S. 86). Die Elemente wurden in der Vergangenheit von verschiedenen Autoren aufgegriffen und teilweise verändert. Neben einer veränderten Operationalisierung der Elemente (z. B. Riemeier et al., 2012) wurden neue Elemente (wie bspw. die *Gegenbehauptung*; Means & Voss, 1996) generiert, Elemente umbenannt oder mehrere Elemente zusammengefasst. Mit Hilfe von Toulmin ist damit zunächst eine Aussage über die Struktur von Argumentationen möglich. Verschiedene Autoren bilden auf Basis der Struktur Stufen, die Auskunft über die Qualität einer Argumentation geben sollen. Eine Grundannahme dabei ist, dass die einzelnen Elemente einen kognitiven Wert haben und der

kognitive Anspruch mit zunehmender Anzahl verwendeter und/oder zu berücksichtigender Elemente steigt (vgl. Henderson et al., 2011). Erkennbar ist, dass jedem Stufungsmodell ein individueller Fokus auf ein oder mehrere Elemente zugrunde liegt. Osborne, Eduran und Simon (2004) formulieren insgesamt fünf Qualitätsstufen und fokussieren auf *Einwände*. Dawson und Venville (2009) modifizieren die Stufen von Osborne et al. (2004) dahingehend, dass sie den Fokus auf *Einschränkungen* legen. Dabei verzichten Dawson und Venville auf die aus ihrer Sicht unzureichend operationalisierte dritte Stufe des ursprünglichen Modells.

Der Begriff des Experimentierens und die einzelnen Phasen und deren Operationalisierungen werden in der Literatur verschiedentlich definiert. Emden (2011) konstatiert, dass allen Modellen eine gemeinsame Basisstruktur (Planung, Durchführung, Auswertung) zugrundliegt. In Anlehnung an Dettloff (2003) operationalisiert Emden den Prozess des Experimentierens mit Hilfe dieser Basisstruktur. In der Planung kodiert er „Ideen“ und „Hypothesen“, in der Durchführung „Experimente“ im Anschluss an eine Idee/Hypothese oder „Explorative Experimente“ ohne vorausgegangene Planung und in der Auswertung „Schlussfolgerungen“ mit und ohne Rückbezug zu in der Planung geäußerten Ideen oder Hypothesen. Jeder dieser Operationalisierungen wird ein Symbol zugeordnet, das in einer sogenannten Lernprozessgrafik aufgeführt wird. Eine Lernprozessgrafik besteht aus einem zweiachsigen Koordinatensystem, in dem auf der horizontalen Achse die Zeit und auf der vertikalen Achse die Experimentierpfade aufgeführt werden. Neue Pfade entstehen, wenn ein Vorgehen abgebrochen oder ein Experiment operant verändert wird (z. B. neues Experimentiergerät verwendet wird). Emden bewertet die Bestandteile des Experimentierprozesses mit Hilfe von zwei Kriterien. Das erste Element eines Experimentierpfades wird auf seine sachliche Korrektheit bewertet. Das bedeutet, dass alle initiativen Elemente (Idee, Hypothese, exploratives Experiment) dahingehend bewertet werden müssen, ob sie aus fachlicher (oder eben sachlogischer) Sicht geeignet sind, um eine Forschungsfrage zu beantworten. Elemente, die sich an andere anschließen (Experimente und Schlussfolgerungen), werden auf ihre sachlogische Anbindung hin bewertet. Bewertet wird also, ob und wie ein folgendes Element das vorangegangene korrekt weiterführt, also ob bspw. ein Experiment die zuvor geäußerte Idee oder Hypothese aufgreift. Demzufolge verbildlichen die Lernprozessgrafiken, wie viele Anläufe bis zur Lösung benötigt werden (Anzahl der Experimentierpfade), wann die jeweiligen Anläufe beginnen (Verortung auf der horizontalen Achse), welche Phasen durchlaufen und ob einzelne Phasen ausgelassen werden (Symbole), welche Phasen Einzel- oder Gruppenleistungen sind und ob die einzelnen Schritte korrekt angelegt (sachliche Korrektheit) und korrekt fortgeführt werden (sachlogische Anbindung).

Ergebnisse

Innerhalb der Voruntersuchung setzten sich vier Studierende aus dem sechsten bzw. achten Fachsemester insgesamt 80 Minuten mit einer rheoskopischen Flüssigkeit (vgl. Nordmeier et al. 2014) auseinander und stellten sich die Frage nach den Bestandteilen der Flüssigkeit. Drei der Studierenden haben Integrierte Naturwissenschaften als Nebenfach, der vierte Studierende Englisch. Insgesamt konnten 27 verschiedene Argumentationen und 154 Argumentationselemente kodiert werden. Alle in der Literatur beschriebenen Elemente wurden dabei von den Studierenden verwendet. Mit insgesamt 64 kodierten Elementen hatte das Element *Fakten (data)* den höchsten Anteil. Vergleichbare Anteile hatten alle Studierenden für die Elemente *Behauptung (conclusio)*, *Erläuterung (warrant)* und *Einwand (rebuttal)*. Unterschiede zeigten sich für die Elemente *Fakten*, *Einschränkungen (modal qualifiers)* und *Stützungen (backings)*. Die Bewertung der Argumentationsqualität zeigt, dass ca. 75% (nach Dawson und Venville, 2009) und ca. 66% (nach Osborne et. al., 2004) der

Argumentationen auf den ersten beiden Stufen verortet werden können. Für das Experimentieren ergaben sich 26 verschiedene Untersuchungsansätze und 54 verschiedene Experimentierpfade. In den wenigsten Phasen (18 von 147) arbeiteten die Studierenden als Gruppe zusammen, den größten Anteil stellen somit Einzelleistungen dar. Während die individuellen Anteile der Studierenden in den Phasen der Durchführung und Auswertung vergleichbar sind, zeigen sich deutliche Unterschiede bei den Anteilen an der Planung. Die beiden Studierenden mit dem höchsten Anteil in der Phase der Planung äußern 22 bzw. 16 Ideen oder Hypothesen, im Vergleich dazu nur 7 bzw. 8 Ideen oder Hypothesen durch die beiden anderen. Insgesamt auffällig ist eine im Vergleich zur Anzahl der Ideen (42) geringe Anzahl von Hypothesen (14).

In einer Zusammenschau der Ergebnisse der Experimentier- und Argumentationsprozesse zeigt sich, dass fast alle Argumentationselemente (108 von 154) in der Phase der Durchführung verwendet werden. 41 Elemente sind in der Phase der Auswertung, 5 in der Phase der Planung zu verorten. Fast alle Ideen werden innerhalb der Durchführung geäußert, was auf einen hohen explorativen Charakter der Untersuchung hindeutet. Die hohe Anzahl von *Fakten* kann damit erklärt werden, dass nach Fleischhauer (2013) Versuchsbeobachtungen als Fakten zu kodieren sind. Interessant ist, dass fast alle *Einwände* (13 von 18) und *Einschränkungen* (19 von 22) in der Phase der Durchführung aufkommen.

Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass das gewählte Setting dazu verwendet werden kann, Argumentationen unter den Studierenden anzuregen. Die gewählten Instrumente ermöglichen einen Einblick in die Argumentations- und Experimentierstrukturen, die sich möglicherweise zwischen den Kohorten unterscheiden. Für die Bewertung der Prozessqualität des Experimentierens stehen weitere Auswertungen noch aus. Bezüglich der Argumentationsqualität ist zu überlegen, inwieweit die bisherigen Instrumente, die feldunabhängige Eigenschaften von Argumenten fokussieren, ergänzt werden müssen.

Literatur

Bell, R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Symplifying Inquiry Instruction Assessing the inquiry level of classroom activities. In: The Science Teacher, 72, S.30-33.

Bolte, C., & Ramseger, J. (2011). Reformprojekt Studiengang „Integrierte Naturwissenschaftliche Bildung“ an der Freien Universität Berlin. In Dietmar Höttecke (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie, S.93-95.

Dawson, V. & Venville, G. (2009). High-school Students informal reasoning and argumentation about biotechnology: An indicator of scientific literacy? In: International Journal of Science Education, 31, S.1421-1445.

Dettloff, C. (2003). Videoanalyse von Frontal- und Kleingruppenunterricht am Beispiel einer Problemstellung zum Themenbereich Säure-Base. Universität Essen 1. Staatsexamensarbeit.

Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Berlin: Logos.

Fleischhauer, J. (2013). Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik. Berlin: Logos.

Henderson, B. J., Osborne, J., MacPherson, A. & Szu, E. (2014). A new learning progression for student argumentation in scientific contexts.

Nordmeier, V., Kluth, M., Gutzler, T. & Kastl, R. (2014). Experimente mit rheoskopischen Flüssigkeiten. In: PdN PHYSIK in der Schule, 63. Jg., Heft 6, S.22-27.

Osborne, J., Eduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. In: Journal of research in science teaching, 41, S.994-1020.

Riemeier, T., Aufschnaiter, C. von, Fleischhauer, J. & Rogge, C. (2012). Argumentationen von Schülern prozessbasiert analysieren. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, S.143-182.

Toulmin, S. (1975). Der Gebrauch von Argumenten.

Anna Windt Universität Duisburg-Essen
Stefan Rumann

EuLe: Planung, Durchführung & Reflexion von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst

Ausgangslage

Die Lehrerbildung in Deutschland ist in drei Phasen untergliedert: Studium, Vorbereitungsdienst sowie Fort- und Weiterbildung im Berufsleben (KMK, 2012). Dabei wird dem Vorbereitungsdienst eine wichtige Rolle als Gelenkstelle beigemessen (Walke, 2007). Allerdings haben sich bislang nur wenige Studien mit der Wirksamkeit des Vorbereitungsdienstes beschäftigt. In der Folge ist bislang weitestgehend ungeklärt, in welchem Ausmaß, wann und wodurch angehende Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst professionelle Handlungskompetenz (Krauss et al., 2004) erwerben (vgl. hierzu auch Windt & Rumann, 2014).
Welche Kompetenzen im Vorbereitungsdienst erworben werden sollen, geben in verschiedenen Bundesländern Ausbildungscurricula vor. Diese basieren auf den Standards für die Lehrerbildung der KMK (2004) und geben in unterschiedlicher Ausführlichkeit die zu erwerbenden Kompetenzen vor. Darunter finden sich in allen Ausbildungscurricula Kompetenzen, die sich auf die Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht beziehen, welche als Kernaufgabe von Lehrkräften bezeichnet werden.

Das Projekt EuLe

Basierend auf dieser Ausganglage beschäftigt sich das Projekt EuLe mit der Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht im Vorbereitungsdienst, speziell im Fach Sachunterricht. Ziel des Projektes ist es zum einen, Messinstrumente zu entwickeln, mit denen sich die Planung, Durchführung und Reflexion von Sachunterricht erfassen lassen und zum anderen, mit diesen Messinstrumenten Veränderungen im Verlauf des Vorbereitungsdienstes zu erfassen. Das Projekt ist in drei Teilprojekte untergliedert, die – zunächst getrennt – die Veränderungen innerhalb der drei Teilbereiche des Unterrichtens in den Blick nehmen.
In einem längsschnittlichen Design werden angehende Lehrkräfte über den Verlauf des Vorbereitungsdienstes verfolgt. Im Rahmen der verpflichtenden Unterrichtsbesuche im Fach Sachunterricht werden zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Vorbereitungsdienstes jeweils die Planung, Durchführung und Reflexion der Unterrichtsstunde erfasst. Die Planung des Unterrichts wird über den schriftlichen Unterrichtsentwurf erhoben, der vor dem Unterrichtsbesuch im Rahmen der Ausbildung angefertigt wird. Zur Erfassung der Durchführung wird die gehaltene Unterrichtsstunde videographiert. Zur Erhebung der Reflexion des Unterrichts wird die mündliche Stellungnahme im Anschluss an die Unterrichtsstunde audiographiert. Zur Analyse der Daten wurde in jedem Teilprojekt ein Kategoriensystem entwickelt (vgl. Hasenkamp, Windt & Rumann, 2015 für das Kategoriensystem für die Planung; Rau, Windt & Rumann, 2015 für das Kategoriensystem für die Durchführung; Windt & Lenske für das Kategoriensystem für die Reflexion).
Darüber hinaus wurden Einschätzungen der angehenden Lehrkräfte, ihrer FachleiterInnen und ihrer MentorInnen an den Schulen hinsichtlich der Planung, Durchführung und Reflexion des Unterrichts erfasst. Ebenfalls liegen Personendaten der angehenden Lehrkräfte wie Studiengang, Studienort, Studienabschluss, Abschlussnote, Selbstwirksamkeitserwartung und Interesse an Natur- und Gesellschaftswissenschaften vor.
Es konnte eine Stichprobe von 12 angehenden Lehrkräften akquiriert werden, die an allen drei Teilprojekten teilgenommen hat. Über diese 12 Probanden ist eine Vernetzung zwischen den drei Teilprojekten möglich. Zusätzlich liegen von einer Stichprobe von 6 angehenden

Lehrkräften die schriftlichen Unterrichtsentwürfe sowie die dazugehörigen Einschätzungen zu allen drei Messzeitpunkten vor.

Gliederung des Blocks

Die genannte Teilung in drei Teilprojekte findet sich auch in den folgenden drei Beiträgen des Blocks wieder:

- Anna Hasenkamp, Anna Windt & Stefan Rumann berichten im ersten Beitrag mit dem Titel „Qualität der Sachunterrichtsplanung im Vorbereitungsdienst“ über die Ergebnisse hinsichtlich der Veränderungen in der Planung des Unterrichts.
- Im zweiten Beitrag mit dem Titel „Veränderung der Qualität von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst“ beschäftigen sich Sarah Rau, Anna Windt und Stefan Rumann mit den Ergebnissen hinsichtlich der Veränderungen in der Durchführung des Unterrichts.
- Anna Windt & Gerlinde Lenske beschreiben im dritten Beitrag mit dem Titel „Qualität der Sachunterrichtsreflexion im Vorbereitungsdienst“ die Ergebnisse hinsichtlich der Veränderungen in der Reflexion des Unterrichts.

Ausblick

Die drei Beiträge berichten getrennt voneinander die Ergebnisse der drei Teilprojekte. In folgenden Analysen werden mögliche Zusammenhänge zwischen den drei Teilbereichen des Unterrichtens in den Blick genommen. Dabei soll z. B. untersucht werden, inwiefern die Qualität der Unterrichtsplanung einen Einfluss auf die Qualität der Unterrichtsdurchführung hat, inwiefern in der Reflexion besonders hoch und besonders niedrig ausgeprägte Aspekte des Unterrichts in den Blick genommen werden und inwiefern eine Reflexion bestimmter Aspekte eine Entwicklung hinsichtlich genau dieser Aspekte beim folgenden Unterricht nach sich zieht.

Literatur

Hasenkamp, A., Windt, A., & Rumann, S. (2015). Entwicklung der Sachunterrichtsplanung bei angehenden Lehrkräften. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Kiel: IPN, 600-602

Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., & Neubrand, M. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischen Kompetenzen. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), Die Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung. Münster: Waxmann, 31-53

Kultusministerkonferenz (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Berlin

Kultusministerkonferenz (2012). Sachstand in der Lehrerbildung. Berlin

Rau, S., Windt, A., & Rumann, S. (2015). Entwicklung von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerbildung. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Kiel: IPN, 603-605

Walke, J. (2007). Die zweite Phase der Lehrerbildung: Ein Überblick über Stand, Problemlagen und Reformtendenzen. Essen: Edition Stifterverband - Verwaltungsgesellschaft für Wissenschaftspflege mbH

Windt, A., & Rumann, S. (2014). Entwicklungsprozesse während der zweiten Phase der Lehrerausbildung. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Kiel: IPN, 129-131

Windt, A., & Lenske, G. (2015). Entwicklung der Reflexion von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerausbildung. In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik (Hrsg.), Bildung im und durch Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 209-216

Anna Hasenkamp
Anna Windt
Stefan Rumann
Universität Duisburg-Essen

Qualität der Sachunterrichtsplanung im Vorbereitungsdienst

Theoretischer Hintergrund

Während des Vorbereitungsdienstes (VD) lernen angehende Lehrkräfte u. a. ihren Unterricht selbstständig zu planen, was sie in schriftlichen Unterrichtsentwürfen festhalten. Sie antizipieren zukünftigen Unterricht, indem Entscheidungen und Maßnahmen getroffen werden, die den Prozess des Lehren und Lernens optimal gestalten sollen (Peterßen, 2000; Sandfuchs, 2009a). Insbesondere angehende Lehrkräfte schreiben detailliertere Entwürfe, um „sicherzustellen, dass ein erfolgreich ausführbarer und legitimierbarer Plan erstellt wird, der die für den Erfolg wichtigen Faktoren enthält" (Kiper & Mischke, 2009, S. 75). Das ist dahingehend wichtig, weil sie noch nicht über ein gekonntes und routiniertes Handlungsrepertoire verfügen (Kiper & Mischke, 2009). Des Weiteren muss sich die Unterrichtsplanung an den Qualitätsmerkmalen für guten Unterricht (Helmke, 2003, 2009; Meyer, 2004, 2007) orientieren (Sandfuchs, 2009b), da sie für die Prozessqualität der Unterrichtsstunde handlungsleitend ist (König et al., 2015).
In Untersuchungen zu allgemeindidaktischen Aspekten der Unterrichtsplanung zeigte sich, dass die Planungskompetenz von Studierenden im Verlauf von Praxisphasen ansteigt (Baer et al., 2011). Ähnliche Ergebnisse lassen sich für den VD finden. So konnten König, Buchholtz und Dohmen (2015) zeigen, dass die Planungskompetenz angehender Lehrkräfte hinsichtlich der Anpassung der Unterrichtsplanung an die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler über den VD signifikant ansteigt. Im Sachunterricht liegen bisher nur Studien vor, die beschreiben, wie angehende Lehrkräfte und Lehrkräfte im Schuldienst ihren Unterricht planen (Tänzer, 2012). Unbekannt bleibt, wie sich die Qualität der Unterrichtsplanung im Sachunterricht im Verlauf des VD verändert.

Methoden & Design

Ausgehend vom theoretischen Hintergrund soll untersucht werden, wie sich die Qualität der Sachunterrichtsplanung im Verlauf des VD entwickelt – auch hinsichtlich einzelner Qualitätsmerkmale. Dafür wurden in der Hauptstudie von 18 angehenden Lehrkräften die schriftlichen Unterrichtsentwürfe zu drei Unterrichtsbesuchen, am Anfang, in der Mitte und am Ende des VD untersucht. Die Probanden sind zu 77,8% weiblich und im Mittel 26.11 Jahre alt (SD = 1.94).
Zur Analyse der Entwürfe wurde die skalierende Strukturierung, eine Form der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2008), unter Verwendung eines selbst entwickelten Kategoriensystems angewendet. Das Kategoriensystem entstand aus einer Zusammenführung von fächerübergreifenden Merkmalen für guten Unterricht (Helmke, 2003, 2009; Meyer, 2004, 2007) mit spezifischen Besonderheiten aus der Sachunterrichtsdidaktik (z. B. Einsiedler, 2007; Hempel & Lüpkes, 2009). Es enthält insgesamt sechs Merkmale: Klassenführung, Klarheit & Strukturiertheit, Gestaltung des Lernangebots, Aktivierung, Lernförderliches Klima und Umgang mit Heterogenität, die jeweils durch fünf bis acht Facetten ausdifferenziert werden. Die Einschätzung der Facetten erfolgte entweder auf einer vierstufigen Skala oder hinsichtlich verschiedener Kriterien dichotom (vgl. Hasenkamp, Windt, & Rumann, 2014, 2015). Das Kategoriensystem wurde durch ein Expertenrating inhaltlich validiert.

Für die Studie wurde zudem ein Selbsteinschätzungsfragebogen mit vier Subskalen entwickelt, den die Probanden nach Fertigstellung ihrer Entwürfe zu jedem Messzeitpunkt ausfüll-

ten. Die Subskalen umfassen jeweils fünf Items, die auf einer vierstufigen Skala (1 = „stimmt nicht“ bis 4 = „stimmt genau“) eingeschätzt wurden. Die Einschätzungen beziehen sich auf ihre empfundene Zufriedenheit mit dem aktuellen Entwurf, die Angemessenheit des zeitlichen Aufwands bis zur Fertigstellung des Entwurfs, die Relevanz des Entwurfs für die Unterrichtsvorbereitung und die Abbildung der gedanklichen Planungsentscheidungen in dem Entwurf. Die Subskalen zeigen eine hohe interne Konsistenz, da Cronbachs Alpha für alle vier Skalen zu allen drei Messzeitpunkten über .80 liegt.

Ergebnisse und Diskussion zum Selbsteinschätzungsfragebogen

Über den VD hinweg steigt die Zufriedenheit der angehenden Lehrkräfte mit ihrem schriftlichen Entwurf signifikant an ($F(2,34) = 5.52$, $p = .008$, *part.* $\eta^2 = .245$). Dies könnte daran liegen, dass sie mit der Zeit immer mehr Sicherheit dahingehend gewinnen, wie man einen Entwurf schreibt und welche Aspekte dieser enthalten soll. Obwohl angehende Lehrkräfte oft zurückmelden, dass sie das Schreiben von Entwürfen während ihrer Ausbildung als überflüssig empfinden, konnte dies hier nicht nachgezeichnet werden. Sie schätzen den Entwurf eher als relevant ($M = 2.74$) für die Unterrichtsvorbereitung über alle drei Messzeitpunkte ein, aber die Veränderung wird über den VD nicht signifikant ($F(1.38,23.40) = 1.05$, $p = .340$, *part.* $\eta^2 = .058$). Der zeitliche Aufwand für das Verfassen der Unterrichtsentwürfe wird von den angehenden Lehrkräften mit der Zeit als signifikant unangemessener eingeschätzt ($F(2,34) = 4.05$, $p = .026$, *part.* $\eta^2 = .193$). Das könnte daran liegen, dass sie trotz Routinebildung im Verfassen von Unterrichtsentwürfen insbesondere zum Ende des VD, mit Blick auf die Anforderungen der Unterrichtspraktischen Prüfung, immer noch viel Zeit benötigen, da 61% der Probanden angaben, mehr als 20 Stunden für das Verfassen zu benötigen. Auch wenn die angehenden Lehrkräfte über alle drei Messzeitpunkte einschätzen, dass sie nicht alle gedanklichen Planungsentscheidungen in den Entwurf schreiben ($M = 2.37$), wurde dieser dennoch als das praktikabelstes Medium angesehen, einen ersten Zugang zu Unterrichtsplanungen im VD zu erhalten ($F(2,34) = 0.003$, $p = .997$, *part.* $\eta^2 = .000$).

Ergebnisse und Diskussion zu ersten Auswertungen der Entwürfe

Um eine Veränderung der Qualität über den VD zu untersuchen, wurde eine ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Es lässt sich keine signifikante Veränderung ($F(2,34) = 1.53$, $p = .230$, *part.* $\eta^2 = .083$) feststellen. Das zeigt auch der Friedman Test, das nichtparametrische Pendant ($FR = 2.33$, $p = .311$). Der mittlere Effekt deutet darauf hin, dass der VD einen Effekt auf die Veränderung der Qualität der Planung hat. Allerdings ist dieser Effekt nicht gegen den Zufall abgesichert, was möglicherweise auf die kleine Stichprobe zurückzuführen ist. Der für diese Studie optimale Probandenumfang beträgt $N = 27$ (Bortz & Döring, 2006, S. 631). Sich anschließende, qualitative Auswertungen konnten zeigen, dass die Probanden in drei Gruppen eingeteilt werden können: Diejenigen, die sich positiv (1) oder negativ (2) über den VD verändern und diejenigen, die über den VD hinweg stagnieren (3), also keine Veränderung von Messzeitpunkt 1 zu Messzeitpunkt 3 zeigen. Die Veränderung der ersten Gruppe könnte daran liegen, dass sie viele Lerngelegenheiten über den VD erhalten hat. Die negative Veränderung der zweiten Gruppe ließe sich dahingehend interpretieren, dass sie den Entwürfen mit zunehmender Ausbildungszeit, aufgrund geringer Rückmeldung durch die Fachleiterinnen und Fachleitern, immer weniger Aufmerksamkeit geschenkt hat. Die Stagnation in der dritten Gruppe könnte daran liegen, dass eine Verlagerung von Schwerpunktsetzungen bei der detaillierten Beschreibung von Planungspunkten in Entwürfen stattgefunden hat. Dies könnte mit wachsender Erfahrung und Routinebildung bei den angehenden Lehrkräften einhergehen.

Ausblick

Eine polythetische Typenbildung soll nun mehr Aufschluss über die Veränderungen innerhalb der Gruppen ergeben (vgl. hierzu Rau, Windt & Rumann in diesem Band). Dabei geht es darum, Gemeinsamkeiten innerhalb der Gruppen und Unterschiede zu den anderen Gruppen herauszuarbeiten. Des Weiteren werden mit den Fachleiterinnen und Fachleitern leitfadengestützte Interviews geführt, um Einblicke in ihre Sicht auf guten Sachunterricht zu erhalten. Dies ermöglicht Schwerpunktsetzungen in den Unterrichtsplanungen der angehenden Lehrkräfte mit den Aussagen der Fachleiterinnen und Fachleitern abgleichen zu können.

Literatur

Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldimann, T., Larcher, S., Dörr, G., & Larcher, S. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 14 (1), 85 - 117

Bortz, J., & Döring, N. (2006). Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler; mit 87 Tabellen (4., überarb. Aufl.). Springer-Lehrbuch Bachelor, Master. Heidelberg: Springer-Medizin-Verlag

Einsiedler, W. (2007). Methoden und Prinzipien des Sachunterrichts. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, D. von Reeken, & S. Wittkowske (Hrsg.), Handbuch Didaktik des Sachunterrichts (S. 389–400). Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 389 - 400

Hasenkamp, A., Windt, A., & Rumann, S. (2014). Sachunterrichtsplanung in der zweiten Phase der Lehrerausbildung. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN, 456 - 458

Hasenkamp, A., Windt, A., & Rumann, S. (2015). Entwicklung der Sachunterrichtsplanung bei angehenden Lehrkräften. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Kiel: IPN, 600 - 602

Helmke, A. (2003). Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern (1. Aufl.). Seelze: Klett Kallmeyer

Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts (2. aktual. Aufl.). Unterricht verbessern - Schule entwickeln. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer

Hempel, M., & Lüpkes, J. (2009). Lernen im Sachunterricht: Lernplanung - Lernaufgaben - Lernwege. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren

Kiper, H., & Mischke, W. (2009). Unterrichtsplanung. Bachelor/Master. Weinheim: Beltz

König, J., Buchholtz, C., & Dohmen, D. (2015). Analyse von schriftlichen Unterrichtsplanungen: Empirische Befunde zur didaktischen Adaptivität als Aspekt der Planungskompetenz angehender Lehrkräfte. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 18 (2), 375 - 404

Mayring, P. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (10., neu ausgestattete Aufl.). Pädagogik. Weinheim, Basel: Beltz

Meyer, H. (2004, 2007). Was ist guter Unterricht? (1. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor

Meyer, H. (2010). Leitfaden Unterrichtsvorbereitung: [der neue Leitfaden] (5. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor

Peterßen, W. H. (2000). Handbuch Unterrichtsplanung: Grundfragen, Modelle, Stufen, Dimensionen (9. Aufl.). München: Oldenbourg

Sandfuchs, U. (2009a). Grundfragen der Unterrichtsplanung. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs, & J. Wiechmann (Hrsg.), UTB: Vol. 8423. Handbuch Unterricht (2. Aufl.). Bad Heilbronn: Klinkhardt, 512 - 519

Sandfuchs, U. (2009b). Ebenen, Prinzipien und Situationen der Planung. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs, & J. Wiechmann (Hrsg.), UTB: Vol. 8423. Handbuch Unterricht (2. Aufl.,). Bad Heilbronn: Klinkhardt, 519 - 524

Tänzer, S. (2012). Wie bewältigen Lehramtsanwärterinnen die Planung von Sachunterricht? - Erste Ergebnisse aus einem Forschungsprojekt. In H. Giest, E. Heran-Dörr, & C. Archie (Hrsg.), Lernen und Lehren im Sachunterricht. Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 199 - 206

Sarah Rau Universität Duisburg-Essen
Anna Windt
Stefan Rumann

Veränderung der Qualität von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst

Ausgangslage & theoretischer Hintergrund

In diversen Studien konnte bereits gezeigt werden, dass sich in Praxisphasen der Lehrerausbildung neben Wissen, Selbstbewusstsein und Überzeugungen auch allgemeine Lehrfähigkeiten entwickeln (Niemi, 2011; Schmidt et al., 2007). Zudem konnte gezeigt werden, dass einzelne Aspekte von Unterrichtsqualität signifikant über den Verlauf von Praxisphasen ansteigen (Baer et al., 2011). Der Anstieg ist dabei in einigen Bereichen, z. B. Organisation von Unterricht, stärker als in anderen, z. B. Einbau von Aspekten der Heterogenität (Baer et al., 2011). Dass es auch für erfahrene Lehrkräfte schwieriger ist, Merkmale auf der Individualebene der SchülerInnen umzusetzen als Merkmale der Strukturierung und Organisation, zeigen Analysen der Hamburger Schulinspektion (Pietsch, 2010).

All diese Studien nehmen vorrangig angehende Lehrkräfte aus der Sekundarstufe I zum Untersuchungsgegenstand oder beziehen sich auf Unterrichtsfächer wie Mathematik und Deutsch. Wie sich die Entwicklung von Sachunterrichtslehrkräften im Vorbereitungsdienst gestaltet ist hingehen ungeklärt. Das vorgestellte Teilprojekt zur Durchführung von Sachunterricht (SU) hat zum Ziel, diese ungeklärte Entwicklung nachzuzeichnen. Dabei wird vor allem in den Blick genommen, in welchem Maße die angehenden Lehrkräfte über die Ausbildungszeit hinweg in der Lage sind, qualitätsstiftende Maßnahmen im SU umzusetzen.

Forschungsfragen

F1: Wie verändert sich die Durchführungsqualität von SU im Vorbereitungsdienst?

H1: Die Qualität der Unterrichtsdurchführung nimmt im Verlauf des Vorbereitungsdienstes zu (basierend auf z. B. Baer et al., 2011).

F2: Wie verändert sich die Durchführungsqualität von SU hinsichtlich einzelner Qualitätsmerkmale im Vorbereitungsdienst?

H2.1: Grundlegende Aspekte der Unterrichtsorganisation und -strukturierung (Klassenführung, Klarheit & Strukturiertheit, Angebotsvielfalt) entwickeln sich insbesondere in der ersten Hälfte des Vorbereitungsdienstes (basierend auf Pietsch, 2010).

H2.2: Aspekte, die die Individualebene der SuS einbeziehen (Umgang mit Heterogenität, Aktivierung, Lernförderliches Klima) entwickeln sich insbesondere in der zweiten Hälfte des Vorbereitungsdienstes (basierend auf Pietsch, 2010).

Methoden & Design

Um die Entwicklung im Laufe der 1,5-jährigen Ausbildung in NRW nachzuzeichnen, wurden im Rahmen der verpflichtenden Unterrichtsbesuche drei Unterrichtsstunden nach standardisierenden Richtlinien videographiert. Die Aufnahmen erfolgten je einmal am Anfang, in der Mitte und am Ende des Vorbereitungsdienstes bei 12 LehramtsanwärterInnen LAA.

Für die Analyse der Videos wurde ein Kategoriensystem verwendet, welches guten Sachunterricht operationalisiert. Das Kategoriensystem basiert auf den Merkmalen guten Unterrichts (z. B. Helmke, 2009; Meyer, 2007). Zur fachspezifischen Ausdifferenzierung fließen sachunterrichtsdidaktische Aussagen in die Merkmalsbeschreibungen ein (vgl. Rau, Windt & Rumann, 2015). Das Kategoriensystem bildet die Merkmalsgruppen der Organi-

sation & Strukturierung (Merkmale Klassenführung, Klarheit & Strukturiertheit, Gestaltung des Lernangebots) sowie Individualebene der SchülerInnen (Merkmale Aktivierung, Lernförderliches Klima, Umgang mit Heterogenität) ab und wurde über ein Expertenrating validiert.

Die Analysen der videographierten Unterrichtsstunden erfolgten standardisiert nach den Vorgaben zur qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring & Fenzl (2014). Die Auswertungseinheit teilt sich in vier Analyseschritte:

(1) Unterrichtsvideo insgesamt ansehen; Beobachtungsnotizen anfertigen
(2) Sichtung des Anhangs mit Fotos aus dem Klassenraum und kopiertem Arbeitsmaterial
(3) Unterrichtsvideo in 5-minütigen Sequenzen ansehen und kodieren
(4) Finale Kodierungen unter Berücksichtigung der Schritte 1-3

Die Kontexteinheit als größte kodierbare Einheit ist in diesem Fall die gesamte Unterrichtsstunde. Zum einen werden in Form eines Overall-Samplings alle niedrig-inferenten Facetten (z. B. Lehrer-Schüler-Zentrierung) nach Schritt (1) eingeschätzt; zum anderen werden alle hoch-inferenten Facetten (z. B. positive Fehlerkultur) in Form eines Overall-Samplings in Schritt (4) eingeschätzt.

Zwischen diesen Kontextkodierungen (1) und (4) liegen die Kodiereinheiten als kleinste kodierbare Einheit. In dieser Studie sind die Kodiereinheiten entweder einzelne Arbeitsmittel bzw. Fotos oder einzelne Events innerhalb der 5-minütigen Sequenzen. Einzelne Facetten werden auf Basis den jeweiligen Events kodiert (z. B. Umgang mit Störungen).

Trotz des komplexen Verfahrens konnte mit zwei geschulten Kodierern an zunächst 6 doppelt kodieren Unterrichtsstunden eine durchaus zufriedenstellende Beurteiler-übereinstimmung von $.571 < \kappa \leq 1.0$ für die einzelnen Facetten erreicht werden (Wirtz & Caspar, 2002). Weitere Analysen stehen noch aus.

Ergebnisse

Die Veränderung der Durchführungsqualität von Sachunterricht verläuft auf der deskriptiven Ebene positiv (Abb. 1, H1), wird jedoch statistisch nicht signifikant ($F(2,22) = 2.160$, $p = .143$, part. $\eta^2 = .164$). Ähnliche Ergebnisse findet man auch für die Merkmale der Organisation & Strukturierung (Abb. 1, H2.1) mit $F(2,22) = 0.930$, $p = .396$, part. $\eta^2 = .078$ sowie für die Merkmale der Individualebene der SchülerInnen (Abb. 1, H2.2) mit $F(2,22) = 2.778$, $p = .084$, part. $\eta^2 = .202$. Aufgrund fehlender Normalverteilung der Daten wurde stets zusätzlich der non-parametrische Friedman Test gerechnet, der allerdings nicht zu grundsätzlich anderen Ergebnissen führt.

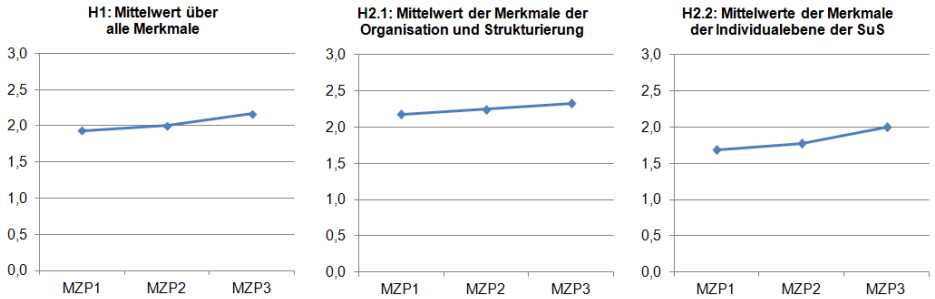


Abbildung 1

Auch die in Hypothese H2.1 und H2.2 postulierten Unterschiede im Entwicklungsverlauf der Merkmale der Organisation & Strukturierung bzw. der Merkmale der Individualebene der SchülerInnen. Diese zeigen sich nicht in einem statistisch bedeutsamen Ausmaß. Allerdings werden die Merkmale der Organisation & Strukturierung zu allen drei

Messzeitpunkten in höherem Maße umgesetzt als die Merkmale der Individualebene. Der Unterschied zwischen den Merkmalsgruppen wird im Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben zu allen drei Messzeitpunkten signifikant (MZP 1: $p = .002$, MZP 2: $p = .003$; MZP 3: $p = .008$).

Zur tiefergehenden Datenanalyse wurden die Profillinien aller Probanden optisch inspiziert. Dabei konnten drei Gruppen identifiziert werden: Positive Veränderung, Stagnation und negative Veränderung über die MZP 1 und 3.

Im Rahmen einer polythetischen Typenbildung, welche aus dem vorliegenden Material erfolgt, wird im Weiteren geprüft, ob den identifizierten Veränderungsgruppen auch unterschiedliche (Sub-)Typen zu Grunde liegen. Hierfür werden die LAA vor allem in Bezug auf ihre Merkmalsausprägungen zu den jeweiligen Messzeitpunkten miteinander verglichen. Darüber hinaus werden auch vorliegende personenbezogene Daten (z. B. Studium, Erfahrung) in die Typenbildung einbezogen.

Diskussion

Aufgrund fehlender statistischer Signifikanz müssen alle drei Hypothesen zurückgewiesen werden. Die gefundenen mittleren bis großen Effekte deuten aber auf eine Bedeutsamkeit des Vorbereitungsdienstes hinsichtlich der Qualität der Unterrichtsdurchführung hin. Die mangelnde Signifikanz könnte durch die geringe Stichprobengröße begründet sein.

Darüber hinaus beruhen die vorliegenden Ergebnisse auf einer Gelegenheitsstichprobe und spiegeln möglicherweise eine Positivauswahl wieder. Indizien dafür zeigen sich in der hohen Ausprägung der Qualitätsmerkmale über alle Messzeitpunkte (Abb. 1). Auch der Umstand, dass Unterrichtsbesuche als Datengrundlage dienen, kann dazu führen, dass die Mittelwerte besonders hoch ausfallen. Viele LAA investieren dort besonders viel Energie (Storr, 2006).

Für LAA, die zu Beginn eher wenige qualitätsstiftenden Maßnahmen zeigen, scheint es viele Lerngelegenheiten zu geben. Für LAA, die bereits zu Beginn der Studie viele qualitätsstiftenden Maßnahmen im SU umsetzen, scheint es hingegen entweder zu wenige Lerngelegenheiten zu geben (Stagnierer) oder der Fall zu sein, dass sie insbesondere am Anfang sehr viel Unterstützung durch Mentoren o. ä. erhalten (negative Veränderung).

Literatur

Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldimann, T., Larcher, S. & Dörr, G. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 14*(1), 85–117.

Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett Kallmeyer.

Mayring, P., & Fenzl, T. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.). *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (543-556). Wiesbaden: Springer.

Meyer, H. (2007). *Was ist guter Unterricht?* Frankfurt am Main: Cornelsen Scriptor.

Niemi, H. (2011). Educating student teachers to become high quality professionals - a Finnish case. *CEPS Journal, 1*(1), 43–66.

Pietsch, M. (2010). Evaluation von Unterrichtsstandards. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 13* (1), 121–148

Rau, S., Windt, A. & Rumann, S. (2015). Entwicklung von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerbildung. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014* (S. 603-605). Kiel: IPN.

Schmidt et al. (2007). *The Preparation Gap: Teacher Education for Middle School Mathematics in Six Countries (MT21 Report).* Abgerufen von http://usteds.msu.edu/MT21Report.pdf

Storr, B. (2006). *„In der Lehrprobe da machst du `ne Show“ – Das Referendariat als Gegenstand rekonstruktiver Sozialforschung*. Berlin: Logos.

Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe.

Anna Windt[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Gerlinde Lenske[2] [2]Universität Koblenz-Landau

Qualität der Sachunterrichtsreflexion im Vorbereitungsdienst

Theoretischer Hintergrund

Die Reflexion von Unterricht ist ein integratives Element fast aller Empfehlungen zur Lehrerbildung in Deutschland (Roters, 2012). Ein Grund hierfür ist sicherlich, dass der Reflexion eine hohe Relevanz für die Ausbildung beruflicher Professionalität zugesprochen wird (Dubs, 2008; Helmke, 2009; Kansanen, 2000; Korthagen, 2002; Mamede & Schmidt, 2004; Schön, 1983). Im Fach Sachunterricht hat die Reflexion von Unterricht aufgrund der Vielperspektivität eine besonders starke Relevanz. Infolge der vielfältigen Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts können ausbildungsrelevante Inhalte im Studium und im Vorbereitungsdienst nicht in der gesamten Breite, sondern nur beispielhaft thematisiert werden, so dass der eigenen Weiterentwicklung eine besonders große Bedeutung zukommt (Graff, 2010).

Hier wird unter einer Reflexion eine bestimmte Form des Denkens, ein mentaler Prozess verstanden, der der kognitiven Strukturierung von Problemen, Situationen, Erfahrungen oder auch Wissen dient (vgl. Dewey, 1933; Hatton & Smith, 1995; Korthagen, 2002; Roters, 2012; Schön, 1983). Es wird eine Reflexion im Sinne einer reflection-on-action (Schön, 1983; Altrichter & Posch, 2007) betrachtet, die nach der Handlung erfolgt. Verschiedene Autoren gehen davon aus, dass solch eine Form der Reflexion durch Anwendung erlernbar ist (Dewey, 1933; Roters, 2012).

In verschiedenen Studien wurden Stufenmodelle entwickelt, auf deren Grundlage eine Unterrichtsreflexion hinsichtlich ihrer Qualität einer bestimmten Stufe zugeordnet werden kann (z. B. Abels, 2010; Hatton & Smith, 1995; Wyss, 2013; Zimmermann & Welzel, 2008). Die Modelle basieren zum großen Teil auf ihren jeweiligen Vorgängern und weisen deswegen ein großes Maß an Überschneidungen auf. Eine Problematik der vorliegenden Modelle liegt darin, dass die Stufen nicht immer trennscharf sind, eine andere, dass einige der genannten Elemente nur sehr selten bis nie in Unterrichtsreflexionen zu finden sind. Auch wenn die Erfassung des Konstrukts Unterrichtsreflexion schwierig ist (vgl. hierzu auch Windt & Lenske, 2015), lassen sich über solche Stufenmodelle unterschiedliche Niveaustufen operationalisieren, was die Beschreibung einer qualitativen Veränderung von Unterrichtsreflexionen ermöglicht.

Methoden & Design

Basierend auf diesem theoretischen Hintergrund und der in Windt & Rumann (in diesem Band) beschriebenen Ausgangslage, ist das Ziel dieses Projektes, Veränderungen hinsichtlich der Reflexion von Sachunterricht im Verlauf des Vorbereitungsdienstes zu beschreiben.

Dafür wurden die mündlichen Stellungnahmen im Anschluss an die gehaltenen Unterrichtsstunden im Rahmen der Unterrichtsbesuche am Anfang, in der Mitte und am Ende des Vorbereitungsdienstes genutzt. Nach der Unterrichtsstunde standen den angehenden Lehrkräften zehn Minuten Zeit zur Verfügung, um Gedanken zum gehaltenen Unterricht anzustellen. Im Anschluss gaben sie eine Stellungnahme von ca. zehn Minuten ab. Diese wurde audiographiert, mit der Software MAXQDA 11 transkribiert und anhand eines Kategoriensystems unter Verwendung der strukturierten Inhaltsanalyse nach Mayring (2000) analysiert.

Das Kategoriensystem wurde in Anlehnung an die oben genannten Stufenmodelle entwickelt, wobei allerdings Veränderungen und Ergänzungen vorgenommen wurden. Insgesamt wurden deutlich mehr Kategorien in das Kategoriensystem aufgenommen als in bisherigen Studien. Auf der Basis der oben genannten Stufenmodelle wurde die Kategorie „Vollstän-

digkeit“ angelegt. Dazu wurden aus den verschiedenen Stufenmodellen Elemente abgeleitet, die eine Unterrichtsreflexion möglichst enthalten sollte: Es sollte zunächst eine Beschreibung von Schlüsselsequenzen des Unterrichts erfolgen (1. Element). Diese sollten bewertet (2. Element) und die Bewertungen sowie Entscheidungen begründet werden (3. Element). Darüber hinaus sollten Alternativen herausgearbeitet (4. Element) und Konsequenzen für die eigene Professionalisierung abgeleitet werden (5. Element). Auf der Grundlage des Auftretens dieser fünf Elemente wurde eine Zuteilung zu einer Stufe der Vollständigkeit vorgenommen. Bei allen fünf Elementen wurde Stufe 5 zugewiesen, bei vier Elementen Stufe 4 etc., unabhängig davon welche vier Elemente gefunden wurden. Dabei wurde nicht das gesamte Transkript als Analyseeinheit gewählt, sondern dieses wurde in Abschnitte unterteilt, in denen über unterschiedliche Aspekte des Unterrichtes gesprochen wurde.
Neben der Kategorie „Vollständigkeit“ enthält das Kategoriensystem noch drei weitere Kategorien: Strukturiertheit, Objektivität und Attribution. Darüber hinaus werden auch die Veridikalität, also die Wirklichkeitsgetreue der Reflexion, ihr Umfang und ihr Inhalt als mögliche Einflussfaktoren bezüglich der Reflexionsqualität kodiert. Da sich die Ergebnisdarstellung auf die Kategorie „Vollständigkeit“ fokussiert, werden die anderen Kategorien hier nicht weiter beschrieben.
Alle Transkripte wurden von zwei Ratern kodiert, die vorher in einer Schulung über die grundsätzliche Anlage der Studie, das Kategoriensystem sowie mögliche Urteilsfehler beim Kodieren informiert wurden und anhand von Pilotierungstranskripten die Kodierung trainiert hatten. Für die Kategorie „Vollständigkeit“ ergaben sich sehr gute Beurteilerübereinstimmungen von $.76 < \kappa < .81$ für die drei Messzeitpunkte. Durch eine kommunikative Validierung der Daten konnten sogar fast perfekte Übereinstimmungen von $.96 < \kappa < .98$ erreicht werden.

Ergebnisse

Die Ergebnisdarstellung fokussiert auf die Kategorie „Vollständigkeit“. Auf deskriptiver Ebene finden sich hinsichtlich der Vollständigkeit der Unterrichtsreflexionen sowohl Unterschiede zwischen den Probanden als auch Unterschiede innerhalb der Probanden zwischen den drei Messzeitpunkten. Diese Veränderungen sind aber nicht signifikant, wie eine ANOVA mit Messwiederholung zeigt: $F(2, 22) = 0.084$, $p = .920$, $\eta^2 = 0.008$. Der Vorbereitungsdienst hat damit keinen Effekt auf die Vollständigkeit von Unterrichtsreflexionen. Eine qualitative Analyse der einzelnen Probanden zeigt, dass eine Identifikation von drei Gruppen von Probanden möglich ist: Probanden, die vom ersten zum dritten Messzeitpunkt eine positive bzw. negative Veränderung vollziehen sowie Probanden deren Veränderung vom ersten zum dritten Messzeitpunkt stagniert.
Allerdings findet sich ein signifikanter Anstieg in der Anzahl der Aspekte, die in der Unterrichtsreflexion angesprochen werden: $F(2, 22) = 4.199$, $p < .05$, $\eta^2 = 0.276$. Der Vorbereitungsdienst hat damit einen großen Effekt auf die Menge der Aspekte, die nach dem Unterricht als relevant in Betracht gezogen werden.

Diskussion & Ausblick

Aus dem Ergebnis, dass sich die Vollständigkeit hinsichtlich der beschriebenen Schlüsselsequenzen der Unterrichtsreflexionen nicht signifikant über den Verlauf des Vorbereitungsdienstes verändert, wird gefolgert, dass diese Form der Reflexion nicht durch schlichte Anwendung erlernt wird. Es scheint eine explizite Förderung der Unterrichtsreflexion auch schon im Studium erforderlich zu sein, damit die angehenden Lehrkräfte von Beginn des Vorbereitungsdienstes an ihre Unterrichtsreflexionen als tragfähiges Instrument für die eigene Professionalisierung nutzen können. Auf der Basis der drei gefundenen Gruppen soll nun eine qualitative Analyse in Form einer polythetischen Typenbildung (vgl. z. B. Kuckartz, 2010) erfolgen. Darüber hinaus sollen die anderen Kategorien „Strukturiertheit“, „Objektivi-

tät“ sowie „Attribution“ ausgewertet werden, um Aussagen darüber treffen zu können, ob sich die Unterrichtsreflexionen möglicherweise hinsichtlich dieser Kategorien im Verlauf des Vorbereitungsdienstes verändern.

Aus dem Ergebnis, dass die Anzahl an angesprochenen Aspekten über den Vorbereitungsdienst signifikant zunimmt, lässt sich auf eine Erweiterung des Blickes für den eigenen Unterricht schließen. Somit könnte es sein, dass durch eine erhöhte Thematisierung relevanter, inhaltlicher Aspekte die Reflexion dennoch an Qualität gewinnt, auch wenn die Vollständigkeit hinsichtlich der beschriebenen Schlüsselsequenzen der Unterrichtsreflexionen nicht signifikant zunimmt. Weiterführende Analysen sollen darüber Auskunft geben, welche Aspekte schon zu Beginn des Vorbereitungsdienstes angesprochen werden und welche mit der Zeit dazukommen. Denkbar ist, dass der Fokus zunächst auf den Rahmenbedingungen guten Unterrichts liegt (z. B. Aspekte der Klassenführung) und nachfolgend erst z. B. die Kognitive Aktivierung oder der Umgang mit Heterogenität in den Blick genommen werden.

Literatur

Abels, S. (2010). Lehrerinnen und Lehrer als "Reflective Practitioner". Hamburg: VS Verlag für Sozialwissenschaften

Altrichter, H., & Posch, P. (2007). Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht: Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Dewey, J. (1933). How we think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process. Boston

Dubs, R. (2008). Lehrerbildung zwischen Theorie und Praxis. In E. Lankes (Hrsg.), Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung. Münster: Waxmann, 11-28

Graff, T. (2010). Reflexionspotential von Lehrerinnen und Lehrern im Fach Sachunterricht. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 213-220

Hatton, N., & Smith, D. (1995). Reflection in Teacher Education: Towards Definition and Implementation. Teaching and Teacher Education, 11, 33-49

Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett Kallmeyer

Kansanen, P. (2000, Hrsg.). Teachers' pedagogical thinking: Theoretical landscapes, practical challenges. New York: Lang

Korthagen, F. (2002). Eine Reflexion über Reflexion. In F. Korthagen, J. Kessels, B. Koster, B. Lagerwerf & T. Wubbels (Hrsg.), Schulwirklichkeit und Lehrerbildung. Hamburg: EB-Verlag, 55-73

Kuckartz, U. (2010). Typenbildung. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 553-568

Mamede, S., & Schmidt, H. (2004). The structure of reflective practice in medicine. Medical Education, 38(12), 1302-1308

Mayring, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse. Forum Qualitative Sozialforschung, 1(2), 10 Seiten

Schön, D. (1983). The reflective practitioner: How professionals think in action. New York: Basic Books

Roters, B. (2012). Professionalisierung durch Reflexion in der Lehrerbildung. Eine empirische Studie an einer deutschen und einer US-amerikanischen Universität. Münster: Waxmann

Valli, L. (1997). Listening to Other Voices: A Description of Teacher Reflection in the United States. Peabody Journal of Education, 72(1), 67-88

Windt, A., & Lenske, G. (2015). Entwicklung der Reflexion von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerausbildung. In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik (Hrsg.), Bildung im und durch Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 209-216

Wyss, C. (2013). Unterricht und Reflexion. Münster: Waxmann

Zimmermann, M., & Welzel, M. (2008). Reflexionskompetenz - ein Schlüssel zur naturwissenschaftlichen Frühförderkompetenz (NFFK). Perspektiven zur pädagogischen Professionalisierung, 74, 29-36

Janne Krüger Universität Hamburg
Dietmar Höttecke

Schülerperspektive auf die diachrone Natur der Naturwissenschaften - Gruppierung von Orientierungsrahmen

Ansätze historisch orientierten Unterrichts fokussieren auf die Veränderung der Naturwissenschaften in einer zeitlichen Perspektive. Diese Diachronizität stellt einen spezifischen Teil der Natur der Naturwissenschaften (NdN) dar (Henke & Höttecke, 2013). Für eine effektive Gestaltung von Lehr-Lern-Arrangements ist nach Annahme des Modells der didaktischen Rekonstruktion die Berücksichtigung der Schülerperspektive zentral (Kattmann et al., 1997). Hier werden Ergebnisse einer Studie vorgestellt, die die Schülerperspektive auf die diachrone NdN untersucht.

Konzeption der Schülerperspektive und Forschungsinteresse

Die diachrone NdN liegt im Schnitt zwischen Naturwissenschaften und Geschichte. In den Didaktiken beider Disziplinen wird die Schülerperspektive konzeptionell unterschiedlich gefasst. In den Naturwissenschaftsdidaktiken werden unter der Schülerperspektive vorrangig explizierbare *Schülervorstellungen* verstanden (z. B. Duit, 2009). In der Geschichtsdidaktik wird als Schülerperspektive auf zeitliche Entwicklungen das *Geschichtsbewusstsein* diskutiert. Dieses wird von Rüsen (1983) als „Sinnbildung über Zeiterfahrungen“ beschrieben. Mit Bezügen zu vergangenen Zeiterfahrungen bilden Menschen Sinn über neue Zeiterfahrungen und haben so die Möglichkeit, sich selbst in der Zeit zu orientieren. Dies wird als Grundbedürfnis der Menschen beschrieben, um „sich nicht in der Veränderung ihrer Welt und ihrer selbst [zu] verlieren“ (Rüsen, 1983, S.52). Dabei wird angenommen, dass sich das Geschichtsbewusstsein in Sozialisationsprozessen entwickelt und als implizites Wissen verstanden werden muss (Jeismann, 2000; Schönemann, 2000). Es ist davon auszugehen, dass das Geschichtsbewusstsein von Schüler_innen auch in historisch orientiertem Naturwissenschaftsunterricht relevant ist, jedoch nicht ad hoc von den Schüler_innen expliziert werden kann. Bestehende Forschung zur Schülerperspektive auf die diachrone NdN betrachtet bisher nur explizierbare Schülervorstellungen, zeigt außerdem, dass Schüler_innen auch ohne historisch orientierten Unterricht in der Lage sind, Sinn bzgl. der diachronen NdN zu bilden (Henke & Höttecke, 2013). Die vorliegende Untersuchung widmet sich nun der Rekonstruktion und Beschreibung dem nicht unmittelbar explizierbaren Anteil der Schülerperspektive auf die diachrone NdN. Es steht die Frage im Vordergrund, was die Sinnbildung der Schüler_innen zur diachronen NdN strukturiert.

Methodisches Vorgehen

In Interviews mit Schüler_innen der 6., 9. und 11./12. Klasse wurde deren Sinnbildung durch das Anfertigen einer metaphorischen Zeichnung initiiert. Die Schüler_innen zeichneten ein Bild vom „Weg der Wissenschaft von früher bis heute“ (Krüger, Höttecke & Henke 2015). Im Anschluss daran fand ein Interview über ihr Bild statt, in dem erzählgenerierende Fragen gestellt wurden. Die insgesamt 33 Interviews wurden mit Hilfe der dokumentarischen Methode analysiert (Bohnsack, 2003). Mit dieser Methode kann einerseits analysiert werden, WAS Schüler_innen zu einem Thema sagen und andererseits WIE sie es sagen. Das WIE des Sprechens ermöglicht die Rekonstruktion von implizitem Wissen. Die Struktur dieses impliziten Wissens wird als Orientierungsrahmen bezeichnet. Im Folgenden werden Orientierungsrahmen von Schüler_innen zur diachronen NdN dargestellt und gruppiert.

Ergebnisse
In der noch laufenden Analyse des Interviewmaterials konnten verschiedene Erfahrungen und Wissensbestände, die die Sinnbildung der Schüler_innen strukturieren, rekonstruiert werden. Bisher konnten fünf Gruppen von Orientierungsrahmen identifiziert werden:

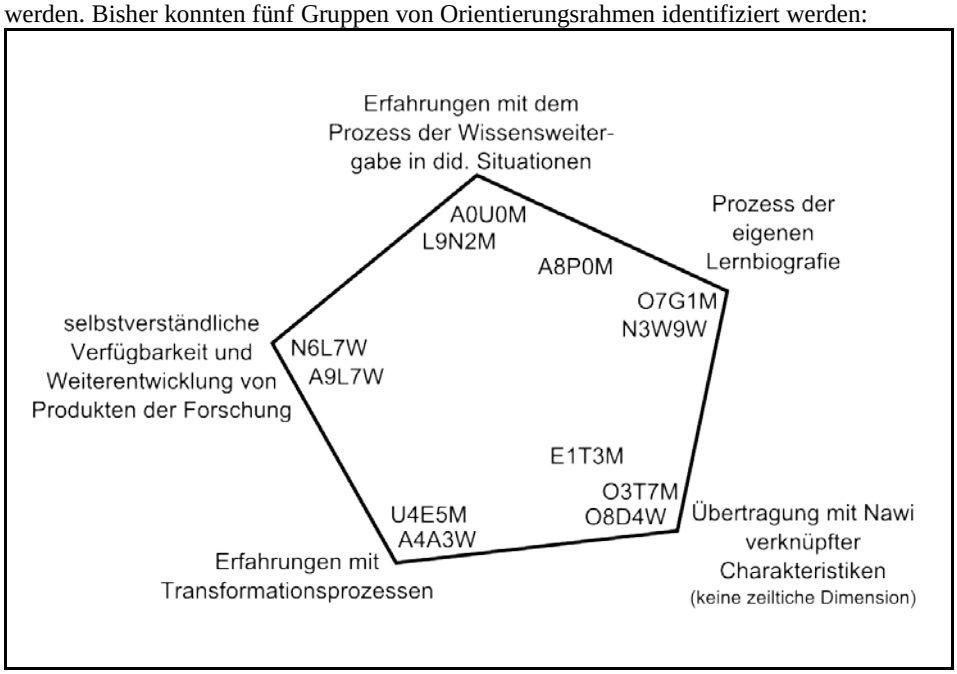


Abb. 1: Visuelle Darstellung der fünf Gruppen von Orientierungsrahmen bzgl. der diachronen NdN. Fälle zwischen zwei Ecken sind als Mischfälle zu verstehen.

Selbstverständliche Verfügbarkeit & Weiterentwicklung von Produkten der Forschung
Für diese Schülerinnen sind in einer zeitlichen Dimension die quantitative Verfügbarkeit und die qualitative Weiterentwicklung von Produkten der Forschung zentral. Es stehen nicht, wie bei anderen Fällen, Wissen oder Erkenntnisse über die uns umgebende Welt im Vordergrund, sondern technische oder medizinische Gegenstände. Diese werden als selbstverständlich und jederzeit verfügbar konzipiert. Auch die Weiterentwicklung vollzieht sich selbstverständlich.

Erfahrungen mit dem Prozess der Wissensweitergabe in didaktischen Situationen
Im Kontrast zu den vorherigen Schülern ist für diese Schüler Wissen zentral, welches in einer zeitlichen Dimension von einer Gruppe von Personen an andere Personen weitergegeben wird. Es wird eine Art Schneeballprinzip der Wissensweitergabe konzipiert. Im Rahmen didaktischer Situationen in der Familie oder in der Schule erleben die Schüler dieses Vorgehen der Wissensweitergabe selbst und nutzen diese Erfahrung für ihre Sinnbildung bzgl. der diachronen NdN.

Prozess der eigenen Lernbiografie
Erfahrungen der zeitlichen Entwicklung der eigenen Lernbiografie strukturieren hier die Sinnbildung über die diachronen NdN. Früher hat man sich mit einfachen Themen beschäftigt, die den Kontext Natur, Tiere und Menschen betrafen. Nach dieser jetzt abgeschlossenen Phase beginnt eine Phase anspruchsvollerer Auseinandersetzung mit physikalischen und chemischen Themen. Diese Phase ist noch nicht abgeschlossen und wird, ähnlich dem lebenslangen Lernen, nie abgeschlossen sein.

Übertragung mit Naturwissenschaften verknüpfter Charakteristiken
Diese Schüler sprechen zwar explizit über die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften, bei der Rekonstruktion des nicht-explizierbaren Wissens zeigt sich jedoch kein Fokus auf eine zeitliche Komponente. Vielmehr sind mit Naturwissenschaften in Verbindung gebrachte Charakteristiken zentral. Beispielsweise überträgt ein Schüler die Eigenschaften selbsterlebten Naturwissenschaftsunterrichts auf die naturwissenschaftliche Forschung insgesamt.

Erfahrungen mit Transformationsprozessen
Im Kern dieses Orientierungsrahmens steht die Idee grundlegender Transformationen, die sich als Veränderung von Eigenschaften der Naturwissenschaften ausprägen. Transformationsprozesse haben diese Schüler_innen selbst erlebt oder Wissen darüber erworben. Die diachrone NdN wird als ein transformatorischer Prozess konzipiert, in der es eine Phase besonders starker Eigenschaftsveränderungen gibt.

Zusammenfassung und Konsequenzen
Die bisherige Analyse zeigt, dass Schüler_innen Sinn zur diachronen NdN mit Bezügen zu vielfältigen eigenen Erfahrungen und Wissen aus unterschiedlichen Lebensbereichen bilden. Diese Bezüge stellen sie oft unbewusst her. Sie werden erst durch eine dokumentarische Analyse des Interviewmaterials mit Fokus auf dem WIE des Sprechens sichtbar. Dabei ist besonders bedeutsam, dass unter anderem die organisatorische Struktur des Naturwissenschaftsnterrichts und eigene Lernerfahrungen die Sinnbildung strukturieren. Genauso nimmt die Präsenz technischer Produkte im Alltag und Erfahrungen mit Transformationsprozessen Einfluss. Es ist theoretisch begründet anzunehmen, dass diese Orientierungsrahmen stabil sind und durch einzelne Unterrichtsstunden nicht langfristig verändert werden. Im Unterricht gilt es daher, die Erfahrungen der Schüler_innen regelmäßig aufzugreifen und zu thematisieren mit dem Ziel, die Sinnbildung der Schüler_innen zur diachronen NdN stärker zu reflektieren und damit historisch orientierte Lerngelegenheiten effektiver zu gestalten.

Literatur

Bohnsack, R. (2003). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden. 5. Aufl. Opladen: Leske + Budrich.

Duit, R.; Pfundt, H.(2009). Students' and Teacher' Conceptions and Science Education. Bibliographie - Schülervorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht, 03.2009, IPN Kiel

Henke, A.; Höttecke, D. (2013). Students' beliefs about the diachronic nature of science: A metaphor-based analysis of 8th-graders' drawings of "The Way of Science". In: C. Silva, M.E.B Prestes: Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas [Learning about science and nature: historical and philosophical approaches]. 1st Latin American Conference of the IHPST, 19.-21.08.2010. University of Sao Paulo. São Carlos, 327–356

Jeismann, K.-E. (2000). "Geschichtsbewußtsein" als zentrale Kategorie der Didaktik des Geschichtsunterrichts. In: Karl-Ernst Jeismann: Geschichte und Bildung. Beiträge zur Geschichtsdidaktik und zur historischen Bildungsforschung. Hg. W. Jacobmeyer, B. Schönemann. Paderborn, 46–72

Kattmann, U.; Duit, R.; Gropengießer, H.; Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 3 (3), 3–18

Krüger, J.; Höttecke, D.; Henke, A. (2015). Orientierungsrahmen von Schüler_innen zur zeitlichen Entwicklung der Naturwissenschaften. In: S. Bernholt (Hg.): Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. GDCP Jahrestagung in Bremen 2014. 1. Aufl. Kiel: IPN (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 35), 316–318.

Rüsen, J. (1983). Historische Vernunft. Grundzüge einer Historik I. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht Kleine Vandenhoeck-Reihe

Schönemann, B. (2000). Geschichtsdidaktik und Geschichtskultur. In: B. Mütter. Geschichtskultur. Theorie - Empirie - Pragmatik. Weinheim. (Schriften zur Geschichtsdidaktik, 11), 26–58

Hanno Michel[1]
Irene Neumann[1]
Thilo Kleickmann[2]

[1]IPN Kiel
[2]Christian-Albrechts-Universität Kiel

Der Zusammenhang zwischen NOS-Verständnis und Energiekonzept

Neben dem Erwerb naturwissenschaftlichen Fachwissens wird auch ein Verständnis der Genese und der Natur dieses Wissens immer mehr als Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts diskutiert. Zum einen soll durch das Vermitteln eines Verständnisses des Wesens naturwissenschaftlichen Wissens („nature of science“, NOS) die Wertschätzung als Kulturgut, aber auch die Fähigkeit zur Bewertung dieses Wissens und damit zur Teilnahme an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen befördert werden. Als ein weiteres Argument für eine explizite Thematisierung verschiedener Aspekte von NOS im Unterricht wird aber auch angeführt, ein adäquates Verständnis des Wesens naturwissenschaftlicher Theorien und Arbeitsweisen könne zu einem erfolgreicheren Lernen fachlicher Inhalte führen. Driver und Kollegen (1996) sprechen in diesem Zusammenhang von einem „lernpsychologischen Argument“ (science learning argument) für NOS im Unterricht: „An understanding of the nature of science supports successful learning of science content“ (S. 20). Für diese Argumentation gibt es bisher allerdings nur unzureichend empirische Evidenz (Lederman, 2007). Studien aus dem Bereich epistemologischer Überzeugungen zeigen Hinweise auf einen positiven Einfluss eines adäquaten Verständnisses auf Lernstrategien, Argumentationsfähigkeiten und die Fähigkeit zur Wissensintegration (Bell & Linn, 2000; Cavallo et al., 2003; Songer & Linn, 1991; Tsai et al., 2011). Und auch im Umfeld der Conceptual-Change-Theorie wird vermutet, ein Verständnis etwa der vorläufigen Natur naturwissenschaftlichen Wissens könne die Bereitschaft für einen Konzeptwechsel befördern (Duit & Treagust, 2003). Erste Studien im Bereich NOS konnten zeigen, dass etwa metakognitive Prompts mit NOS-Bezug im Kontext Elektromagnetismus (Peters, 2012) oder eine wissenschaftsphilosophisch orientierte Herangehensweise an das Thema Energie (Papadouris & Constantinou, 2011) das Lernen bestimmter Fachwissenselemente befördern können. Tiefergehende empirische Belege, die den Zusammenhang zwischen NOS-Verständnis und dem Erlernen von Fachwissen untermauern und näher beleuchten, stehen allerdings noch aus (Lederman, 2007).

Insbesondere für den Begriff der Energie lassen sich mehrere Aspekte identifizieren, für deren Verständnis NOS-Verständnis eine Rolle spielen könnte (Papadouris & Constantinou, 2011). Zum einen ist Energie ein für Schülerinnen und Schüler oft schwer zu fassendes Konzept, insbesondere in seinem Wesen als theoretisches Konstrukt, das sich weder direkt messen noch beobachten lässt. Hier kann ein Verständnis des Wesens naturwissenschaftlicher Theorien dabei helfen Energie als wertvolles und erklärungsmächtiges, gleichzeitig auch als menschengemachtes Konzept zu begreifen. Energie ist außerdem in allen Naturwissenschaften ein zentraler Begriff, hat aber auch eine starke alltagssprachliche Bedeutung (etwa wenn von „Energieerzeugung“ oder „Energieverbrauch“ die Rede ist). Ein Verständnis von Energie als wissenschaftliche Theorie könnte helfen, die Alltagsbedeutung des Begriffs von der wissenschaftlichen abzugrenzen. Und nicht zuletzt könnte im Sinne eines Conceptual Change der sukzessive Aufbau des Energiekonzepts von einem Verständnis der generellen Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens profitieren (Duit & Treaguse, 2003). Die Forschungsfrage unserer Studie lautet entsprechend: Inwiefern beeinflusst ein NOS-Verständnis den Lernzuwachs bezüglich Fachwissen über Energie bzw. den Aufbau eines Verständnisses über das Wesen des Energiekonzepts als naturwissenschaftliche Theorie?

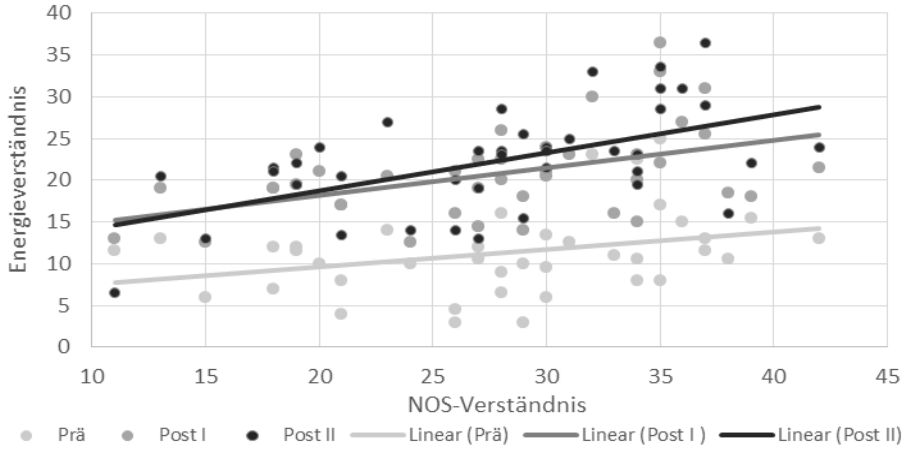


Abb. 1: Energieverständnis zu allen drei Messzeitpunkten (Gruppe 2) in Abhängigkeit vom NOS-Verständnis der Schülerinnen und Schüler vor der Einheit

Um dieser Frage nachzugehen, führten wir eine mehrtägige Interventionsstudie mit 84 Schülerinnen und Schülern der 6. und 7. Klasse durch. Die Lernenden wurden soweit möglich randomisiert auf zwei Treatmentgruppen verteilt. Beide Gruppen durchliefen die gleiche Unterrichtseinheit zu Energie, Gruppe 1 erhielt vorher eine Einheit zum Thema NOS, in dem ausgewählte NOS-Aspekte generisch, also ohne Fachwissensbezug, erschlossen wurden. Gruppe 2 begann mit der Energieeinheit und erhielt nach einer Zwischenerhebung eine weitere Einheit zum Thema Energie, in der der Fokus vor allem auf der Energieentwertung lag. Vor und nach der Energieeinheit wurden NOS-Verständnis, Fachwissen zu Energie, das Verständnis von Energie als naturwissenschaftlicher Theorie („NEST“), sowie verschiedene Kontrollvariablen erhoben. Interessanterweise zeigten die beiden Treatmentgruppen vor der Energie-Instruktion keinerlei Gruppenunterschiede auf allen untersuchten Variablen, also auch bezüglich des NOS-Verständnisses, obwohl Gruppe 1 bereits NOS-Instruktion durchlaufen hatte. Mögliche Erklärungen hierfür könnten in der Kürze der NOS-Einheit (3x90min), dem jungen Alter der Lernenden oder in einer zu geringen Passung der NOS-Einheit zum entsprechenden Instrument liegen. Da bezüglich des NOS-Verständnisses aber auf individueller Ebene ausreichend Varianz vorlag, konnten statt Gruppenvergleichen korrelative Analysen vorgenommen werden, um den Einfluss des NOS-Verständnisses auf den Fachwissenserwerb näher zu untersuchen.

In einem entsprechenden multivariaten linearen Modell, welches den Einfluss des NOS-Verständnisses, des Testzeitpunktes (vor und nach der Energieeinheit), sowie die Interaktion dieser beiden Variablen auf das Abschneiden im Fachwissenstest für alle Schülerinnen und Schüler berücksichtigt, zeigt sich zwar ein signifikanter Lernzuwachs bezüglich Fachwissen ($\chi^2(1) = 271.62$, $p < .001$), jedoch erweist sich dieser als unabhängig vom NOS-Verständnis der Lernenden ($\chi^2(1) = 0.95$, $p = .330$). Betrachtet man nur die Teilnehmenden der Gruppe 2 und nimmt den dritten Messzeitpunkt (nach der zusätzlichen Energieeinheit) mit auf, zeigt sich allerdings ein solcher Einfluss, also eine signifikante Interaktion des NOS-Verständnisses mit dem Abschneiden zu den verschiedenen Testzeitpunkten. Abbildung 1 zeigt das Energieverständnis der einzelnen Schüler zu den drei Testzeitpunkten, sowie die entsprechenden Regressionen. Erkennbar ist, dass der Lernzuwachs in der zweiten Energieeinheit – auch wenn er recht klein ist – bei adäquaterem NOS-Verständnis höher ausfällt als bei naivem NOS-Verständnis ($\chi^2(2) = 6.32$, $p < .05$).

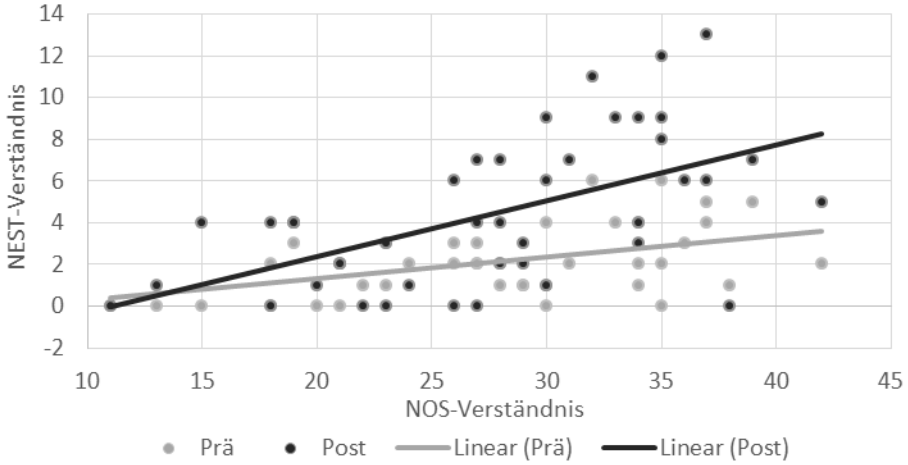


Abb. 2: NEST-Verständnis vor und nach der Intervention in Abhängigkeit vom NOS-Verständnis (Gruppe 2)

Beim Lernzuwachs bezüglich eines Verständnisses des Wesens von Energie als naturwissenschaftliche Theorie (NEST) zeigt sich für beide Gruppen ein signifikanter Einfluss des NOS-Verständnisses ($\chi^2(1) = 4.77$ bzw. $\chi^2(1) = 6.93$, $p < .05$). Abbildung 2 zeigt diesen Zusammenhang exemplarisch für die Gruppe 2. Je elaborierter das NOS-Verständnis, desto höher ist im Schnitt der Lernzuwachs der Lernenden bezüglich NEST.

Insgesamt gibt diese Studie damit erste Hinweise darauf, dass ein NOS-Verständnis der Lernenden einen Einfluss auf deren Aufbau eines Verständnisses über das Wesen von Energie als naturwissenschaftliche Theorie hat, wie beispielsweise der Universalität dieses Konzepts, aber auch dessen genereller Vorläufigkeit. Der Lernzuwachs bezüglich elementarer Energie-Aspekte (wie Formen und Umwandlungen) scheint nicht durch das NOS-Verständnis der Schülerinnen und Schüler beeinflusst zu sein, es zeigen sich aber Hinweise, dass das Verständnis komplexerer Aspekte des Energiekonzepts (vor allem Energieentwertung) von einem adäquaten NOS-Verständnis profitieren kann.

Literatur

Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, *22*(8), 797–817

Cavallo, A. M., Rozman, M., Blickenstaff, J., & Walker, N. (2003). Learning, reasoning, motivation, and epistemological beliefs. *Journal of College Science Teaching*, *33*, 18–23.

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

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, *25*(6), 671–688

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education.* Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.

Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2011). A philosophically informed teaching proposal on the topic of energy for students aged 11–14. *Science & Education*, *20*(10), 961–979

Peters, E. E. (2012). Developing content knowledge in students through explicit teaching of the nature of science: Influences of goal setting and self-monitoring. *Science & Education*, *21*(6), 881–898

Songer, N. B., & Linn, M. C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, *28*(9), 761–784.

Tsai, C.-C., Jessie Ho, H. N., Liang, J.-C., & Lin, H.-M. (2011). Scientific epistemic beliefs, conceptions of learning science and self-efficacy of learning science among high school students. *Learning and Instruction*

Sandra Hubricht Technische Universität Dortmund
Bernd Ralle

Interessierte Schüler/innen im Schülerlabor identifizieren und fördern

Ausgangslage und Forschungsinteresse

Ebenso rasant wie der Ausbau der Schülerlaborlandschaft in Deutschland schritt im letzten Jahrzehnt die Entwicklung der Forschung auf diesem Feld voran. Zahlreiche Studien fokussierten auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen wie auch auf Optimierungsmöglichkeiten, um u. a. zu einer Verbesserung der Angebote beizutragen. Mehrheitlich konzentrierten sich die Studien jedoch auf Angebote, die für gesamte Klassenverbände durchgeführt wurden.

Ein mindestens ebenso bedeutsames Potenzial der Schülerlaborarbeit liegt aus unserer Sicht in der gezielten Förderung naturwissenschaftlich interessierter junger Menschen. In einigen Schülerlaboren (SL) wird dies bspw. in Form von Freizeit- und Ferienveranstaltungen umgesetzt, welche unabhängig vom Schulunterricht besucht werden können. Auch in den Schülerforschungszentren wird verstärkt Wert auf Interessen- und Begabungsförderung gelegt. Derzeit fehlt es in diesem Bereich jedoch noch an Erkenntnissen, auf welche Weise Schüler/innen für eine solche Förderung identifiziert und gewonnen werden können. Dieser Aspekt der Schülerlaborarbeit wird nach einer Studie von Schmidt, Di Fuccia & Ralle (2011) nicht zuletzt auch von Lehrkräften und Schulleiter/innen als wünschenswert für eine Weiterentwicklung der Schülerlaboraktivitäten betrachtet. Im Rahmen einer explorativ angelegten qualitativen Studie richtet sich unser Forschungsinteresse daher darauf, einen Beitrag zum Ausbau dieses Potenzials der Schülerlabore zu leisten.

Entsprechend der bisherigen Erkenntnisse aus der Schülerlaborforschung, der Entwicklungs- und Lernpsychologie wurde die Lernumgebung „Energiewende erforschen“ entwickelt und erprobt. Im Rahmen der Studie zur Evaluierung dieser Lernumgebung im SL wurde ein erster möglicher Zugang für die Identifizierung und Förderung naturwissenschaftlich interessierter Schüler/innen untersucht. Dabei standen Aspekte des selbstregulierte Lernens (SRL) am Experiment (Zimmerman, 2002; Thillmann, 2007; Hubricht & Ralle, 2014) als Indikatoren für Interesse und strukturiertes Lernen im Fokus der Untersuchung. Durch die flexiblen Möglichkeiten des Lernens im SL stellt das SRL aus unserer Sicht einen praktikablen Ansatz dar, den es in Bezug auf unser Forschungsinteresse genauer zu untersuchen gilt.

Interessenförderung und selbstreguliertes Lernen am Experiment

Gemäß der Subjekt-Gegenstand-Beziehung des Interesses (POI) kennzeichnet sich das Interesse eines Individuums durch eine zielgerichtete und planvolle Interessenhandlung, welche in Zusammenhang mit sowohl emotionalen als auch epistemischen und wertbezogenen Motiven steht (Krapp, 2002). Eine Interessenhandlung umfasst dabei jegliche Form der Auseinandersetzung des Individuums mit einem bestimmten Interessengegenstand. Bei einem Interessengegenstand kann es sich um ein bestimmtes Thema, ein Buch, das Experimentieren o. Ä. handeln. Durch die Interessenhandlung wird aus Sicht der Lernpsychologie zudem ein Lernprozess in Gang gesetzt, welcher vorwiegend selbstreguliert ist (Zimmerman, 2002; Krapp, 2002).

Diese Beziehung zwischen Interesse und SRL wurde in Bezug auf unser Erkenntnisinteresse genutzt, um zu prüfen, ob diese einen möglichen Zugang zur Förderung und Identifizierung naturwissenschaftlich interessierter Schüler/innen bietet. Für diese explorative Fragestellung wurde ein multimethodales Vorgehen gewählt, welches sowohl eine *Fragebogenstudie im Pre-Post-Design*, mit an dem Projekt „Energiewende erforschen“ teilnehmenden und nichtteilnehmenden Schüler/innen einer Klassengemeinschaft, als auch eine *Befragungs- und*

Beobachtungsstudie mit den teilnehmenden Schüler/innen umfasst. Einen Überblick zu den eingesetzten Erhebungsinstrumenten liefert Abb. 1.

	Beschreibung	***Stichprobe***
Fragebogenstudie: Pre-Test (in der Schule, ca. 2 Wochen vor dem Projektbeginn im SL)	***Variablen:*** Interesse, Selbstkonzept, Berufswahlinteresse, Berufswunsch, Schulleistung, Strukturierungsfähigkeit beim Experimentieren	118 Nichtteilnehmende 24 Teilnehmende
Befragungs- und Beobachtungsstudie (im SL, während des ca. dreimonatigen Projektes)	***Instrumente:*** Angaben zur Motivation für die Teilnahme (Anmeldeformulare), Gruppeninterviews, Videografie beim Experimentieren, Laborbuchnotizen der Schüler/innen	39 Teilnehmende
Fragebogenstudie: Post-Test (in der Schule, ca. 6 Wochen nach dem Projektende im SL)	***Variablen:*** Interesse, Selbstkonzept, Berufswahlinteresse, Berufswunsch, Schulleistung, Strukturierungsfähigkeit beim Experimentieren	118 Nichtteilnehmende 24 Teilnehmende

Abb. 1: Erhebungsinstrumente und Stichprobengröße der Studie.

Quantitativer Teil: Fragebogenstudie

Der Fokus der Fragebogenstudie lag vorranging darauf, einen Überblick über die Stichprobe der Schüler/innen zu erhalten, wobei zwei Aspekte von zentraler Bedeutung waren: (1) In welchen Variablen unterscheiden sich die teilnehmenden Schüler/innen von ihren nichtteilnehmenden Mitschüler/innen? (2) Wie entwickeln sich die teilnehmenden und nichtteilnehmenden Schüler/innen über den gesamten Projektzeitraum von ca. 5-6 Monaten?

Da die Anmeldung zu dem Projekt im SL freiwillig und unabhängig vom Schulunterricht stattfand, war grundsätzlich eine Positivauswahl bei den teilnehmenden Schüler/innen zu erwarten. Die t-Tests bestätigt bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0{,}05$, dass die teilnehmenden Schüler/innen sich vor allem durch ein signifikant stärker ausgeprägtes Interesse an naturwissenschaftlichen Themen ($p < .001$, $d_s = 1{,}473$), am Experimentieren ($p = .001$, $d_s = 0{,}747$) und ein höheres naturwissenschaftsbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept ($p < .001$, $d_s = 1{,}311$) auszeichnen. In Bezug auf (meta)kognitive Komponenten, wie die Schulleistung ($p = .066$, $d_s = 0{,}424$) und die Strukturierungsfähigkeit beim Experimentieren ($p = 0{,}031$, $d_s = 0{,}538$) ist der Unterschied zwischen beiden Gruppen deutlich geringer und nahe der Signifikanzgrenze mit nur kleiner bis mittlerer Effektstärke. Dies ist u. a. auf die Stichprobengröße zurück zu führen. Dennoch lässt sich schlussfolgern, dass die Unterschiede zwischen den teilnehmenden und nichtteilnehmenden Schüler/innen weniger im Bereich der (meta)kognitiven Komponenten, als vielmehr bei den Persönlichkeitsmerkmalen zu suchen sind. Dieser Aspekt ist daher bei der Auswertung der qualitativen Daten mit berücksichtigt worden.

Weitere Aspekte für die Auswertung der qualitativen Daten liefert der Pre-Post-Vergleich bei teilnehmenden und nichtteilnehmenden Schüler/innen. Erwartungsgemäß zeigt sich bei beiden Gruppen keine Veränderung des Interesses an naturwissenschaftlichen Themen und des naturwissenschaftsbezogenen Fähigkeitsselbstkonzeptes. Dementgegen zeigt sich bei den teilnehmenden Schüler/innen, dass sich die Strukturierungsfähigkeit beim Experimentieren signifikant bei mittlerer Effektstärke verbessert ($p = .018$, $d_z = 0{,}775$). Gleichermaßen zeigten zwar auch die nichtteilnehmenden Schüler/innen eine signifikante Verbesserung der Strukturierungsfähigkeit, allerdings mit kleiner Effektstärke ($p = .033$, $d_z = 0{,}445$). Bei dem Vergleich beider Gruppen im Post-Test zeigt sich zudem, dass die teilnehmenden Schüler/innen im Test zur Strukturierungsfähigkeit nun signifikant bessere Ergebnisse mit großem Effekt erzielen als ihre nichtteilnehmenden Mitschüler/innen ($p = .003$, $d_s = 1{,}655$). Nahe der Signifikanzgrenze liegen die Veränderungen bzgl. des Interesses am Experimen-

tieren, wobei bei den nichtteilnehmenden Schüler/innen tendenziell eine Abnahme ($p = .060$, $d_z = 0{,}418$) und bei den teilnehmenden Schüler/innen eine Steigerung dieser Komponente des Interesses ($p = .048$, $d_z = 0{,}595$) beobachtet werden kann. Ohne diese Ergebnisse zu überinterpretieren, liefern sie dennoch Anhaltspunkte, welche bei der Auswertung der qualitativen Daten zu berücksichtigen sind. So gilt es zu überprüfen, ob die im Projekt eingebundenen Experimentieranlässe, welche das SRL am Experiment fokussieren, das Interesse am Experimentieren bei den Schüler/innen fördern.

Qualitativer Teil: Beobachtungs- und Befragungsstudie

Resultierend aus den Ergebnissen der Fragebogenstudie wurde für die Auswertung der qualitativen Daten ein einheitliches mehrebenenanalytisches Vorgehen gewählt (Abb. 2). Hierdurch wurden zunächst Schlussfolgerungen darüber ermöglicht, welche Kennzeichen ein interessengeleitetes Vorgehen beim SRL am Experiment auszeichnen. Hierzu zählen v. a. beobachtbare motivationale Lernstrategien (Wolters, 2003), die Nutzung interner und externer Ressourcen (Spörer, 2004) sowie die Co-Regulierung (Spörer, 2004).

Analysebenen	*Kernaspekte*
(1) Interessengeleitetes Vorgehen beim Experimentieren	Welche Motive (emotional, epistemisch, wertbezogen) sind a) … bei der Anmeldung zum Projekt von Bedeutung? b) … bei der Interessenhandlung „Experimentieren“ beobachtbar?
(2) SRL am Experiment	Welche Lernstrategien (kognitive, metakognitive, motivationale) sind beim SRL am Experiment beobachtbar?
(3) Kennzeichen von interessengeleiteten Vorgehen beim SRL am Experiment	Worin unterscheiden sich interessengeleitete und nicht interessengeleitete Arbeitsabschnitte beim Experimentieren?

Abb. 2: Analyseebenen für die Auswertung der qualitativen Daten.

Die Ableitung abschließender Schlussfolgerungen für die Identifizierung und Förderung naturwissenschaftlich interessierter Schüler/innen in Schülerlaboren in der Praxis stehen derzeit noch aus. Diese sollen erste Chancen und Grenzen aufzeigen, welche die Nutzung des SRL am Experiment für die Förderung und Identifizierung naturwissenschaftlich interessierter Schüler/innen bietet.

Literatur

Brandt, A. (2005), Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors. Göttingen: Cuvillier.

Guderian (2007), Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besucheeines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Dissertation HU Berlin. http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/guderian-pascal-2007-02-12/PDF/guderian.pdf (08.09.2015)

Hubricht, S. & Ralle, B. (2014), The Lab-course “Exploring renerwable energy resources”: How to Encourage Scientifically Interested Students in Informal Learning Environments. In: Eilks, I., Markic, S. & Ralle, B. (Hg.): Science Education Research and Education for Sustainable Development, Aachen: Shaker, 249-254.

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

Schmidt, I., Di Fuccia, D.S., Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte – Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitern. Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht 64 (6), 362-331.

Spörer, N. (2004), Strategie und Lernerfolg, Validierung eines Interviews zum selbstregulierten Lernen. Dissertation. Universität Potsdam.

Wolters, C. A. (2003), Regulation of Motivation: Evaluating an Underemphasized Aspect of Self-Regulated Learning, Educational Psychologist, 38 (4), 189-205.

Zimmerman, B.J. (2002). Becoming a self-regulated learner: an overview: Theory into practice 4 (2), 64-70.

Heike Itzek-Greulich[1,2]
Christian Vollmer[2], Mathias Lutz[2]
Ulrich Trautwein[1]

[1]Universität Tübingen
[2]Pädagogische Hochschule Heidelberg

MINT-Förderprogramm für begabte Grundschulkinder in Baden-Württemberg: Ergebnisse einer Interventionsstudie mit Kontrollgruppe[1]

Einleitung

Ein wichtiges bildungspolitisches Ziel ist es, Schüler(innen) für naturwissenschaftliche Fragestellungen möglichst frühzeitig zu gewinnen und individuelle Begabungen bestmöglich, stetig, längerfristig und nachhaltig zu fördern (siehe u.a. Krapp & Prenzel, 2011). Allerdings haben Studien gezeigt, dass das Interesse sich im Laufe der Schulzeit verringert (u.a. Gottfried, Fleming, & Gottfried, 2001). Laut den PISA-Studienergebnissen 2009 empfinden ein Fünftel der leistungsstarken Schüler(innen) die Naturwissenschaften als langweilig (Hetzte, 2011, p. 8). Hierzu ergibt sich die Forderung, gerade für leistungsstarke, besonders begabte und naturwissenschaftlich interessierte Schüler(innen) extracurriculare Fördermaßnahmen als "Enrichment" (siehe: KMK, 2015, p. 13) zu implementieren, insbesondere auch für Grundschulkinder.

Theoretischer Hintergrund

Hector Kinderakademien. In Baden-Württemberg entstanden durch die finanzielle Förderung der Hector Stiftung II seit 2010 mehr als 60 Hector-Kinderakademien. Ziel dieses extracurricularen und freiwilligen Angebots für (hoch)begabte Grundschulkinder ist, u.a. ihre persönlichen Begabungen und Interessen zu fördern.

Kursangebote. Schwerpunkte der vielfältigen Hector-Kinderakademie-Kursangebote sind Themengebiete aus dem MINT-Bereich. Die Konzeptionen und Kursinhalte gehen über den regulären NW-Unterricht an Grundschulen hinaus und finden ergänzend außerhalb der Schulzeit statt. (Hoch)begabte und sehr interessierte Kinder sollen durch eine Teilnahme an den Kinderakademien längerfristig begleitet und gefördert werden. Ein typischer Hector-Kurs erstreckt sich über ein halbes Schuljahr mit einer Kursgröße von 6 bis 8 Kindern.

Hector Core Course "Sicher Experimentieren im Chemielabor". Dieser Kurs ist bereits erfolgreicher Bestandteil der Hector-Kinderakademie Heidelberg (AG Schallies, siehe u.a. Austermann, 2008, p. 35; Nachfolge AG Rehm). Darauf basierend wurde der Kurs nun überarbeitet, optimiert, verschriftlicht und mit zusätzlichen Arbeitsmaterialien zur Differenzierung ergänzt (Itzek-Greulich et. al., 2015, unveröffentlicht), um diesen an weiteren Akademiestandorten zu multiplizieren. Das Kursangebot hat zum Ziel, altersgemäße Zugänge zu erschließen und das selbstständige, forschend-entdeckende Lernen (bspw. Höttecke, 2010) zu fördern. In zehn Kurseinheiten zu je einer Doppelstunde werden experimentelle Arbeitsweisen und naturwissenschaftliche Methoden behandelt. In jeder Kurseinheit durchlaufen die Kinder nach Möglichkeit einen „Forschungszyklus" (Abels, Lautner, & Lembens, 2014), wobei der Schwerpunkt auf der selbständigen Planung, Durchführung und Auswertung von chemischen Experimenten liegt. Ein Kernstück jeder Kurssitzung sind deshalb die praktischen Schülerversuche mit einem Experimentierkoffer.

[1] Die Autoren danken der Hector Stiftung II für die finanzielle Förderung, Isabell Fertig stellvertretend für alle an der Datenerhebung Beteiligten, Klaus Kunze (PH Heidelberg) für die fachbezogene Beratung und die Neuzusammenstellung des treatmentorientierten Experimentierkoffers (beinhaltet Glasgeräte im Halbmikromaßstab, Materialien und Chemikalien), den fünf Hector-Akademien (Heidelberg, Walldorf, Bruchsal, Obrigheim, Karlsruhe) für die Multiplikation des Core Courses, Johann Jacoby (Universität Tübingen) für die Beratung zur Datenauswertung sowie Jessika Golle und Katharina Hospach (beide Universität Tübingen) für die wissenschaftliche Koordination des *Hector Core Course*.

Nach den Befunden von zahlreichen empirischen Studien (siehe u.a. Bullock & Ziegler, 1999) sollte die Förderung von experimentellen Kompetenzen ab dem dritten Schuljahr gut möglich sein. Die vorliegende Arbeit untersuchte die Wirksamkeit dieses Hector Core-Courses unter folgenden Fragestellungen: Erreicht die Interventionsgruppe höhere Werte im (treatmentspezifischen) Chemiewissen als die Kontrollgruppe? Bleibt dieses Ergebnis auch bei Kontrolle des Vorwissens, der Intelligenz, des Alters und des Geschlechts bestehen?

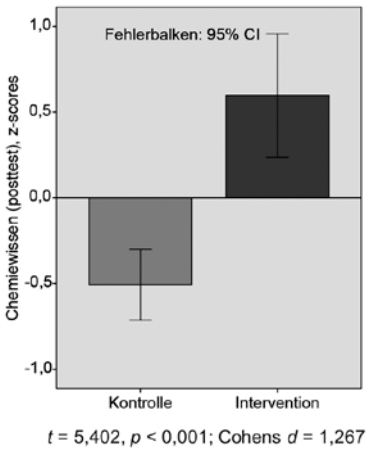
Methode

In der quantitativen Interventionsstudie mit 74 Dritt- und Viertklässlern (Alter = 8,9 Jahre [SD = 0,8], 66% männlich) wurden die Forschungsfragen mit randomisiertem Prä-Postest-Design an 5 Hector-Kinderakademien (6 Interventionskurse & 6 Blockkurse) untersucht. Die Kontrollkurse waren Wartekontrollgruppen.

Der Leistungstest beinhaltet Aufgaben aus den Themenbereichen: Arbeiten im Labor, deklaratives Wissen zu Nachweisreaktionen, Trennverfahren und Stoffeigenschaften (Vortest: 30 Items, Cronbachs α = ,76; Nachtest: 28, α = ,67). Der Vortest war für die überdurchschnittlich intelligenten Schüler(innen) des Hector-Kurses eher (zu) leicht. Der Nachtest hingegen hat eine ausgeglichene Verteilung der Itemschwierigkeit (6 Items mit einer Lösungswahrscheinlichkeit > 66%, 14 zw. 34% und 65% sowie 6 < 33%) und ist somit gut für den Einsatz für Gruppen-/Interventionsstudien geeignet, jedoch nicht zur Individualdiagnostik. Eine einfaktorielle konfirmatorische Faktorenanalyse für kategoriale Items (Item-Response-Theorie, WLSMV-Schätzer), Mplus 7, ergab folgende Fit-Werte: RMSEA = ,026; CFI = ,883; TLI = ,874. Ergänzend wurden die fluiden und figuralen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erfasst (Befki kristallin, 16 Items, α = ,69-,72 (für Versionen A, B); Befki figural, 16 Items, α = ,64-,72; unveröffentlicht). Weitere statistische Analysen (*t*-Tests, Korrelationen, lineare Regression) wurden in SPSS durchgeführt.

Ergebnisse

Die Randomisierung der Kurse auf die Intervention und Kontrolle war erfolgreich: Die beiden Gruppen unterschieden sich nicht in Geschlecht (χ^2-Test, p = ,416), Alter (*t*-Test, p = ,489), figuraler Intelligenz (p = ,199), kristalliner Intelligenz (p = ,751) und im Chemiewissen (Vortest, p = ,292). Das Chemiewissen (Nachtest) korreliert mäßig (r = ,464;



Regressionsanalyse

Variable	β	p
Intervention	0,494	<0,001
Chemiewissen (Vortest)	0,215	0,047
Intelligenz (Befki kristallin)	0,155	0,187
Intelligenz (Befki figural)	0,089	0,387
Alter	0,262	0,017
Geschlecht	0,018	0,851

Korrigiertes R^2 = 0,548

Abhängige Variable: Chemiewissen (postest)

Abb. 1: Wirksamkeit der Intervention. Links: Mittelwertvergleich des Chemiewissens (z-scores, posttest) von Kontrollgruppe und Intervention; rechts: Wirksamkeit der Intervention bei Berücksichtigung von Vorwissen, Intelligenz, Alter und Geschlecht.

$p < ,001$) mit dem Chemiewissen (Vortest), mäßig mit Befki-kristallin ($r = ,470$; $p < ,001$) und schwach mit Befki-figural ($r = ,235$; $p < ,153$). Der Mittelwertvergleich (*t*-Test) zeigt, dass die Experimentalgruppe signifikant besser im Chemiewissenstest (Nachtest) abschneidet als die Kontrollgruppe (Abb. 1). Die multivariate Regressionsanalyse (Abb. 1) bestätigt dieses Ergebnis auch bei Kontrolle von Vorwissen, Intelligenz, Alter und Geschlecht: Die Intervention „Hector-Chemie-Kurs“ hat einen signifikanten Einfluss auf das Chemiewissen der Grundschüler(innen).

Diskussion

Insgesamt betrachtet kann die vorliegende Begleitforschung auch mit einer kleinen Stichprobe als Indiz gewertet werden, dass mit dem Konzept *“Sicher experimentieren im Chemielabor”* eine differenzierte Förderung früher naturwissenschaftlicher experimenteller Kompetenzen ermöglicht werden kann und besonders begabte Grundschulkinder kompetenzorientiert gefordert und gefördert werden können: Die Interventionsgruppe erreichte höhere Werte im (treatmentspezifischen) Chemiewissen als die Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis blieb auch bei Kontrolle von Vorwissen, Intelligenz, Alter und Geschlecht bestehen. Des Weiteren zeigte die Studie, dass der neu konzipierte Wissenstest valide misst.

Mögliche Erklärung und Implikation. Es bleibt die Frage, ob der Papier & Bleistift-Test zur Erfassung der multiperspektivischen Experimentierkompetenz geeignet sein kann. Dieser wurde mehrdimensional konzipiert. Es wird vermutet, dass der Papier & Bleistift-Test nur in der Lage ist, die deklarativen Facetten zu erfassen, während praktische Aspekte der Experimentierkompetenz ggf. durch Unterrichtsbeobachtung erfasst werden könnten. Bei diesen Fördermaßnahmen kommt der pädagogischen und fachlichen Kursleitung, welche für die Aufgabe fortgebildet werden, eine entscheidende Bedeutung zu. Zum einen ist fachspezifisches Wissen und naturwissenschaftliches Inhaltswissen aufgrund der vielen Kinderfragen notwendig. Auf der anderen Seite ist Methodenkompetenz und entwicklungspsychologisches Wissen über die Entwicklung von naturwissenschaftlichen Kompetenzen von besonders begabten Grundschulkindern notwendig, um eine altersgemäße Heranführung an den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und die Förderung sozialer Kompetenzentwicklung initiieren zu können.

Literatur

Abels, S., Lautner, G., & Lembens, A. (2014). Mit "Mysteries" zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht. *Chemie & Schule*, *3*(29), 20–21.

Austermann, M. (Ed.). (2008). *Jahresbericht der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, 2008*. Weinheim: Textdat-Service. Retrieved from http://tinyurl.com/nfwc5zw

Bullock, M., & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Individual development from 3 to 12. Findings from the Munich Longitudinal Study* (pp. 38–60). Cambridge: Cambridge University Press.

Gottfried, A. E., Fleming, J. S., & Gottfried, A. W. (2001). Continuity of academic intrinsic motivation from childhood through late adolescence: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, *93*, 3–13.

Hetzte, P. (Ed.). (2011). *Nachhaltige Hochschulstrategien für mehr MINT-Absolventen*. Essen: Verwaltungsgesellschaft für Wissenschaftspflege mbH.

Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, *21*(119), 4–12.

Itzek-Greulich, H., & et. al. (2015, unveröffentlicht). *Kursmanual "Sicher experimentieren im Chemielabor": Ein Trainingsprogramm zur Förderung der Experimentierkompetenz von besonders begabten Grundschüler(inne)n. Reihe Hector Core Courses*. Arbeitsversion. Tübingen: Hector Institut für Empirische Bildungsforschung.

KMK. (2015). *Förderstrategie für leistungsstarke Schülerinnen und Schüle: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 11.06.2015*. Retrieved from http://tinyurl.com/nfwc5zw

Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, *33*, 27–50.

Julia Kobbe[1]
Jenna Koenen[2]
Stefan Rumann[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Humboldt-Universität zu Berlin

Piktoriale Literalität und Problemlösen: Evaluation eines Trainings

Hintergrund

Im naturwissenschaftlichen Unterricht spielen Abbildungen eine zentrale Rolle bei der Wissensvermittlung sowie als Grundlage von Aufgabenstellungen (vgl. auch Gilbert, 2007; Lachmeyer, 2008; Roth & Pozzer-Ardenghi, 2013; Schnotz et al., 2010; Tversky, 2007). Man kann sogar sagen, dass naturwissenschaftliche Inhalte ohne Abbildungen nicht vermittelbar sind (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000) und Schülerinnen und Schüler (SuS) dabei mit sehr komplexen Bedeutungsinhalten und einer hohen Variabilität konfrontiert werden (McTigue & Flowers, 2011).

Um ein adäquates Bildverständnis erreichen zu können, benötigen SuS spezifische Kenntnisse über das bildliche Symbolsystem (Schnotz et al., 2010; Weidenmann, 1994b). Nach Weidenmann (1994a) wird die Fähigkeit des kompetenten Umgangs mit Abbildungen als *Piktoriale Literalität* bezeichnet. Er weist jedoch darauf hin, dass SuS im Schulalltag keine systematische Unterweisung im Umgang mit den verschiedenen bildlichen Codes erhalten (ebenda) und auch aktuelle Studien (vgl. etwa Cromley et al., 2013) sehen hier Handlungsbedarf.

Diese Lücke soll durch die Entwicklung eines systematischen *Trainings zur Förderung der Piktorialen Literalität von SuS* geschlossen werden. Es richtet sich an SuS der Jahrgangsstufe 9 und ist so konzipiert, dass es sich gut in den Schulalltag integrieren lässt. Gefördert wird das Vorhaben im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms 1293 „Kompetenzmodelle“.

Neben einem Training, das auf naturwissenschaftlichen Abbildungsbeispielen basiert, wurde ein zweites, analoges Training entwickelt, das fachunspezifische Abbildungsbeispiele nutzt. Evaluiert werden beide Trainingsprogramme in einem kontrollierten Prä-Post-Testdesign. Als abhängige Variablen werden dabei u.a. die naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz sowie die fächerübergreifende Problemlösekompetenz der SuS erfasst. Beides sind wichtige Kompetenzbereiche des Schulalltags und Abbildungen spielen in beiden Bereichen als Informationsträger eine zentrale Rolle.

Folgende Forschungsfragen werden untersucht und erste Ergebnisse hier vorgestellt:

Forschungsfragen und Hypothesen

FF1: Inwieweit lässt sich mit Hilfe eines Trainings zur Förderung der piktorialen Literalität die naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz steigern?

H1a: Ein Training der piktorialen Literalität mit naturwissenschaftlichen Abbildungsbeispielen führt zur Steigerung der naturwissenschaftlichen Problemlösekompetenz.

H1b: Ein Training der piktorialen Literalität mit fachunspezifischen Abbildungsbeispielen führt zur Steigerung der naturwissenschaftlichen Problemlösekompetenz.

FF2: Inwieweit lässt sich mit Hilfe eines Trainings zur Förderung der piktorialen Literalität die fächerübergreifende Problemlösekompetenz steigern?

H2a: Ein Training der piktorialen Literalität mit naturwissenschaftlichen Abbildungsbeispielen führt zur Steigerung der fächerübergreifenden Problemlösekompetenz.

H2b: Ein Training der piktorialen Literalität mit fachunspezifischen Abbildungsbeispielen führt zur Steigerung der fächerübergreifenden Problemlösekompetenz.

Aufbau des Trainings

Im Rahmen einer Voruntersuchung wurden die wichtigsten schulrelevanten naturwissenschaftlichen Abbildungstypen der Sekundarstufe I und ihre Merkmale herausgearbeitet (u. a. *Tabellen, diverse Achsendiagramme, Kreisdiagramme und Schnittzeichnungen)*. Auf Grundlage dieser Basis wurden zwei trainingsheftbasierte Förderprogramme entwickelt, die sich nur in der Wahl ihrer Beispiele unterscheiden: Während das Training 1 fachspezifische, naturwissenschaftliche Beispiele verwendet, zeigt das Training 2 analoge fachunspezifische Beispiele, die der Alltagswelt entspringen. Auf der Ebene der vermittelten Aspekte piktorialer Literalität, der eingesetzten bildlichen Codes und im Trainingsverlauf gibt es jedoch keine Unterschiede zwischen den Trainingsprogrammen.

Gegliedert sind die Trainingshefte nach thematischen Abschnitten, in denen die wichtigsten Abbildungstypen jeweils vorgestellt werden, gefolgt von Übungen sowie einem ausführlichen Glossar. Um ein schrittweises und strukturiertes Vorgehen beim Umgang und Bearbeiten von Abbildungen zu fördern, wurden systematische *„Gute Fragen an eine Abbildung“* entwickelt. Diese spiegeln sich auch in der Struktur der Trainings wieder.

Begleitet wird das Methodentraining durch eine PowerPoint Präsentation. Die Trainingsdauer beträgt jeweils 6 Schulstunden zu je 45 Minuten.

Design der Studie

Die Evaluation des Trainings erfolgte in einem Prä-Post-Testdesign in der Jgst. 9 an Real- und Gesamtschulen mit drei Interventionsgruppen. Der Stichprobenumfang betrug 12 Klassen (N = 315). Die Randomisierung zwischen den Gruppen erfolgte auf Klassenebene. Die Kontrollgruppe absolvierte ein zeitäquivalentes Schülerlabor mit dem Thema « Quantitative Analyse von Ascorbinsäure in verschiedenen Lebensmitteln », das ebenfalls einen aktiven Umgang mit diversen Abbildungen erforderte, jedoch nicht von einem Training der piktorialen Literalität begleitet wurde.

<table>
<tr><th>Prä-Test (135 Min)</th><th>Intervention (eintägig)</th><th>Post-Test (90 Min)</th></tr>
<tr><td rowspan="3"><u>Abhängige Variablen:</u>
Naturwissenschaftliches Problemlösen
Fächerübergreifendes Problemlösen
Piktoriale Literalität
<u>Kontrollvariablen:</u>
Kognitive Fähigkeiten
Lesekompetenz
Kognitive Strategien
Aktuelle Motivation
Cognitive load</td><td>Trainingsgruppe 1:
Training der piktorialen Literalität an naturwissenschaftlichen Beispielen</td><td rowspan="3"><u>Abhängige Variablen:</u>
Naturwissenschaftliches Problemlösen
Fächerübergreifendes Problemlösen
Piktoriale Literalität
<u>Kontrollvariablen:</u>
Aktuelle Motivation
Cognitive load</td></tr>
<tr><td>Trainingsgruppe 2:
Training der piktorialen Literalität an fachunspezifischen Beispielen</td></tr>
<tr><td>Kontrollgruppe:
zeitäquivalentes Schülerlabor, das einen aktiven Umgang mit Abbildungen erfordert</td></tr>
</table>

Tab. 1: Prä-Post-Testdesign der Studie

Ergebnisse

FF1: Inwieweit lässt sich mit Hilfe eines Trainings zur Förderung der piktorialen Literalität die naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz steigern?

H1a: Erste Ergebnisse in Bezug auf die FF 1 zeigen vom Prä- zum Post-Testzeitpunkt einen knapp nicht signifikanten Lernzuwachs der *naturwissenschaftlichen Problemlösekompetenz* in der Trainingsgruppe 1 (naturwissenschaftliche Beispiele), $t(73) = 1.95$, $p = .056$, $d = 0.185$, 95% Cl [-0.15, 1.23].

H1b: In der Trainingsgruppe 2 (fachunspezifische Beispiele) zeigt sich hingegen ein signifikanter Lernzuwachs der *naturwissenschaftlichen Problemlösekompetenz*, $t(78)$ =

3.10, p = .003, d = 0.300, 95% CI [0.34, 1.58]. Bei der Kontrollgruppe zeigt sich keine signifikante Veränderung.

FF2: Inwieweit lässt sich mit Hilfe eines Trainings zur Förderung der piktorialen Literalität die fächerübergreifende Problemlösekompetenz steigern?

H2a: In Bezug auf die FF2 und die *fächerübergreifende Problemlösekompetenz* zeigt sich vom Prä- zum Post-Testzeitpunkt eine signifikante Steigerung in der Trainingsgruppe 1, $t(74) = 3.62$, $p = .001$, $d = 0.361$, 95% CI [0.59, 2.03].

H2b: Gleiches gilt für die Trainingsgruppe 2, $t(78) = 5.03$, $p < .001$, $d = 0.489$, 95% CI [0.92, 2.12], die mit fachunspezifischen Beispielen lernte. Aber auch die Kontrollgruppe verzeichnet einen signifikanten Lernzuwachs $t(56) = 3.70$, $p = .001$, $d = 0.289$, 95% CI [0.39, 1.33].

Zusammenfassung und Ausblick

Das fachunspezifische Training erzeugt die größten Lernzuwächse, bei kleiner bis mittlerer Effektstärke, sowohl in Bezug auf die naturwissenschaftliche als auch die fächerübergreifende Problemlösekompetenz, jedoch kommt es beim naturwissenschaftlichen Training ebenfalls zur Zunahme der Problemlösekompetenz in beiden Bereichen.

Die beobachteten Effekte zeigen, dass es möglich und sinnvoll ist, die entwickelten Trainingseinheiten der piktorialen Literalität bei Bedarf sowohl fächerübergreifend als auch im naturwissenschaftlichen Regelunterricht einzusetzen.

Literatur

Cromley, J.G., Perez, T.C., Fitzhugh, S.L., Newcombe, N.S., Wills, T.W., & Tanaka, J.C. (2013). Improving Students' Diagram Comprehension with Classroom Instruction. The Journal of Experimental Education, 81 (4), 511–537.

Gilbert, J. (2007). (Eds.), Visualisation in Science Education, Dordrecht: Springer, 1-6

Gilbert, J., Boulter, C. & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J.K Gilbert & C.J. Boulter (Eds.). Developing Models in Science Education, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 3-17

Lachmeyer, S. (2008). Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht. Kiel.

McTigue, E., & Flowers, A. (2011). Visual literacy in science texts: Elementary students' perceptions and understandings of common diagrams. The Reading Teacher, 64 (8), 578-589.

Pozzer-Ardenghi, L. & Roth, W.-M. (2005). Making sense of photographs. Science Education, 89, 219-241

Roth, W.-M., Pozzer-Ardenghi, L. (2013). Pictures in Biology Education. In D.F. Treagust & C.Y. Tsui (Eds.), Multiple Representations in Biological Education, Models and Modeling in Science Education 7. Dordrecht Heidelberg New York London: Springer, 39-53.

Schnotz, W., Baadte, C., Müller, A. & Rasch, R. (2010). Creative Thinking and Problem Solving with Depictive and Descriptive Representations. In Verschaffel, L., de Corte, E., de Jong, T. & Routledge, J. (Ed.): Use of Representations in Reasoning and Problem Solving - Analysis and Improvement. London, New York: Routledge, 11-35.

Tversky, B. (2007). Prolegomenon to scientific visualization. In Gilbert, J. (Eds.), Visualisation in Science Education, Dordrecht: Springer, 9-28

Weidenmann, B. (1994a) Lernen mit Bildmedien. Psychologische und didaktische Grundlagen. (2. Aufl.) Beltz Weiterbildung: Bd.1. Weinheim, Basel: Beltz.

Weidenmann, B. (1994b) Codes of Instructional Pictures. In Schnotz, W. & Kulhavy, R.W., Comprehension of Graphics. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 29-42.

Eduard Krause Universität Siegen

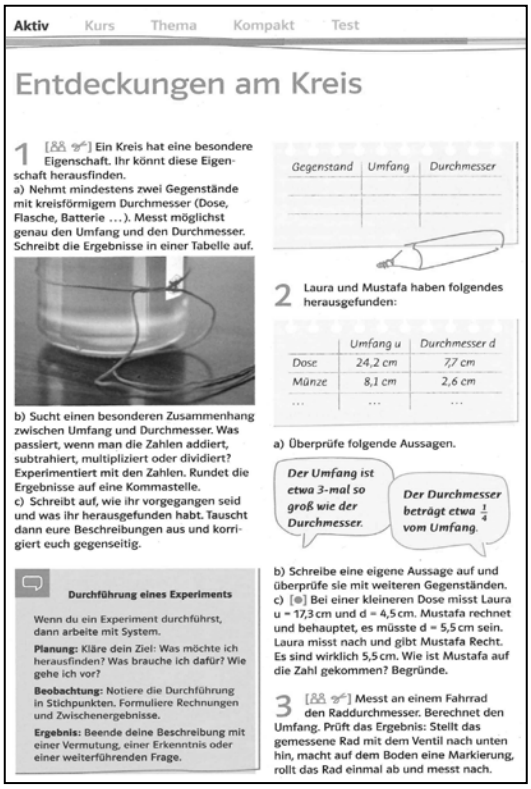
Physikalische und mathematische Kompetenzen in Schulaufgaben

Mathematik im Physikunterricht und Physik im Mathematikunterricht

In diesem Beitrag sollen unter Kompetenzen ganz pragmatisch die Fähigkeiten und Fertigkeiten verstanden werden, die zur Bearbeitung von Schulaufgaben im Fach Mathematik und Physik nötig sind. In diesem Rahmen kann nämlich nicht auf die Unterschiede von inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen, sowie Kompetenzentwicklung oder Kompetenzmessung eingegangen werden.

Mathematische Fertigkeiten, wie z. B. das Differenzieren und Integrieren, das Lösen von Gleichungen usw., sind oft Bestandteil von Physikaufgaben. Dieser Umstand ist sicherlich berechtigt und kaum wegzudenken, dennoch sollten mathematische Fertigkeiten alleine nicht den Kern von Physikaufgaben ausmachen. Das Lösen von Aufgaben im Physikunterricht darf nicht zum bloßen Anwenden mathematischer Kalküle veröden. Ähnliches lässt sich auch andersrum formulieren:

Naturwissenschaftliche Methoden halten zunehmend Einzug in den Mathematikunterricht (nicht nur Inhalte! – Denn dass die Naturwissenschaften den Mathematikunterricht inhaltlich durch Anwendungen bereichern, ist hinlänglich bekannt). So erfreut sich bspw. das Experimentieren zunehmender Beliebtheit. Mathematikbücher thematisieren die Naturwissenschaften auch auf einer Metaebene, quasi wissenschaftstheoretisch, wenn es z. B. um die richtige Durchführung eines Experiments geht (vgl. Abbildung 1). Naturwissenschaftliche Kompetenzen spielen somit auch im Mathematikunterricht eine wichtige Rolle. Analog zu den Physikaufgaben sollten natürlich auch Mathematikaufgaben mehr beinhalten als nur induktives Vorgehen im Experiment.



Aktiv Kurs Thema Kompakt Test

Entdeckungen am Kreis

1 Ein Kreis hat eine besondere Eigenschaft. Ihr könnt diese Eigenschaft herausfinden.
a) Nehmt mindestens zwei Gegenstände mit kreisförmigem Durchmesser (Dose, Flasche, Batterie …). Messt möglichst genau den Umfang und den Durchmesser. Schreibt die Ergebnisse in einer Tabelle auf.

Gegenstand	Umfang	Durchmesser

b) Sucht einen besonderen Zusammenhang zwischen Umfang und Durchmesser. Was passiert, wenn man die Zahlen addiert, subtrahiert, multipliziert oder dividiert? Experimentiert mit den Zahlen. Rundet die Ergebnisse auf eine Kommastelle.
c) Schreibt auf, wie ihr vorgegangen seid und was ihr herausgefunden habt. Tauscht dann eure Beschreibungen aus und korrigiert euch gegenseitig.

Durchführung eines Experiments

Wenn du ein Experiment durchführst, dann arbeite mit System.

Planung: Kläre dein Ziel: Was möchte ich herausfinden? Was brauche ich dafür? Wie gehe ich vor?

Beobachtung: Notiere die Durchführung in Stichpunkten. Formuliere Rechnungen und Zwischenergebnisse.

Ergebnis: Beende deine Beschreibung mit einer Vermutung, einer Erkenntnis oder einer weiterführenden Frage.

2 Laura und Mustafa haben folgendes herausgefunden:

	Umfang u	Durchmesser d
Dose	24,2 cm	7,7 cm
Münze	8,1 cm	2,6 cm
…	…	…

a) Überprüfe folgende Aussagen.

Der Umfang ist etwa 3-mal so groß wie der Durchmesser.

Der Durchmesser beträgt etwa $\frac{1}{4}$ vom Umfang.

b) Schreibe eine eigene Aussage auf und überprüfe sie mit weiteren Gegenständen.
c) Bei einer kleineren Dose misst Laura u = 17,3 cm und d = 4,5 cm. Mustafa rechnet und behauptet, es müsste d = 5,5 cm sein. Laura misst nach und gibt Mustafa Recht. Es sind wirklich 5,5 cm. Wie ist Mustafa auf die Zahl gekommen? Begründe.

3 Messt an einem Fahrrad den Raddurchmesser. Berechnet den Umfang. Prüft das Ergebnis: Stellt das gemessene Rad mit dem Ventil nach unten hin, macht auf dem Boden eine Markierung, rollt das Rad einmal ab und messt nach.

Abb. 1: Experimente im Mathematikunterricht (Kliemann et al., 2008, S. 104)

Beiträge der didaktischen Forschung

Welchen Umfang sollten nun mathematische Kompetenzen in Physikaufgaben einnehmen? Wie experimentell darf Schulmathematik sein? Welche Auffassung wird jeweils im anderen Fach vermittelt? Wie hängen diese beiden Disziplinen zusammen? Diese und ähnliche Fragen sollte sich die didaktische Forschung angesichts der oben geschilderten Umstände stellen. Es ist aber nicht leicht Mathematik und Physik in Abgrenzung zueinander zu

definieren oder deren Zusammenhang zu erklären, dennoch (oder gerade deshalb) wird diesem Thema auf wissenschaftstheoretischer und auch auf didaktischer Ebene ein besonderes Augenmerk gerichtet. In der Physikdidaktik sind in der jüngeren Vergangenheit einige Arbeiten in diesem Forschungsfeld entstanden[1]. In der Mathematikdidaktik gibt es einen Ansatz, dass Schulmathematik als Quasi-Naturwissenschaft aufgefasst werden kann. Schon in der Mitte der 80er Jahre hat Schoenfeld diese Auffassung vertreten (Schoenfeld, 1989) und auch jüngere Forschungen greifen diesen Ansatz auf (Burscheid & Struve, 2010). Die erkenntnistheoretischen Parallelen zwischen Schulmathematik und Physik bestehen demnach vor allem darin, dass beide durch ihre Referenz zur Wirklichkeit als empirisch zu bezeichnen sind. Physik beschreibt per Definition die unbelebte Natur. Ebenso dient auch schulische Mathematik der Beschreibung von realen Gegenstandbereichen. Die Mathematik an sich (wie sie Lernende dann an der Universität kennenlernen) hat nicht als primäres Ziel die Wirklichkeit erklären zu wollen, die Mathematik in der Schule dagegen wird dem Schüler zum Zweck des Umweltverständnisses beigebracht. Eine weitere erkenntnistheoretische Parallele besteht darin, dass der Prozess der Erkenntnisgewinnung in beiden Disziplinen vom Wechselspiel zwischen Induktion und Deduktion geprägt ist. In der Physik werden Vermutungen nicht selten induktiv gewonnen, dennoch spielt das theoriegeleitete logische Schließen auch eine entscheidende Rolle. Die Mathematik, die sicherlich als die deduktive Wissenschaft schlechthin gilt, wird in der Schule ebenfalls recht induktiv vermittelt. So spielen Plausibilitätserklärungen an konkreten Beispielen und auch induktive Experimente eine wesentliche Rolle.

Demnach sind Kompetenzen naturwissenschaftlicher Fächer bedeutsam für den Mathematikunterricht. Ebenso sollten auch mathematische Kompetenzen, die über das Anwenden von Kalkülen hinausgehen, beim Lösen von Physikaufgaben Beachtung finden. Kann ein Fachlehrer, der nur in einem der beiden Fächer ausgebildet ist, das leisten? Läuft man nicht Gefahr im Physikunterricht die Mathematik nur als Werkzeug darzustellen, weil man nicht dafür sensibilisiert wurde mathematisch zu argumentieren, modellieren, usw.? Und sind andererseits die anwendungsorientierten Einbettungen mathematischer Inhalte im Mathematikunterricht in einen naturwissenschaftlichen Kontext authentisch und inhaltlich korrekt? Welche Auffassung von Naturwissenschaften wird im Mathematikunterricht vermittelt?

Diesen Fragen könnte man mit gutem fächerverbindendem Unterricht begegnen. Damit ist nicht fachübergreifender Unterricht gemeint, der aus einer Hand geschieht und das eigene Fach ein Wenig erweitert, sondern Unterricht der die Fächer wirklich verbindet und aus zwei Händen geschieht. Erst in dieser Form kann die Expertise des einen Fachlehrers gewinnbringend in dem anderen Fach genutzt werden und anders herum.

Fächerverbindendes Lehren und Forschen an der Universität

Fächerverbindendes Lernen und Lehren stellt nicht nur eine interessante Option für den Unterricht dar, sondern ist fast unumgänglich, wenn man die Kompetenzen benachbarter Fächer im Lernprozess in der beschriebenen Form fördern möchte. Leider werden Lehrerinnen und Lehrer in ihrer Ausbildung oft nur unzureichend auf fächerverbindenden Unterricht vorbereitet. Auch in der Forschung igelt man sich allzu oft in seiner eigenen Disziplin ein und scheut die Kooperation mit anderen Fächern.

An der Universität Siegen wird fächerverbindendem Lehren und Forschen ein hohes Gewicht beigemessen. So wird beispielsweise das Vorbereitungsseminar zum Praxissemester in der Masterphase fächerverbindend von der Mathematik- und Physikdidaktik angeboten (kurz: FäMaPDi – Fächerverbindendes Seminar zur Mathematik- und

[1] So z. B. die Dissertationen von Olaf Uhden zum Thema „Mathematisches Denken im Physikunterricht“ (Uhden, 2012) oder die von Olaf Krey mit dem Titel „Zur Rolle der Mathematik in der Physik“ (Krey, 2012).

Physikdidaktik). In diesem Seminar geht es in einem ersten Teil um den Vergleich didaktischer Theorien aus beiden Disziplinen und in einem weiteren um konkreten fächerverbindenden Unterricht. Dazu bereiten zwei Mathematikstudentinnen und Studenten mit einer Kommilitonin bzw. einem Kommilitonen aus der Physik unter der Betreuung von Lehrern eine fächerverbindende Unterrichtsminiatur vor, die dann auch im Echtkontakt erprobt wird (Krause & Witzke, 2015).

Abb. 2: Logo des Forschungsverbundes der MINT-Didaktiken in Siegen.

Außerdem haben sich die Didaktiken im MINT Bereich zu einem Forschungsverbund zusammengeschlossen (MINT Universität Siegen – kurz MINTUS [vgl. Abb.2]). Teil dieser Arbeitsgemeinschaft ist ein Graduiertenprogramm, bei dem Doktoranden im Tandem unterschiedlicher Fächer betreut werden sollen. Dementsprechend kommen alle Doktoranden der MINT – Didaktiken regelmäßig zu Doktorandenkolloquien zusammen. Durch diese Maßnahmen soll fächerverbindendes Lernen und Lehren an der Universität Siegen ein höheres Gewicht beigemessen und erlebbar gemacht werden. Dies befähigt dann auch (zukünftige) Lehrerinnen und Lehrer fächerverbindenden Unterricht an der eigenen Schule durchzuführen.

Literatur

Burscheid, Joachim; Struve, Horst (2010): Mathematikdidaktik in Rekonstruktionen. Hildesheim: Verlag Franzbecker

Kliemann, Sabine; Mallon, Carmen, Pucher, Regina (2008): mathe live. Mathematik für Sekundarstufe I, Grundkurs 9. 1. Auflage. Stuttgart: Klett Verlag

Krause, Eduard und Witzke, Ingo (2015): Fächerverbindung von Mathematik und Physik im Unterricht und in der didaktischen Forschung. In: *PhyDidB – Didaktik der Physik*, Beitrag DD 8.3

Krey, Olaf (2012). Zur Rolle der Mathematik in der Physik. Dissertation an der Universität Potsdam.

Schoenfeld, Alan (1989): Mathematical Problem Solving. In “The American Mathematical Monthly, Vol. 96, No.1, p. 68-71

Uhden, Olaf (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht. Dissertation an der Universität Dresden

Stephanie Trump Universität Potsdam
Andreas Borowski

Modellieren physikalischer Problemstellungen – Zwischen Strukturiertheit und Individualität

Kurzfassung
Die mathematische Modellierung physikalischer Probleme stellt eine an Universitäten implizit vorausgesetzte Fähigkeit dar, die in den Bildungsstandards der Physik der Sekundarstufe II derzeit jedoch noch nicht näher expliziert wird. Aufgrund bestehender Probleme bei Lernenden der Schule und Hochschule wird eine Ausformulierung dieser aber nahezu gefordert. Der nachfolgende Artikel stellt ein in ersten Schritten evaluiertes Modell vor, das den modellierenden Umgang mit Mathematik in Physik in seinen einzelnen Prozessen und Zuständen beschreibt und damit eine Grundlage zur Benennung dieser Fähigkeit bildet. Der Artikel fokussiert dabei insbesondere die Strukturiertheit dieses Prozesses, die sich trotz der Individualität einzelner Lösungsprozesse in den Analysen von N = 32 erfolgreichen, mittels der Think-Aloud Methode erhobenen und manaualbasiert ausgewerteten Expertenlösungen zeigt.

Theoretische Basis
Mathematische Modelle sind ein essentieller Bestandteil der Physik (u.a. Angell, Kind, Henriksen, & Guttersrud, 2008). Die Fähigkeit diese Modelle aus einem Sachverhalt zu generieren und zu interpretieren – auch als Modellieren bezeichnet – ist somit unabdinglich und gilt es auch bereits im Physikunterricht angemessen zu berücksichtigen (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004). Eine Ausformulierung dessen findet sich in den Bildungsstandards der Physik für die Sekundarstufe I noch II jedoch nicht wieder, obwohl auch hier die Mathematik und speziell das Mathematisieren als wesentliches Merkmal dieser Fachwissenschaft hervorgehoben werden (KMK, 2004). Dass es angemessen scheint, sich mit dieser Thematik bzw. Problematik auseinander zusetzen spiegelt sich insbesondere in bestehenden Problemen bei Schülerinnen und Schülern, wie aber auch Studentinnen und Studenten der ersten Semester wieder. Sie haben besonders Schwierigkeiten dabei, Mathematik auf reale Probleme (unter denen auch physikalische Probleme zu fassen sind) die Modellieren und inhaltliche Vorstellungen fordern, zu übertragen (u.a. TIMSS III, Baumert et al., 2000; Pospiech & Uhden, 2011; Erickson, 2006).
Da die Erkenntnisse der Wahrnehmungspsychologie, des Situierten Lernens, der Physikdidaktik und auch der Expertiseforschung dafür sprechen, dass die Mathematik und ihre modellierende Anwendung fachspezifisch vermittelt werden sollte (siehe Trump, vor. 2015, Trump & Borowski, 2015), wurde ein Modell entwickelt, dass den mathematisch modellierenden Umgang bei physikalischen Problemstellungen in seinen einzelnen Zuständen und Prozessen einer Problemmodellierung beschreibt, dabei insbesondere das physikalische Wissen mit einbezieht und schließlich notwendige Fertigkeiten bei einer Problemmodellierung aufdeckt (vgl. Abbildung 1). In Kürze beschrieben, läuft der Prozess dabei wie folgt ab: Eine gegebene Situation muss auf Basis des beim Individuum vorhandenen Wissens wahrgenommen und verstanden werden. Hierbei konstruiert dieses eine *Mentale Situations-Repräsentation* (1), die den beschriebenen Sachverhalt in reduzierter Komplexität als inneren handlungsrelevanten Gegenstand darstellt. (2) Diese entwickelt sich in einem nächsten Schritt aufgrund der Fokussierung relevanter Aspekte auf Basis des physikalischen Wissens zu einer *Mentalen Problem-Repräsentation*. Sie weist Lücken auf, die es mit Mathematik zu schließen gilt. Die Fokussierung führt zu einer Strukturierung und Idealisierung des Problems. (3) Im Anschluss daran werden diese Aspekte in eine von der Physik losgelöste ma-

thematische Darstellung transformiert, innerhalb derer durch mathematisches Arbeiten (4) ein *Mathematisches Ergebnis* generiert wird. (5) Dieses gilt es in Bezug auf die Situation bzw. das Problem zu interpretieren, indem es mit physikalischer Bedeutung beladen wird. Entspricht das erhaltene Ergebnis nicht den Erwartungen, gilt es dieses zu prüfen und zu kontrollieren (6).

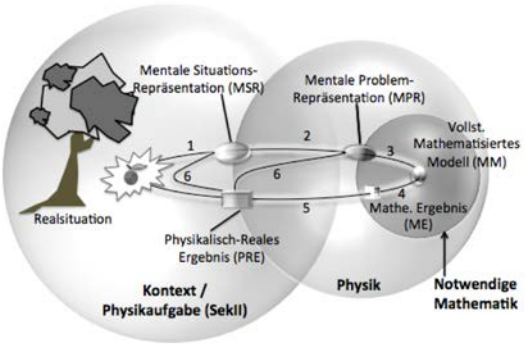


Abbildung 1: Physikalischer Modellierungskreislauf zum mathematischen Modellieren: (1) Konstruieren / Verstehen • (2) Physik. Problem-Repräsentation / Strukturieren & Idealisieren / Passives Mathematisieren • (3) Konzeptanpassung / Aktives Mathematisieren • (4) Mathematisch Arbeiten • (5) Physikalisieren / mit physikalischer Bedeutung beladen bzw. Realisieren • (6) Validieren (Kontrolle / Prüfen)

Als eines der wesentlichen Merkmale dieses Modells, ist die Annahme eines strukturierten Vorgehens, dargestellt durch eine kreislaufartige Darstellung der Lösungsschritte, hervorzuheben (wie u.a. auch bei Borromeo Ferri, 2011). Entsprechend der Expertise-Forschung, ist davon auszugehen, dass Personen, die in der Lage sind ein Problem zu lösen, ein strukturiertes Vorgehen vorweisen (u.a. Chi, Feltovich & Glaser, 1981). Rück- und Vorgriffe auf Zustände sind dabei aufgrund metakognitiver Strategien anzunehmen, weswegen das Modell auch als nicht chronologisch zu begreifen ist (u.a. Borromeo Ferri, 2011). Die Literatur verweist dabei häufig darauf, dass Modellierungskreisläufe individuell sind und eben nicht linear verlaufen (u.a. Borromeo Ferri, 2011). Dass diese Individualität aber dennoch nicht bedeutet kreuz und quer im Modell vorzugehen, sondern sehr wohl entsprechend der im Modell dargestellten Struktur, wurde bis jetzt nicht direkt untersucht.

Fragestellung

Lässt sich in den Lösungen der Probanden ein signifikant häufigerer Wechsel zwischen benachbarten Zuständen als zwischen nicht benachbarten Zuständen beobachten?

Stichprobe und Design

Insgesamt wurden zu zwei verschiedenen physikalischen Problemstellungen aus der Sekundarstufe II, N = 32 Expertenlösungen mit der Think-Aloud Methode erhoben und einer deduktiven Kategorienbildung (Mayring, 2010) unterzogen (Cohens Kappa: .76 bei n=10). Als Problemstellungen wurden zwei Abituraufgaben, die Mathematik verschieden für ihre Lösung heranziehen, verwendet. Als Experten wurden Probanden mit einer umfassenden physikalischen Vorbildung gewählt (Physikdoktoranden), um einen Soll-Zustand eines flexiblen Umgangs mit Mathematik in Physik in dem Modell abbilden zu können. Der detaillierte Ablauf der Erhebung kann in Trump & Borowski (vor. 2015) nachgelesen werden.

Auswertung der kodierten Transkripte

Die Auswertung der kodierten Zustände zeigt sowohl bei der Mathematisierungsaufgabe als auch bei der Interpretationsaufgabe ein häufigeres Auftreten an benachbarten Zuständen als bei nicht benachbarten Zuständen. Tabelle 1 gibt die Mittelwerte der relativen Schritthäufigkeiten über die jeweiligen Probanden mit Fehlergrenze für ein Konfidenzniveau von 95% an. Es wurde aufgrund der kleinen Stichprobe die t-Verteilung herangezogen.

Aufgabentyp	Benachbarte Schritte	Nicht benach. Schritte
Mathematisierung (n=18)	77,23% 4,33%	22,77% ± 4,33%
Interpretation (n=14)	71,86% 9,78%	28,14 ± 9,78%

Tabelle 1: Mittelwerte der relativen Schritthäufigkeiten mit Fehlergrenze für ein Konfidenzniveau von 95% ($t_{Mathematisierungsaufgabe}(17) = 2{,}11$; $t_{Interpretationsaufgabe}(13) = 2{,}16$)

Der zweiseitige parametrische t-Test für abhängige Stichproben ergibt dabei für beide Aufgaben einen statistisch höchst signifikanten Unterschied zwischen Schritten benachbarter Zustände und nicht benachbarter Zustände mit großem Effekt ($t_{Mathematisierung}(17) = 13.12$ $p < .001$, $r = 0.84$ und $t_{Interpretationsaufgabe}(14) = 4.83$; $p < .001$, $r = 0.54$). Es lässt sich dabei weiter für beide Aufgabentypen feststellen, dass Schritte zwischen benachbarten Zuständen vorwärts gerichteter Art (entsprechend des Modells im Uhrzeigersinn; sieben mögliche) höchst signifikant häufiger als rückwärts gerichteter Art (sieben mögliche) auftreten, wobei auch hier die Effektstärke jeweils hoch ist ($t_{Mathematisierung}(17) = 9.77$; $p < .001$, $r = 0.75$ und $z_{Interpretationsaufgabe,\ N = 14} = 3.30$; $p < .001$, $r = 0.62$).

Fazit und Ausblick

Auch wenn Modellierungskreisläufe individuell sind, verlaufen sie bei genauerem Hinsehen primär zwischen den im Modell dargestellten Pfaden. Eine kreislaufartige Darstellung findet somit ihre Rechtfertigung. Wie sich diese Strukturiertheit auch bei anderen Probandengruppen abbildet, gilt es nun weiter zu erarbeiten. Erste Arbeiten auf Basis dieses Modells liegen von Massolt (siehe Artikel in diesem Band) vor.

Literatur

Angell, C., Kind, P.M., Henriksen, E.K., & Guttersrud, Øystein, G. (2008). An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics. Physics Education 43 (3), S. 256-264.

Baumert, J. Bos, W., Brockmann, J., Gruehn, S., Klieme, E., Köller, O. et al. (2002). TIMSS/III–Deutschland. Der Abschlussbericht – Zusammenfassung ausgewählter Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie zur mathematischen und naturwissenschaftlichen Bildung am Ende der Schullaufbahn. Eingesehen am 24.02.2015 http://www.landeselternrat-sachsen.de/fileadmin/ler/daten/07gesetz/02st udien/0011.TIMSSIII-Broschuere.pdfPospiech & Uhden, 2011.

Borromeo Ferri, Rita (2011). Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens. Kognitive Analysen von Modellierungsprozessen im Mathematikunterricht. Wiesbaden: Vieweg Schecker, H., Fischer, H., & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: H.-E. Tenorth (Hrsg.), Kerncurriculum Oberstufe II. Expertisen – im Auftrag der KMK. Weinheim: Beltz, S. 148-234.

Erickson, T. (2006). Stealing from physics: modeling with mathematical functions in data-rich-contexts. Teaching Mathematics and its Applications. PDF unter http://teamat.oxfordjournals.org/content/25/1/23.long, S. 23-32. (Stand 3 / 2015).

[KMK] Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. Neuwied: Luchterhand.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (11. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Trump, S. (vor. 2015). Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II !? Eine systematische Analyse zur notwendigen Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II sowie eine Benennung notwendiger mathematischer Fertigkeiten für einen flexiblen Umgang mit Mathematik beim Lösen physikalisch-mathematischer Probleme im Rahmen der Schul- und Hochschulbildung**,** Berlin: Logos.

Trump, S. & Borowski, A. (2015): Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II – Wie und Welche? In: S. Bernholt (Hrsg.) Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 370 – 3722.

Marie-Annette Geyer Technische Universität Dresden
Gesche Pospiech

Eine explorative Laborstudie: Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht der Sekundarstufe 1

Physikalische Phänomene können mit Hilfe funktionaler Zusammenhänge mathematisch beschrieben werden. Diese werden in Form von Tabellen, Graphen, algebraischen Ausdrücken oder verbalen Beschreibungen dargestellt.
Nach Leuders & Prediger (2005) hängt das Verständnis eines funktionalen Zusammenhangs mit der Kompetenz zusammen, zwischen den jeweiligen Darstellungen zu wechseln. Um diese Kompetenz bereits im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 zu entwickeln, ist es notwendig, die entsprechenden Voraussetzungen und Denkprozesse der SchülerInnen zu kennen.
Mit Hilfe einer explorativen Laborstudie sollen dazu folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie bearbeiten SchülerInnen physikalisch-mathematische Problemaufgaben, die verschiedene Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge erfordern?
- Welche Schwierigkeiten haben sie bei der Bearbeitung dieser Aufgaben?

Theoretischer Rahmen

Die Mathematik kann in der Physik und ebenso im Physikunterricht zwei unterschiedliche Rollen einnehmen: eine technische und eine strukturelle Rolle (vgl. Pietrocola 2008). Auch bei Darstellungswechseln funktionaler Zusammenhänge können beide Aspekte im Physikunterricht auftreten. Eine Zieldarstellung kann mit Hilfe einer technischen Übersetzung (z. B. algorithmisches Berechnen eines Wertes) und/oder einer strukturellen Übersetzung (z. B. physikalisch sinnvolles Schätzen eines Wertes) gefunden werden. Diese Unterscheidung wird im theoretischen Modell für Darstellungswechsel im Physikunterricht berücksichtigt (vgl. Abb. 1), das in Geyer & Pospiech (eingereicht) beschrieben wurde.

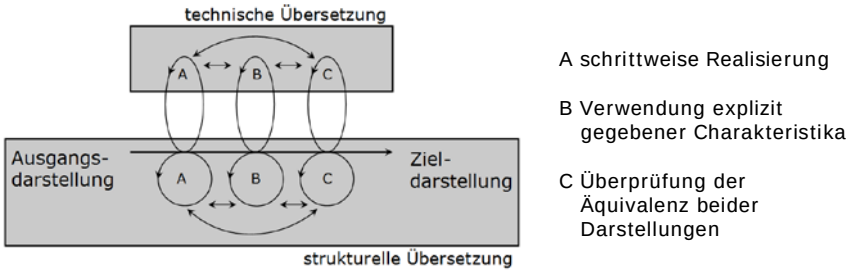


Abb. 1: Darstellungswechsel im Physikunterricht (vgl. Geyer & Pospiech, eingereicht)

Mit Hilfe dieses Modells soll die Bearbeitung von Darstellungswechseln durch SchülerInnen differenzierter beschrieben und ihre dabei auftretenden Schwierigkeiten verortet werden.

Auswahl der Erhebungsmethode

Bisher ist nicht untersucht worden, wie SchülerInnen der Sekundarstufe 1 Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge im physikalischen Kontext bearbeiten. Aus diesem Grund ist ein exploratives Vorgehen notwendig. Da sich die Beobachtung im regulären Physikunterricht nicht fokussiert und tiefgründig genug durchführen lässt, wird die Erhebung im Rahmen einer Laborstudie stattfinden.

Das Vorgehen der SchülerInnen beim Bearbeiten von Darstellungswechseln soll anhand von physikalisch-mathematischen Aufgaben untersucht werden, die sowohl technische als auch strukturelle Übersetzungselemente beim Darstellungswechsel ermöglichen. So ist es erforderlich, dass diese Aufgaben einen Problemcharakter aufweisen und von den SchülerInnen nicht mit Hilfe von Routinen gelöst werden können.
Um die subjektiven Sichtweisen und Gedankengänge der SchülerInnen zu untersuchen, kann eine qualitative Einzelbefragung mit der Methode des lauten Denkens eingesetzt werden. Die Erfahrungen von Uhden (2012) zeigen allerdings, dass es SchülerInnen der Sekundarstufe 1 in diesem Rahmen sehr schwer fällt, ihre Gedanken während der Aufgabenbearbeitung zu verbalisieren. Uhden (2012) führte letztlich eine Zweier-Gruppendiskussion durch, in der sich die Probanden ihre Ideen gegenseitig an einer interaktiven Tafel erklärten. Dieses Design wird übernommen und durch eine Nachbefragung des SchülerInnenpaars ergänzt. Durch diese soll es möglich sein, beobachtete Auffälligkeiten und Schwierigkeiten während der Aufgabenbearbeitung im Nachgang zu vertiefen oder zu klären.
Um die Probanden der Laborstudie bezüglich ihres Vorwissens einordnen zu können, wird außerdem eine Fragebogenerhebung mit ca. 10 Klassen durchgeführt.

Design der Laborstudie: Paarweises Bearbeiten von Problemaufgaben an einer interaktiven Tafel

Nach der Begrüßung und organisatorischen Vorbereitung bearbeiteten die SchülerInnen je nach verfügbarer Zeit drei bis vier physikalisch-mathematische Problemaufgaben aus dem Bereich der Wärmelehre. Anschließend wurde das SchülerInnenpaar zu beobachteten Auffälligkeiten und Schwierigkeiten befragt. Außerdem hatten die Probanden für zwei komplexere Aufgaben die Gelegenheit, sich zunächst in Einzelarbeit mit ihnen zu beschäftigen, um anschließend ihre Ideen in der Partnerarbeit zu diskutieren.
Um die Aufgabenbearbeitung für die Probanden abwechslungsreich und für einen angemessenen Zeitrahmen zu gestalten, wurde der in Tabelle 1 dargestellte Ablauf verfolgt.

Abkühlung	Temperatur und Wärme	Physikalischer Vorgang gesucht	Luftmatratze
Abkühlungsvorgang	Grundgleichung der Wärmelehre		Zusammenhänge zwischen Druck, Temperatur und Volumen
1. Bearbeitung in Partnerarbeit an der interaktiven Tafel 2. Nachbefragung des Zweierteams	3. Bearbeitung in Einzelarbeit auf einem Blatt Papier 4. Bearbeitung in Partnerarbeit an der interaktiven Tafel 5. Nachbefragung des Zweierteams		6. Bearbeitung in Partnerarbeit an der interaktiven Tafel 7. Nachbefragung des Zweierteams

Tabelle 1: Ablauf der Bearbeitung der vier physikalisch-mathematischen Problemaufgaben

Die SchülerInnen erhielten die Anweisung, während der Partnerarbeit an der interaktiven Tafel laut zu denken. Die Tafel konnte von beiden beschrieben bzw. bedient werden. Während der gesamten Bearbeitungs- und Nachbefragungszeit wurde der Ton aufgezeichnet. Die Verschriftlichung während der Partnerarbeit (und wenn notwendig ebenso während der Nachbefragung) wurde mit Hilfe der Desktopaufzeichnung an der interaktiven Tafel videografiert. Außerdem wurde die Aufgabenbearbeitung mit Hilfe eines Smartpens grob protokolliert, so dass beispielsweise auch die Gestik der Probanden bei ihren Erklärungen erfasst wurde. Die Endprodukte der Aufgabenbearbeitung der Einzelarbeit sowie der Partnerarbeit liegen in verschriftlichter Form vor.

Probanden der Laborstudie

Die Studie wurde in 11 sächsischen Gymnasien vorgestellt. Zielgruppe waren dabei die SchülerInnen der 8. Klassenstufe.

In den letzten Wochen des Schuljahres 2014/15 und den ersten Ferientagen nahmen 34 SchülerInnen an der *Laborstudie* in der Professur für Didaktik der Physik, TU Dresden teil. Dabei handelte es sich um zehn weibliche und sieben männliche SchülerInnenpaare von acht Dresdner Gymnasien. Die Probanden meldeten sich stets mit einem befreundeten Teampartner an, der meist aus der eigenen Klasse kam.

Die Erhebung der letzten Physik- und Mathematikzeugnisnote zeigt, dass vorwiegend gute SchülerInnen an der Laborstudie teilnahmen (vgl. Abb. 2). Zumeist hatten beide Teampartner eines Paares ähnliche Noten.

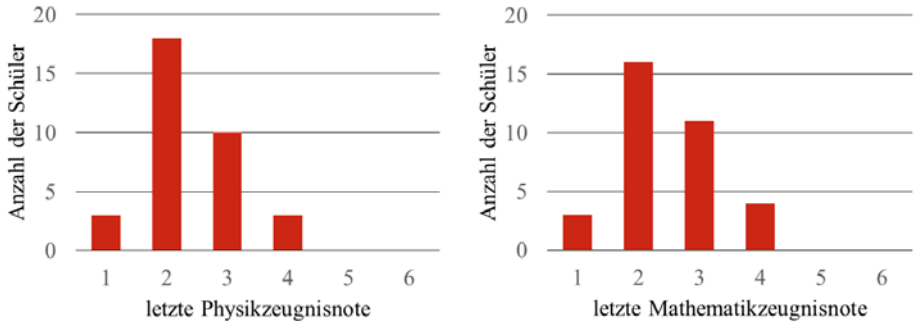


Abb. 2: Verteilung der letzten Physik- bzw. Mathematikzeugnisnote in der Laborstudie

Die Probanden der Laborstudie beteiligten sich ebenfalls an der *Fragebogenerhebung* zur Einordnung der Stichprobe, an der insgesamt 319 SchülerInnen der 8. Klassenstufe teilnahmen. Dabei wurde die Sichtweise zu Diagrammen und Formeln im Physikunterricht, das fachspezifische Selbstkonzept in Physik sowie das physikalische und mathematische Vorwissen der SchülerInnen erhoben.

Auswertung und Ausblick

Die transkribierten Gespräche während der *Laborstudie* werden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2014) ausgewertet. Dabei werden die Bearbeitungsschritte der SchülerInnen mit Hilfe induktiver Kategorien strukturiert und den Konstrukten im Modell für Darstellungswechsel (vgl. Abb. 1) zugeordnet. Bezüglich der SchülerInnenschwierigkeiten soll ebenso verfahren werden. Die Auswertung der *Fragebogenerhebung* zur Einordnung der Stichprobe vor allem bezüglich des physikalischen und mathematischen Vorwissens steht noch aus.

Literatur

Geyer, M.-A. & Pospiech, G. (eingereicht). Darstellungen funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht. Darstellungswechsel in der Sekundarstufe 1. In: PhyDid B. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Wuppertal 2015.

Kuckartz, U. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim und Basel: Beltz Juventa.

Leuders, T. & Prediger, S. (2005). Funktioniert's? – Denken in Funktionen. In: Praxis der Mathematik in der Schule, Jg. 47, S. 1-7.

Pietrocola, M. (2008). Mathematics as structural language of physical thought. In: Vicentini, M. & Sassi, E. (Hrsg.), Connecting Research in Physics Education with Teacher Education, Bd. 2. ICPE.

Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht. Berlin: Logos Verlag.

Nicole Graulich[1] [1]Justus-Liebig Universität Giessen
Gautam Bhattacharyya[2] [2]Missouri State University

Das Eisbergphänomen in der Organischen Chemie

Durch die stetig wachsende Forderung nach Qualitätsverbesserung der Lehre im Hochschulbereich, rückt auch die Frage nach den Einflussfaktoren für erfolgreiches Lernen im Fach Chemie in den Vordergrund. Dabei ist gerade die Organische Chemie für viele Studierende eine Hürde im Studium und das Lernen mit großer Anstrengung verbunden. Jedoch steht die Forschung zu den Wissenskonstruktionsprozessen in der Organischen Chemie noch am Anfang (Graulich, 2015).
Bisherige Studien zeigen, dass die Ursache von Lernschwierigkeiten in der Organischen Chemie häufig in der fehlenden Anwendung von chemischen Konzepten und der korrekten Verwendung von Strukturen und Mechanismen liegt (Domin & Al-Masum, 2008; Strickland, Kraft & Bhattacharyya, 2010). Um das Reaktionsverhalten von Verbindungen beurteilen zu können, müssen unterschiedliche chemische Basiskonzepte und verschiedene Reaktionsvariablen abgewogen und Entscheidungen getroffen werden, die sich nicht zwangsläufig von den abgebildeten Strukturen ablesen lassen. Bisher ist nicht bekannt welche mentalen Repräsentationen Studierende bei der Betrachtung von organisch-chemischen Reaktionen aktivieren.

Theoretischer Hintergrund

Der Vorgang des Kategorisierens ist ein grundlegender kognitiver Prozess, der es uns ermöglicht Objekte durch Vergleich von oberflächlichen oder eigenschaftsbezogenen Gemeinsamkeiten und Unterschieden mental zu organisieren (Anderson 1991; Medin, Goldstone & Gentner, 1993). Je nachdem welche Merkmale oder Attribute von Objekten herangezogen wurden, kann sich die mentale Organisation individuell unterscheiden.
Übertragen auf die Chemie bedeutet dies, dass beim Lernen von organisch-chemischen Reaktionen Lerner Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Reaktionen, z.B. anhand von Oberflächenmerkmalen, wie der Struktur oder von Merkmalen in der Tiefenstruktur, wie z.B. mechanistische Schritte heranziehen können, um mentale Kategorien zu bilden.
Wir greifen für unsere Studie auf die Structure-Mapping Theorie von Gentner und Markman (Gentner & Markman, 1997) zurück. Dieses Modell beschreibt Ähnlichkeitsbeziehungen zwischen Objekten oder Systemen anhand eines Kontinuums von gemeinsamen relationalen (Merkmale der Tiefenstruktur) oder gemeinsamen strukturellen Merkmalen (Merkmale der Oberflächenstruktur) von Objekten.

Zielsetzung und Studiendesign

Das Ziel dieser Studie ist das Kategorisierungsverhalten von Studierenden der Organischen Chemie anhand von typischen Additionsreaktionen zu untersuchen, um darüber Rückschlüsse auf die Verarbeitung von organisch-chemischen Strukturdarstellungen ziehen zu können. Folgende Fragen liegen damit der Studie zugrunde:

- Welche Art von Merkmalen, relationale oder strukturelle, nutzen Studierende, um Kategorien aus gegebenen Additionsreaktionen zu bilden?
- Wie ändert sich das Kategorisierungsverhalten wenn sich die Oberflächenstruktur der Substrate ändert?

Mit zwölf Studierenden der Organischen Chemie an einer Universität im Süden der USA wurden qualitative semi-strukturierte Interviews durchgeführt. Dazu wurde ein Instrument mit typischen elektrophilen Additionsreaktionen entwickelt und den Probanden während des Interviews in verschiedenen Settings, u.a. freies und mechanistisches Kategorisieren und das

Erkennen von relationalen Kategorien, mit Hilfe des Programms ExpoBoard präsentiert. Der Kategorisierungsvorgang wurde simultan audio- und videographiert.

Auswertung und Ergebnisse

Die Kategorien der Probanden wurden mit Hilfe des Modells von Gentner und Markman analysiert und klassifiziert. Die Merkmals-Auswahl der Probanden zeigt deutlich einen starken Fokus auf strukturelle Ähnlichkeiten als Basis für die gebildeten Kategorien. Die Mehrzahl der Probanden wählt dazu die funktionelle Gruppe des Produktes als kritisches strukturelles Merkmal aus. Der deutliche Fokus auf die funktionelle Gruppe zeigt sich auch, wenn sich die Substratstruktur ändert. Strukturmerkmale wie Ringe oder Kettenlänge werden nicht zum Kategorisieren herangezogen.

Relationale Merkmale, wie z.B. das Auftreten eines Carbeniumions, wurden seltener (nur bei drei Probanden) herangezogen und oft fehlerhaft den Reaktionen zugeordnet. Bei mehr als der Hälfte der Probanden unterschieden sich daher die gebildeten Kategorien im freien Kategorisieren und dem mechanistischen Kategorisieren nicht. Ebenfalls zeigt sich in den Äußerungen der Studierenden, dass das Heranziehen struktureller Merkmale oft die einzig zugänglichen Merkmale sind, da Studierende nur bruchstückhaft Wissen über die zugrundeliegenden Mechanismen mit den gezeigten organischen Reaktionen verknüpfen.

Es ist nicht verwunderlich, dass in einem klassisch unterrichteten Kurs, die Studierenden die funktionelle Gruppe zum Kategorisieren der Reaktionen heranziehen. Obwohl dieses Verhalten, das Zusammenfassen der möglichen Synthesewege zu einer funktionellen Gruppe, dem Blick eines Organikers entsprechen würde, fehlt bei den Probanden die Verknüpfung zwischen der Strukturdarstellung und dem zugrundeliegenden Reaktionsverlauf. Es zeigt sich, dass die Probanden die Reaktionen als eine Umsortierung auf Symbolebene wahrnehmen und es ihnen nur in seltenen Fällen möglich ist, dafür chemisch-valide Ursachen zu benennen.

Fazit

Erfolgreiches mechanistisches Denken erfordert als wesentliche Grundlage das „Sehen“ der impliziten chemischen Merkmale, die eine Struktur ausdrückt. Jedoch zeigt diese Studie qualitativ, dass sich die Studierenden sehr stark auf strukturelle Merkmale stützen und dies ihre Wahrnehmung von organischen Reaktionen beeinflusst.

Die Bedeutung, die Oberflächenmerkmalen, wie der funktionellen Gruppe, zugeordnet wird, als auch die Schwierigkeit relationale Kategorien zu bilden, dokumentiert, dass es Studierenden schwer fällt chemisch-valide Ähnlichkeitsmuster zu erkennen und Reaktionen sehr viel stärker als bisher angenommen auf Oberflächenmerkmale reduziert werden.

Literatur

Anderson, J.R. (1991). The Adpative Nature of Human Categorization. Psychological Review, 98 (3), 409-429.

Domin, D.S., Al-Masum M. & Mensah J. (2008). Students' Categorizations of Organic Compounds, Chemistry Education Research & Practice, 9 (2), 114-121.

Gentner, D. & Markman A.B. (1997). Structure Mapping in Analogy and Similarity. American Psychologist, 52 (1), 45-56.

Graulich, N. (2015). The Tip of the Iceberg in Organic Chemistry Classes: How do Students Deal with the Invisible? Chemistry Education Research & Practice, 16 , 9-21.

Medin, D.L., Goldstone R.L. & Gentner D. (1993). Respects for Similarity. Psychological Review, 100 (2), 254.

Strickland, A.M., Kraft, A. & Bhattacharyya, G. (2010). What Happens when Representations Fail to Represent? Graduate Students' Mental Models of Organic Chemistry Diagrams. Chemistry Education Research & Practice, 11 (4), 293-301.

Andreas Helzel
Karsten Rincke
Universität Regensburg

Bohrs Alternativen: Anstoß zu einer Diskussion

Einleitung

Im Zuge der Diskussion über den Zweck des Bohrschen Atommodells (z.B. Fischler & Lichtfeldt 1994) in der Schule wurden Unterrichtskonzepte (UK) zur Quantenmechanik (QM) entwickelt, die verschiedene Alternativen mit unterschiedlich guten Ergebnissen dazu anbieten (Müller & Wiesner, 2000), (Berg, Fischler, Lichtfeld, Nietzsche, Richter & Walther, 1989), (Niedderer & Deylitz, 1997). Für die universitäre Ausbildung in Physik gab es keine (so ausführliche) Diskussion dazu, weshalb neben theoretischen Berechnungen in der Quantenmechanik nur das Bohrsche Atommodell als einfaches Modell zur Betrachtung des Wasserstoffatoms behandelt wird.

Um eine Basis für eine Diskussion des Bohrschen Atommodells an Universitäten zu liefern, werden hier die Näherungen zum Wasserstoffatom von drei bekannten UK fachphysikalisch verglichen und deren Abweichungen vom genauen Ergebnis diskutiert. Davon ausgehend wird eine weiterführende Näherung vorgestellt, die das genaue Ergebnis liefert, und die anschlussfähig ist, sowohl für eine Theorievorlesung als auch für moderne UK zur QM an Schulen.

Vergleich bisheriger Näherungen

Im Folgenden werden Näherungen für die Energieniveaus des Wasserstoffatoms aus dem Münchener UK (Müller & Wiesner, 2000), dem Berliner UK (Berg, Fischler, Lichtfeld, Nietzsche, Richter & Walther, 1989) und dem Bremer UK (Niedderer & Deylitz, 1997) herangezogen. Diese werden hier fachlich verglichen und dazu aus ihren jeweiligen Darstellungen herausgelöst.

Die Grundidee in diesen Näherungen ist es das Coulombpotential mit einem Kastenpotential für jedes Energieniveau anzunähern. In einem eindimensionalen Kastenpotential der Breite L und der Tiefe V_0 ergeben sich aus der QM die Energieniveaus mit den Werten $E_n = \frac{h^2 n^2}{8mL^2} + V_0$. Für ein dreidimensionales Kastenpotential, entweder als Würfel oder Sphäre, werden die Größen r_n als Radius[1] des Potentials, V_n als Potentialtiefe und $\bar{r}_n$ für den (mittleren) Radius verwendet, bei dem $V_{Coulomb}(\bar{r}_n) = V_n$ gilt. Das Verhältnis der Radien ist $r_n/\bar{r}_n = x$. Also müssen nach der Wahl einer Geometrie die beiden Größen r_n und entweder V_n, $\bar{r}_n$ oder x sinnvoll abgeschätzt werden, um die Energieniveaus zu berechnen.

Abbildung 1 illustriert die wesentlichen Unterschiede hinsichtlich der Wahl der Geometrie und der Ausdehnung des Kastenpotentials zwischen den UK. Für alle Näherungen ergibt sich $E_n = 2V_n$, weshalb das Verhältnis von durchgezogener und gepunkteten Linie in allen UK gleich ist. Die Unterschiede in der Geometrie und Ausdehnung des Kastenpotentials (gestrichelte Linien) führen zu Ergebnissen, die unterschiedlich nah am Termschema $E_n = R_y \frac{1}{n^2}$ (mit $R_y = 13{,}6$ eV) liegen. Das Münchener UK erreicht mit dem Würfel, der mit den Ecken und Kanten den „klassisch erlaubten Bereich“ überragt, ca. 54% davon, das Berliner UK mit einem sehr kleinen Würfel 14% und das Bremer UK mit der Sphäre 41%. Alle Näherungen stimmen also hinsichtlich der Naturkonstanten und der Abhängigkeit zu n

[1] Je nach Geometrie handelt es sich dabei entweder wirklich um einen Radius, oder, falls ein Würfel anstatt einer Sphäre verwendet wird, um die halbe Kantenlänge.

mit dem Termschemen überein. Die rein numerischen Unterschiede werden auf die unterschiedliche Ausdehnung zurückgeführt.

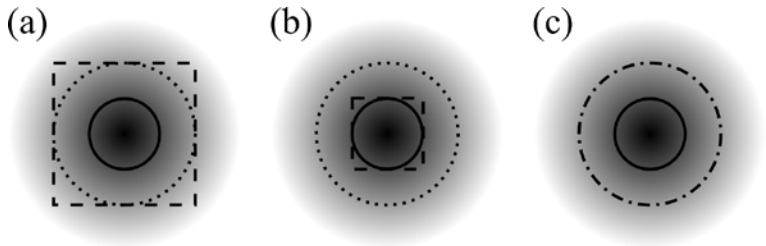


Abbildung 1: Zweidimensionaler Querschnitt durch das Coulombpotential (graue Schattierung). Der mittlere Radius $\bar{\boldsymbol{r}}_{\boldsymbol{n}}$ ist die durchgezogene Linie, die Grenzen des Kastenpotentials gestrichelt und die Grenze die ein klassisches Teilchen der Energie erreichen könnte (also $\boldsymbol{E_n} = \boldsymbol{V_{Coulomb}}$) gepunktet. (a) Münchener, (b) Berliner und (c) Bremer UK.

Weiterführende Näherung

Die weiterführende Näherung, die Gegenstand dieses Textes ist, hat dieselbe Basis wie die oben besprochenen Näherungen, entscheidet sich aber für andere und erweiterte Bedingungen.

Als Geometrie wird wie im Bremer UK eine Sphäre gewählt. Das entspricht der Symmetrie des Problems und führt zu radialsymmetrischen Wellenfunktionen ($\psi \propto \frac{\sin r}{r}$). Die Größen sollen hier sinnvoll abgeschätzt werden und nicht nur plausibel festgesetzt. Das erweiterte Vorgehen besteht darin, die Ausdehnung des Potentials r_n mit einer Abschätzung durch die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation (HU) vorzunehmen. Bei einer derartigen Abschätzung wird die Ausbreitungsenergie[2] des Grundzustandes mit der Standardabweichung des Impulses durch die klassische Energie-Impuls-Beziehung in Verbindung gebracht. Die Standardabweichung des Impulses wird anschließend mit der HU genähert, indem für die Standardabweichung der mittlere Radius $\bar{r}_1$ verwendet wird. Damit ergibt sich $r_n = \pi\bar{r}_n = \frac{\varepsilon_0 h^2 n^2}{me^2}$.

Zusammengefasste Ergebnisse

Zentrales Ergebnis der weiterführenden Näherung ist das Termschema für die Energieniveaus, wie es auch mit der Berechnung mit dem Coulombpotential gefunden wird: $E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2}\frac{1}{n^2}$. Die oben gemachten Abschätzungen sind also offensichtlich sehr gut. Was ergibt sich noch aus ihnen?

Da die Symmetrie radialsymmetrisch gewählt wird, können die Zustandsfunktionen des Kastenpotentials auch hinsichtlich den winkelbezogenen Quantenzahlen l und m ausgewertet werden und damit der quantenmechanische Drehimpuls besprochen werden. Weiterhin ähnelt der Radialteil der Näherung qualitativ der der Berechnung mit Coulombpotential; es zeigt sich ein ausgeprägtes Maximum im Zentrum, also am Atomkern, und eine der Anregung entsprechende Zahl an Knoten und Bäuchen. Diese sind in Abbildung 2(a) in das Energie Termschema zusammen mit dem Coulombpotential und den Kastenpotentialen für die ersten drei Energieniveaus eingezeichnet.

[2] Klassisch handelt es sich hierbei um die kinetische Energie. Da aber auf klassisch-mechanistische Ausdrücke, die eine Kinetik implizieren, die nicht vorhanden ist, verzichtet werden sollte, wurde für diese Arbeit der Ausdruck „Ausbreitungsenergie“ gewählt.

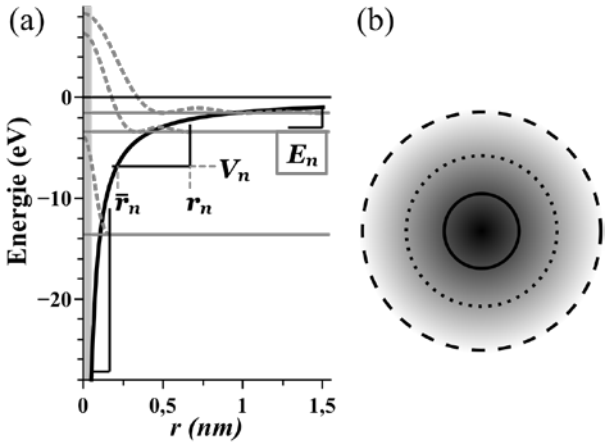


Abbildung 2: (a) Termschema im Coulombpotential und Wellenfunktionen. (b) Querschnitt durch das Potential.

Hier kann man erkennen, dass die Wellenfunktion im Kastenpotential in einen Bereich ragt, der klassisch energetisch nicht möglich wäre. Durch die Größe des Potentials wird also der quantenmechanischen Eigenschaft des Tunnelns Rechnung getragen. Auch Abb. 2(b) zeigt in einem 2D Querschnitt durch das Potential, dass die Ausdehnung des Kastenpotentials über die klassische energetische Grenze des Coulombpotentials hinausgeht.
Der Bohrsche Atomradius bezeichnet nicht nur die Elektronenbahn im Bohrschen Modell, er wird auch in der Quantenmechanik mit dem (wahrscheinlichsten) Ort (bzw. Radius) in Verbindung gebracht. In der weiterführenden Näherung ist der Radius $\bar{r}_1$ gleich dem Bohrschen Atomradius. Dieser Radius lässt sich also hier mit dem Ort des mittleren Potentials, das ein Elektron im Grundzustand wahrnimmt, deuten und nicht nur mit dem Ort des Elektrons selbst. Das liefert eine weitere Möglichkeit eine Ausdrucksweise zu wählen, die nicht zu klassischen Größen wie „Ort eines Teilchens“ führt.

Es kann mit dieser weiterführenden Näherung also eine Möglichkeit gegeben werden, die anschlussfähig an eine Vorlesung der Theoretischen/Fachphysik ist und gleichzeitig an moderne UK zur Quantenmechanik, ohne bei den Studierenden bestehende Fehlvorstellungen weiter zu verfestigen. Sie besitzt den Vorteil des Bohrschen Atommodells auf einfache Weise das Termschema des Wasserstoffatoms zu liefern, und versucht dessen Nachteile, zu suggestiv und klassisch-mechanistisch zu sein, zu überwinden.
Diese Näherung dient als ein Vorschlag für eine Alternative zum Bohrschen Atommodell in der Hochschullehre.

Literatur

Fischler, H.; Lichtfeldt, M. (1994). Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Quantenmechanik. Physik in der Schule 32, S. 276

Müller, R.; Wiesner, H. (2000). Das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik. Physik in der Schule 38, S. 126

Berg, A.; Fischler, H.; Lichtfeldt, M.; Nitzsche, M.; Richter, B.; Walther, F. (1989). Einführung in die Quantenphysik. Pädagogisches Zentrum Berlin

Niedderer, H.; Deylitz, S. (1997). Atome, Moleküle und Festkörper - Verständnis ihrer Eigenschaften auf der Basis der Schrödinger-Gleichung unter Zuhilfenahme des Computers. Basistext für Schüler, Universität Bremen. Institut für Didaktik der Physik

Stefan Anthofer Universität Regensburg
Oliver Tepner

Experimentell-fachdidaktisches Wissen und Handeln von Chemie-Lehramtsstudierenden

Theoretischer Hintergrund

Das Fachdidaktische Wissen (pedagogical content knowledge, PCK) und das Fachwissen von Lehrkräften (content knowledge, CK) gelten als notwendige Voraussetzungen für erfolgreiches Vorbereiten und Durchführen von Unterricht (Abell, 2008). Bisher gibt es in der chemiedidaktischen Forschung kaum Untersuchungen, die sich mit dem Zusammenhang zwischen dem experimentell-fachdidaktischem Wissen angehender Lehrkräfte und ihrem Unterrichtshandeln befassen (Baumert & Kunter, 2006). Um diese Forschungslücke zu schließen, wurde ein universitäres Seminar u. a. zur Förderung des experimentell-fachdidaktischen Wissens entwickelt und evaluiert. Dabei wurden sowohl der positive Effekt von Videoanalysen (Dinkelaker & Herrle, 2009) als auch die Wirksamkeit eines gemeinsamen systematischen Handelns und Reflektierens genutzt (Helmke, 2014).

Ziele der Untersuchung

- Entwicklung eines universitären Seminarkonzepts u. a. zur Förderung des experimentell-fachdidaktischen Wissens von Chemie-Lehramtsstudierenden
- Entwicklung eines Tests zur Erfassung des Fachwissens zum Thema Stofftrennung und -identifikation angehender Chemielehrkräfte
- Entwicklung und Evaluation eines Leitfadeninterviews zur Erfassung des reflexiven Wissens zur experimentellen Erkenntnisgewinnung
- Aufklärung des Zusammenhangs zwischen dem Unterrichtshandeln von Chemie-Lehramtsstudierenden, ihrem experimentell-fachdidaktischen Wissen und dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler [SuS]

Hypothesen

H1: Durch das universitäre Seminar werden das experimentell-fachdidaktische Wissen der Studierenden und ihr Fachwissen zum Unterrichtsthema Stofftrennung und -identifikation gesteigert.
H2: Die Studierenden können von MZP I über MZP II bis zu MZP III ihr Experimentierverhalten [H2.1], die kognitive Aktivierung ihrer SuS [H2.2] und ihre Klassenführung [H2.3] verbessern.
H3: Die SuS, die am MZP III unterrichtet werden, lernen mehr dazu als die SuS am MZP II. Diese wiederum mehr als die SuS am MZP I.

Untersuchungsdesign und Testinstrumente

Zu Beginn des universitären Seminars wurden u. a. das experimentell-fachdidaktische Wissen (N_{Items} = 19, α = .77) (Backes, Sumfleth & Tepner, 2012), das Fachwissen zum Thema Stofftrennung und -identifikation (N_{Items} = 23, α = .80) erhoben. Im Anschluss daran wurden die Studierenden in Tandems eingeteilt, um gemeinsam ein Unterrichtskonzept zum Themenfeld Stofftrennung und -identifikation zu entwickeln. Diese Thematik findet sich im Profilbereich der achten Jahrgangsstufe des bayerischen Gymnasiallehrplans wieder.
Als Vorgaben zur Unterrichtsstunde erhielten sie zum einen die exakte Themenstellung – wie beispielsweise Destillation im Mikromaßstab – zum anderen die Struktur aus Hinführung, Schülerexperiment und Auswertung, sowie den zeitlichen Umfang von vierzig Minuten. An zwei aufeinanderfolgenden Seminarterminen hatten die Teilnehmer für die

Konzeption ihres Unterrichtskonzepts etwa 100 min Zeit. Dieses wurde am Schülertag I (entspricht MZP I) zum ersten Mal erprobt. Der Schülertag fand im Lehr-Lern-Labor der Chemiedidaktik der Universität Regensburg statt. Etwa zwei Wochen davor bearbeiteten die SuS dieser Klasse einen Fachwissenstest (N_{Items} = 30) und einen Fragebogen zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (N_{Items} = 63) (Klos, 2008). Der Schülertag begann etwa um 7.40 Uhr und endete nach sechs Unterrichtseinheiten und Pausen um ca. 15.15 Uhr. Zu Beginn wurden kognitive Fähigkeiten (N_{Items} = 25) (Heller & Perleth, 2000) und das Fachinteresse der SuS (N_{Items} = 11) (Tepner, 2008) erfasst. Direkt nach jeder Stunde wurden sieben Items zum Verständnis des Schülerexperiments und sieben Items zum Anteil an Selbststeuerung erhoben. Zudem wurden entsprechende Aufgaben des Schüler-Fachwissenstests durchgeführt. Dieser wurde etwa zwei Monate nach dem Schülertag erneut von den SuS bearbeitet.

Die Seminarteilnehmer, die am Schülertag gerade nicht unterrichteten, beobachteten die Stunden der anderen Teilnehmer. Dabei füllten sie einen Beobachtungsbogen (N_{Items} = 31) (Helmke, 2005) aus und notierten Tipps, die die unterrichtenden Lehrkräfte bei der erneuten Durchführung am Schülertag II (entspricht MZP II) verbessern sollten.

Alle Stunden wurden videographiert, um diese in der Folge im Hinblick auf Klassenführung (N_{Items} = 71, α = .98) (Helmke, 2005), kognitive Aktivierung der SuS (N_{Items} = 20, α = .89) (Vogelsang, 2014) und Experimentierverhalten der Lehrkraft (N_{Items} = 38, α = .93) (Schulz, 2011) zu analysieren.

Bevor die Studierenden ihre eigenen Unterrichtsvideos einzeln mit Hilfe von Prompts reflektierten, wurden die Tandems interviewt. Hierfür wurde ein Leitfadeninterview konzipiert, das u. a. Gedanken zum Ablauf der Unterrichtsstunde und zur Konzeption des Schülerexperiments erfasst.

Beim folgenden Seminartermin fand der Austausch zwischen den Tandempartnern unter Verwendung der ausgewerteten Schülereinschätzungsbögen und Beobachtungsbögen, sowie der selbst erarbeiteten Aspekte der Videoanalyse statt. Ziel war es, das Unterrichtskonzept bis zum Schülertag II weiterzuentwickeln. Schülertag II verlief mit einer anderen Lerngruppe analog zu Schülertag I. Auch der Ablauf der sich anschließenden Reflexionsphase entsprach der nach dem ersten Schülertag. Im Rahmen des Seminars wurde dieser beschriebene Zyklus ein drittes Mal wiederholt. Im Anschluss daran wurden die Post-Tests zum PCK und CK erhoben. Circa zwei Monate nach dem Seminar finden die entsprechenden Follow-Up-Tests statt.

Das Seminar wurde in der beschriebenen Weise bereits dreimal gehalten. Demnach setzt sich die Stichprobe aus 54 Studierenden und 249 SuS zusammen.

Ergebnisse

In Bezug auf das PCK ergibt sich bei den Studierenden ein hochsignifikanter Wissenszuwachs (Pre-Post: $t(53) = 12.9$; $p < .001$; $d = 1.9$; Pre-FU: $t(53) = 10.9$; $p < .001$; $d = 1.7$). Auch im eingesetzten Fachwissenstest erzielen die Studierenden sowohl im Post-, als auch im Follow-Up-Test ein hochsignifikant besseres Ergebnis als im Pre-Test (Pre-Post: $t(53) = 8.2$; $p < .001$; $d = 1.3$; Pre-FU: $t(53) = 7.1$; $p < .001$; $d = 1.3$). Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse des ausgewerteten Videokodiermanuals zum Experimentierverhalten:

Videokodiermanual	**MZP I – MZP II**	**MZP II – MZP III**	**MZP I – MZP III**
Experimentierverhalten	$t(35) = 10.0$ $p < .001$; $d = 2.4$	$t(35) = 6.8$ $p < .001$; $d = 1.0$	$t(35) = 12.2$ $p < .001$; $d = 3.4$

Tabelle 1

Der Fachwissenstest der SuS wird im Pre-Post-Follow-Up-Design erhoben. Im Hinblick auf die Kontrollvariable KFT unterscheiden sich die SuS der unterschiedlichen Klassen im Mittel nicht.
Es zeigt sich an allen drei Messzeitpunkten ein hochsignifikanter, nachhaltiger Wissenszuwachs der SuS (MZP I: Pre-FU: $t(86) = 8.0$; $p < .001$; $d = 0.7$; MZP II: Pre-FU: $t(78) = 11.6$; $p < .001$; $d = 1.1$; MZP III: Pre-FU: $t(81) = 12.1$; $p < .001$; $d = 1.7$). Die Effektstärke d nimmt von MZP I über MZP II bis MZP III zu.

Zusammenfassung

- Die Studierenden lernten im Rahmen des universitären Seminars sowohl im experimentell-fachdidaktischen Wissen als auch im Fachwissen hochsignifikant dazu.
- Die Studierenden konnten ihr Experimentierverhalten, von MZP I über MZP II bis zu MZP III hochsignifikant steigern.
- Die SuS lernten im Fachwissen hochsignifikant dazu, wobei der Umfang des Lernzuwachses von MZP I über MZP II bis zu MZP III zunimmt. Dies könnte ein Hinweis auf die positive Auswirkung des steigenden experimentell-fachdidaktischen Wissens der Studierenden und ihres verbesserten Unterrichtshandelns sein.

Literatur

Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education, 30* (10), 1405–1416.

Backes, A., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2012). *Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften*. Unveröffentlichtes Manuskript, Essen.

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

Dinkelaker, J. & Herrle, M. (2009). *Erziehungswissenschaftliche Videographie. Eine Einführung* (Qualitative Sozialforschung, 1. Aufl.). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden. Verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-531-91676-7

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 5.-12. Klassen (KFT 5-12+ R)*. Göttingen: Beltz Testgesellschaft.

Helmke, A. (2005). *EVIT-Unterrichtsbeobachtungsbogen*, Universität Koblenz-Landau.

Helmke, A. (2014). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose Evaluation und Verbesserung des Unterrichts; Franz Emanuel Weinert gewidmet. [Berücksichtigt die Hattie-Studien]* (Unterricht verbessern - Schule entwickeln, 5., [aktualisierte] Aufl.). Seelze-Velber: Klett Kallmeyer.

Klos, S. (2008). *Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht - der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 89). Univ., Diss.--Duisburg-Essen, 2007. Berlin: Logos Verlag.

Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 113). Essen, Univ., Diss.--Duisburg, 2010. Berlin: Logos-Verl.

Tepner, O. (2008). *Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 76). Techn. Univ., Diss.--Dortmund, 2008. Berlin: Logos-Verl. Verfügbar unter http://d-nb.info/988919524/04

Vogelsang, C. (2014). *Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften - Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*. Unveröffentlichte Dissertation, Universität Paderborn. Paderborn.

Maike Busker[1] [1]Europa-Universität Flensburg
Monika Budde[2] [2]Universität Greifswald

Förderung von fachsprachlicher Textkompetenz in der Lehrerinnenbildung im Fach Chemie

Ausgangslage und Hintergrund

Der Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern ist geprägt durch die Verwendung von Fachsprache (Becker-Mrotzek, Schramm, Thürmann, & Vollmer, 2013). In den Bildungsstandards für das Fach Chemie ist im Kompetenzbereich Kommunikation expliziert, dass Schülerinnen und Schüler Fähigkeiten und Fertigkeiten erwerben sollen, *„die für einen fachbezogenen Informationsaustausch auf der Basis einer sachgemäßen Verknüpfung von Alltags- und Fachsprache erforderlich sind“* (KMK, 2004, 9). Fachsprache nutzt sprachliche Besonderheiten wie die Verwendung einer Fachlexik, von komplexen Satzstrukturen oder die Nutzung künstlicher Ausdrücke und Formeln (Fluck, 2006). Über das Beherrschen der Bildungssprache hinaus ist die fachbezogene Sprache für das fachliche Lernen entscheidend (z.B. Röhner & Hövelbrinks, 2013), wobei fachliches und sprachliches Lernen eng miteinander verzahnt sind. Dieses wird insbesondere in der Entwicklung von Textkompetenz deutlich, gemeint als die Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, schriftsprachliche Informationen produktiv und rezeptiv aufzunehmen und sie für das eigene Weiterlernen zu nutzen (z.B. Portmann-Tselikas, 2002).

Aufgrund der zunehmenden sprachlichen Heterogenität von Lerngruppen besteht die Notwendigkeit, angehende Lehrkräfte auf das Handlungsfeld der Sprachförderung im Fachunterricht vorzubereiten. Mit dem Konzept „Fach-ProSa“ liegt ein Modell vor, mit dem eine fachbezogene Professionalisierung zur Sprachförderung bereits in der ersten Phase der Lehrerbildung ermöglicht werden soll (Budde & Busker, 2015). Als erstes Qualifikationsziel werden dort die Sensibilisierung für die Bedeutung von Sprache im Fach und Fachunterricht sowie die Weiterentwicklung der eigenen (fach-)sprachlichen Kompetenzen formuliert. Vor allem wird die Entwicklung wissenschaftssprachlicher Fähigkeiten als zentrale Grundlage gesehen, welche die Entwicklung von Fähigkeiten zur Sprachförderung bedingen. Wissenschaftssprache ist notwendig, um an der wissenschaftlichen Kommunikation kompetent teilzunehmen und sie für die eigene fachliche Qualifikation zu nutzen (Steinhoff, 2007).

Zielsetzung und Forschungsfrage

Sprachliche Fähigkeiten von Studierenden sind insbesondere für die naturwissenschaftlichen Fächer bisher nur wenig untersucht. Studien zu den allgemein sprachlichen Fähigkeiten von Lehramtsstudierenden weisen diesbezüglich einen Handlungsbedarf aus (Scholten-Akoun, Baur & Mashkovskaya, 2012). Für die fachsprachlichen Fähigkeiten im Fach Chemie lassen erste Ergebnisse dieses ebenso vermuten (Rautenstrauch, Busker, im Druck). Bisherige Studien in den naturwissenschaftlichen Fächern nehmen vor allem die Analyse von Fachtexten in Schulbüchern, deren Einschätzung durch Schülerinnen und Schüler oder die Analyse von Textprodukten von Schülerinnen und Schülern in den Fokus (z.B. Merzyn, 1987; Starauschek, 2003).

Um entsprechend eine gezielte Förderung von Textkompetenz bei Lehramtsstudierenden konzipieren zu können, ist zunächst von Interesse, herauszuarbeiten, welche Strategien und welches metasprachliche Wissen (z.B. über die gewählte Textform, Verwendung von diskontinuierlichen Textelementen) von den Studierenden innerhalb des Prozesses von der Texterschließung bis zur eigenen Textproduktion eingesetzt werden und in welchem Ausmaß dies bewusst geschieht bzw. dies explizit versprachlicht wird. Die hier vorgestellte

Studie setzt sich zum Ziel, diese Aufmerksamkeit auf Sprache und Fachsprache in der Textrezeption und -produktion näher zu untersuchen. Dabei stehen folgende Forschungsfragen im Mittelpunkt:

- Welche Vorgehensweise und welche Strategien setzen Studierenden bei einer Aufgabe zu einer Textproduktion auf Basis von schriftlichem Textmaterial im Fach Chemie ein?
- In welcher Form reflektieren die Studierenden über sprachliche/fachsprachliche Phänomene zur Produktion eigener Texte im Rahmen der gestellten Aufgabe.
- Welches metasprachliche Wissen wird von den Studierenden zur Lösung einer solchen Aufgabe herangezogen?
- Welche metasprachlichen Fähigkeiten sind erkennbar?

Design und Methode

Um Prozesse bei der Texterschließung und -produktion zu erheben, ist es notwendig ein entsprechendes Setting zu verwenden, in dem die Artikulation dieser Prozesse ermöglicht bzw. gefordert wird. Eine Möglichkeit stellt das Verfahren des lauten Denkens dar, das ein Training der Probanden in dieser Methode voraussetzt. In dieser Studie wird ein Setting verwendet, bei dem zwei Probanden die gestellte Aufgabe gemeinsam bearbeiten und somit einen gemeinsamen Text aushandeln. Auf diese Weise ist ein Anlass zum Gespräch, zur Aushandlung und somit zur Artikulation der Erschließungs- und Produktionsprozesse gegeben. Eingesetzt wird ein Auftrag aus den sprachlichen Handlungssituationen „Beschreiben“ und „Erläutern“ am Beispiel eines Darstellungsverfahrens aus der anorganischen Chemie. Die Studierenden erhalten die Aufgabe, einen gemeinsamen Text zu erstellen, der z.B. im Kontext einer Klausurvorbereitung genutzt werden könnte.

Grundlage bilden zwei Fachtexte aus zwei aktuellen, grundständigen Lehrbüchern der allgemeinen und anorganischen Chemie, die typische Elemente für Fachtexte im Fach Chemie (z.B. Verwendung von diskontinuierlichen Textelementen wie Grafiken, Formeln) aufweisen. Die beiden Lehrbuchausschnitte sind so gewählt, dass einige Informationen nur in einem der beiden Texte enthalten sind, so dass für die Bearbeitung des Arbeitsauftrages beide Texte einbezogen werden müssen, um auf diese Weise einen weiteren Gesprächsanlass zu schaffen. Im Anschluss an das Aushandeln und Erstellen des gemeinsamen Textes werden die Studierenden aufgefordert, ihre Vorgehensweise zu erläutern und zu reflektieren. Verfolgt wird die Arbeit der Studierenden mit einer Audioaufnahme. Die Texterstellung erfolgt an einem PC. Um den Entstehungsprozess des Textes nachverfolgen zu können, werden zusätzlich im Hintergrund in 10 Sekundenabständen Screenshots des Bildschirms aufgezeichnet. Um die Methodik zu prüfen, wurde im Sommersemester 2015 die Pilotierung zunächst mit zwei Gruppen von je zwei Studierenden durchgeführt und die erhaltenen Audioaufnahmen mit technischer Unterstützung durch das Programm FOLKER transkribiert. Im Folgenden sollen ausgewählte erste Ergebnisse aus der Pilotierung in Hinblick auf das methodische Vorgehen dargestellt werden.

Erste ausgewählte Ergebnisse der Pilotierung

Die Interviews werden zunächst explorativ mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2008) ausgewertet. Die Ergebnisse spiegeln, wie erwartet, die in der Textkompetenz im Besonderen vorliegende enge Verknüpfung zwischen Sprache und Fach wider. In beiden Gruppen handeln die Studierenden den Text diskursiv aus. Dabei gehen die Studierenden auf unterschiedliche Bereiche der Texterschließung und Textproduktion ein. So werden beispielsweise einzelne Fachbegriffe geklärt, wie folgender Auszug zeigt:

Proband A: „(.) und anschließend mit Wasser aufgeschwemmt werden ne“
Proband B: „aufge´schlämmt“
Proband A: „ah (.) aufgeschlämmt“

Darüber hinaus finden sich ebenfalls metasprachliche Aussagen, die auf die Gestaltung der Satz- und der Textebene eingehen. Im zweiten Teil der Befragung wurden die Studierenden gebeten, ihre Vorgehensweise zu beschreiben und zu reflektieren. Hier finden sich Aussagen, die auf die unterschiedlichen Teilprozesse der Textrezeption und Textproduktion eingehen. Auch hier finden sich auf der Wort-, Satz- und Textebene sprachliche und metasprachliche Aushandlungen über sprachliche und textuelle Phänomene sowie über die Planung der Textgestaltung. So findet sich zum Beispiel eine Aussage, in der die Studierenden die Bedeutung einer Grafik für das Verständnis eines Lehrbuchtextes herausstellen. Ebenso reflektieren die beiden Studierendengruppen ihr Vorgehen bei der Texterstellung.
Insgesamt kann festgehalten werden, dass die beschriebene Methodik dazu geeignet erscheint, die Textkompetenz von Studierenden im Fach zu untersuchen und Aussagen über deren Strategien sowie deren metasprachliches Wissen zu erlangen.

Ausblick

Derzeit werden weitere Kategoriensysteme, in denen allgemeinsprachliche, fachsprachliche und metasprachliche Aspekte berücksichtigt werden, erarbeitet und am Datenmaterial hinsichtlich ihrer Güte geprüft. Im Wintersemester 2015/16 wird eine erste umfangreiche Studie durchgeführt, in der Studierende im ersten Semester sowie im höheren Semester im Fach Chemie einbezogen werden. Die auf diese Weise gewonnen Erkenntnisse geben einen Einblick in die Vorgehensweise zur sprachlichen Bewältigung in Wissenschaftskontexten. Sie stellen eine Grundlage dar, die wissenschaftliche Textkompetenz gezielt weiter zu entwickeln, z.B. durch Hilfestellungen, Lehr-/Lernmaterialien und die Ausbildung von fachsprachbezogenen und metasprachlichen Kenntnissen. Diese wiederum sind notwendig zur Ausbildung von Fähigkeiten in der Professionalisierung zur Sprachförderung.

Literatur

Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. J. (Hrsg.).(2013). Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster: Waxmann

Budde, M. & Busker, M. (2015). Modell der Professionalisierung zur Sprachförderung im Fachunterricht: Fach-ProSa. In: Bernholt, S. (Hrsg.). (2015). Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. GDCP Tagungsband 2014, Band 34, Kiel: IPN, 49-51

Fluck, H.-R. (2006). Fachsprachen und Fachkommunikation im Sprachunterricht. In Neuland, E. (Hrsg.), Variationen im heutigen Deutsch: Perspektiven für den Sprachunterricht. Frankfurt. M.: Lang, 289–304

KMK: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.): Bildungsstandards im Fach Biologie / Chemie / Physik / für den Mittleren Bildungsabschluss. Beschluss vom 04.12.2004. München.

Merzyn, G. (1987). Die Sprache unserer Schulbücher. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 40 (2), 75-80.

Portmann-Tselikas, P. R. (2002): Textkompetenz und unterrichtlicher Sprachgebrauch. In Portmann-Tselikas, P. R., Schmölzer-Ebinger, S. (Hrsg.). Textkompetenz. Innsbruck u.a.: Studienverlag. 13-44.

Rautenstrauch, H., & Busker, M. (2016, im Druck). Erhebung des (Fach-)Sprachstands von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.) (2016, im Druck) Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. GDCP Tagungsband 2015. Band 35, Kiel: IPN

Röhner, C., & Hövelbrinks, B. (Hrsg.) (2013). Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache. Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen. Weinheim [u.a.]: Beltz Juventa.

Scholten-Akoun, D., Baur, R. S., & Mashkovskaya, A. (2012). Der C-Test als ein Instrument zur Messung der Schriftsprachkompetenzen von Lehramtsstudierenden (auch) mit Migrationshintergrund – eine Studie. In: Ahrenholz, B. (Hrsg.): Sprachstand erheben – Spracherwerb erforschen. Stuttgart: Fillibach bei Klett. 307-330.

Starauschek, E. (2003). Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 9, 135-146.

Steinhoff, T. (2007). Wissenschaftliche Textkompetenz: Sprachgebrauch und Schreibentwicklung in wissenschaftlichen Texten von Studenten und Experten (Vol. 280). Walter de Gruyter.

Hanne Rautenstrauch Europa-Universität Flensburg
Maike Busker

Erhebung des (Fach-)Sprachstands von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie

Chemielehrkräfte stehen in Folge der Forderung nach einer durchgängigen Sprachbildung zunehmend vor der Aufgabe, fachbezogene Sprachförderung in den Chemieunterricht zu integrieren. Hierzu zählt, allgemeinsprachliche und fachsprachliche Defizite von Schülerinnen und Schüler zu diagnostizieren und eine sprachstandangemessene Förderung umzusetzen. Der Fachunterricht ist insbesondere im Fach Chemie geprägt durch die Verwendung von Fachsprache und die fachspezifische Nutzung des bildungssprachlichen Registers (Becker-Mrotzek et al., 2013). Es erscheint notwendig, bereits Lehramtsstudierende auf das Handlungsfeld der fachbezogenen Sprachförderung vorzubereiten. Wesentliche Grundlagen für die Entwicklung des Professionswissens in (Fach-)Sprachförderung bilden eigene sprachliche und fachsprachliche Fähigkeiten.
Bisher liegen jedoch kaum Erhebungen zum allgemeinsprachlichen Sprachstand von Lehramtsstudierenden vor. Erste Studien weisen aber einen deutlichen Handlungsbedarf auf (Scholten-Akoun & Baur, 2012). Des Weiteren gibt es kaum Studien zur Erhebung des (Fach-)Sprachstandes im Kontext des Faches Chemie. Die vorhandenen Studien beschäftigen sich meist mit den (fach-)sprachlichen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I (Busch, 2012; Özcan, 2012).
Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes Fach-ProSa (Fachspezifische Professionalisierung zur Sprachförderung) der Fachdidaktiken Chemie und Germanistik wurden daher an neun deutschen Universitäten und pädagogischen Hochschulen bei Lehramtsstudierenden die allgemeinsprachlichen und fachsprachlichen Fähigkeiten im Kontext des Faches Chemie erhoben.

Forschungsdesign und Testbereiche

Die Erhebung fokussiert die schriftsprachlichen Kompetenzen, da sowohl die Bildungs- als auch die Fachsprache durch konzeptionelle Schriftlichkeit geprägt sind (Tajmel, 2009). Um verschiedene Bereiche (fach-)sprachlicher Kompetenz umfassend zu erheben, wurden verschiedene Testinstrumente eingesetzt. Diese berücksichtigen sowohl Textproduktion als auch Textrezeption und allgemeine bzw. fachbezogene Sprachkompetenz. Unter anderem werden ein Test zum fachbezogenen Textverständnis, basierend auf der Lesekompetenzmessung nach PISA (Baumert, 2001), sowie ein C-Test zur Erhebung der fachbezogenen Sprachkompetenz und zwei Tests zur fachspezifischen Textproduktion eingesetzt. Des Weiteren wurden zur Validierung und zur Identifizierung einflussnehmender Faktoren weitere Daten, wie z.B. Selbstwirksamkeitserwartungen, biographische Daten, Fachwissen und die schulische Vorbildung, erfasst.

Allgemein- und fachsprachliche Kompetenz

Mit Hilfe eines C-Tests zum Thema Atommodelle wird die allgemein- und fachsprachliche Kompetenz erfasst (Rautenstrauch & Busker, 2015). Der Test besteht aus insgesamt vier Texten, in denen die erste Hälfte jedes dritten Wortes zur Hälfte getilgt wurde. Aufgabe der Probanden ist die Rekonstruktion der Texte in einem vorgegebenen Zeitrahmen zu einem sinnstiftenden, orthographisch und grammatikalisch korrekten Text. Da in den Texten sowohl allgemein- als auch fachsprachliche Begriffe manipuliert sind, wird die Sprache im Kontext des Faches insgesamt erfasst.

Ausgewertet wird der Test, indem der Richtig-/Falsch-Wert (RF-Wert) und der Worterkennungswert (WE-Wert) gebildet und analysiert werden. Der RF-Wert wird aus der Summe der orthographisch, grammatikalisch und semantisch korrekt rekonstruierten Lücken gebildet. Der WE-Wert hingegen ergibt sich aus der Summe der semantisch korrekt rekonstruierten Lücken (ohne Berücksichtigung orthographischer oder grammatikalischer Fehler) und fokussiert daher eher auf rezeptive sprachliche Fähigkeiten. Da beim RF-Wert die orthographisch-grammatikalische Korrektheit zusätzlich zur semantischen Korrektheit erfasst wird, fokussiert dieser Wert eher auf produktive sprachliche Fähigkeiten. Ein Vergleich des RF-Wertes mit dem WE-Wert lässt daher Aussagen über die Fähigkeiten zur korrekten Textproduktion im Vergleich zu den rezeptiven Fähigkeiten zu (Baur et al., 2013).
Durchgeführt wurde der C-Test mit Lehramtsstudierenden des Faches Chemie aller Semester von sieben deutschen Universitäten und pädagogischen Hochschulen (N = 225).
Der Test ergab eine angemessene Schwierigkeit ($p_{\text{RF-Wert}} = .72$). Zudem sind die Trennschärfe ($r_{\text{RF-Wert}} > .75$), Homogenität ($\bar{r}_{\text{RF-Wert}} = .68$) und Reliabilität ($\alpha = .89$) des Tests hoch und deuten auf Eindimensionalität hin. Die Auswertungsobjektivität ist mit ICC = .98 ebenfalls hoch und wurde für zwei Rater bestimmt.
Wie bereits in der Pilotierung angedeutet (Rautenstrauch & Busker, 2015), zeigt ein Vergleich der allgemein- und fachsprachlichen Begriffe, dass die Rekonstruktion der fachsprachlichen Begriffe signifikant schwerer ist als die Rekonstruktion allgemeinsprachlicher Begriffe ($p = .000$, $r = .24$, $\tilde{x}_{AS} = .7632 > \tilde{x}_{FS} = .6957$). Dieses Ergebnis ist insofern beachtlich, als dass fachsprachliche Begriffe kontextautonomer sind und somit häufig auch dann eingesetzt werden könnten, wenn vorherige Lücken nicht korrekt vervollständigt wurden. Dies legt den Schluss nahe, dass häufig benutzte Begriffe, wie die des allgemeinen Sprachregisters, präsenter und somit trotz der stärkeren Kontextabhängigkeit leichter zu rekonstruieren sind, als weniger präsente Begriffe eines nicht so häufig, nur in fachlichen Zusammenhängen genutzten sprachlichen Registers.
Werden der RF- und der WE-Wert, wie oben beschrieben, auf Unterschiede untersucht, so ergibt der Wilcoxon-Test einen höchst signifikanten Unterschied ($p = .000$) zwischen den beiden Werten mit einer Effektstärke von $r = .55$. Es zeigt sich also, dass sich die rezeptiven und produktiven Fähigkeiten der Studierenden im Kontext des Faches Chemie signifikant voneinander unterscheiden, obwohl durch die verwendete Stammtilgung der Fokus der Erhebung auf den semantischen und weniger auf orthographisch-grammatikalischen Fähigkeiten liegt. Dieser Befund ist beachtlich, da in anderen Studien zum allgemeinsprachlichen Sprachstand von Lehramtsstudierenden keine bzw. kaum Unterschiede beobachtbar waren (Scholten-Akoun & Baur, 2012).
Aufgrund dieses Ergebnisses kann eine erste Tendenz, dass die fachlich und orthographisch-grammatikalisch korrekte Textproduktion ein Bereich sein könnte, in dem die Studierenden einen Förderbedarf aufweisen, aufgezeigt werden.

Textrezeption

Die rezeptiven Fähigkeiten werden mit Hilfe eines Tests zum fachbezogenen Textverständnis, basierend auf der Lesekompetenzmessung nach PISA (Baumert, 2001), erhoben. Für jede der drei Skalen (Informationen ermitteln, Textbezogenes Interpretieren, Reflektieren und Bewerten) wurde mindestens eine Frage zu einem authentischen Fachtext zum Thema „Herstellung von Keramiken“ formuliert. Verwendung finden sowohl offene als auch geschlossene Fragenformate.
Durchgeführt wurde der Test zur Textrezeption mit Lehramts- und Fachstudierenden des Faches Chemie aller Semester von sieben deutschen Universitäten und pädagogischen Hochschulen (N = 231). Der Test weist eine relativ hohe, aber noch angemessene Schwierigkeit auf ($p = .759$). Die Trennschärfe ($r < .157$), Homogenität ($\bar{r} = .044$) und Reliabilität ($\alpha = .184$) des Tests sind gering und deuten auf Mehrdimensionalität hin.

Es zeigt sich, dass der Großteil der Studierenden gegebene Informationen in dem Fachtext identifizieren kann. 49% der Studierenden formulieren ihre Antworten jedoch nicht mit eigenen Worten. Dies deutet darauf hin, dass es Schwierigkeiten bei der eigenständigen Textproduktion gibt. Ein Vergleich der Itemschwierigkeiten der verschiedenen Frageformate deutet in dieselbe Richtung, denn es zeigt sich, dass die Itemschwierigkeit bei offen gestellten Fragen deutlich höher ist ($p_{offen} = .657$) als bei geschlossenen Fragen ($p_{geschlossen} = .86$). Somit erscheint - ebenso wie die Ergebnisse des C-Tests es andeuten - die Förderung der fachbezogenen Textproduktion aufgrund dieser Daten notwendig, wobei die bestehenden Schwierigkeiten noch einer genaueren Analyse bedürfen.

Ausblick

Die Aufgaben zur Textproduktion umfassen zwei fachtypische Textarten: eine Beschreibung (Versuchsbeobachtung) und einen Sachtext (Thema: Redoxreaktion).

Diese werden derzeit mit Hilfe eines Analyserasters, das auf Grundlage des Zürcher Textanalyserasters (Nussbaumer & Sieber, 1994) und der FörMig-Testinstrumente „Tulpenbeet“ (Reich et al., 2008) und „Fast catch Bumerang“ (Reich et al., 2009) entwickelt und um fachsprachliche und fachliche Aspekte erweitert wurde, analysiert. Untersucht wird, ob der Befund, dass die eigenständige Textproduktion im Kontext des Faches Schwierigkeiten bereitet, mit Hilfe dieser Analysen bestätigt werden kann. Des Weiteren sollen konkrete Bereiche der fachbezogenen Textproduktion (z.B. Textkohärenz, fachtypische Sprachstrukturen, fachliche Korrektheit usw.) auf ihren Förderbedarf hin untersucht werden. Diese Analyse soll mögliche Anknüpfungspunkte für eine angemessene, an den (Fach-)Sprachstand angepasste Förderung der (fach-)sprachlichen Fähigkeiten Studierender geben.

Literatur

Baumert, J. (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen. 78-101.

Baur, R. S., Goggin, M. & Wrede-Jackes, J. (2013). Der C-Test: Einsatzmöglichkeiten im Bereich DaZ.

Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E. & Vollmer, J. (Hrsg.) (2013). Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster: Waxmann.

Busch, H. (2012). Möglichkeiten der Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht. Uni-Edition.

Nussbaumer, M. & Sieber, P. (1994). Texte analysieren mit dem Zürcher Textanalyseraster. In Sieber, P. (Hrsg.), Sprachfähigkeiten - Besser als ihr Ruf und nötiger denn je! Aarau u.a., 141-186.

Özcan, N. (2012). Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie - Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht.

Rautenstrauch, H. & Busker, M. (2015). Möglichkeiten der (Fach-)Sprachstandserhebung bei Studienanfängern. In Bernholt, S. (Hrsg.), Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN. 471-473.

Reich, H. H., Roth, H.-J. & Döll, M. (2009). Fast Catch Bumerang. Deutsche Sprachversion. Auswertungsbogen und Auswertungshinweise. In Lengyel, D., Reich, H.H., Roth, H.-J., Döll, M. (Hrsg.), Von der Sprachdiagnose zur Sprachförderung.(FÖRMIG Edition Band 5). Münster: Waxmann. 209-241.

Reich, H. H., Roth, H.-J. & Gantefort, C. (2008). Der Sturz ins Tulpenbeet. Deutsche Sprachversion. Auswertungsbogen und Auswertungshinweise. In Klinger, T., Schwippert, K., Leiblein, B. (Hrsg.), Evaluation im Modellprogramm FÖRMIG. (FÖRMIG Edition Band 4). Münster: Waxmann. 209-237.

Scholten-Akoun, D. & Baur, R. S. (2012). Der C-Test als ein Instrument zur Messung der Schriftsprachkompetenzen von Lehramtsstudierenden (auch) mit Migrationshintergrund – eine Studie. In Ahrenholz, B. & Knapp, W. (Hrsg.), Sprachstand erheben – Spracherwerb erforschen. Freiburg i. Br.: Fillibach. 307-330.

Tajmel, T. (2009). Die Vermittlung von Bildungssprache in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. In Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung (Hrsg.), Sprachförderung/ Deutsch als Zweitsprache Fachbrief Nr. 6. 2-7.

Silvija Markic Universität Bremen

Lernen der Sprache und über die Kultur im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Aus der Arbeit und den Gesprächen mit verschiedenen Lehrerinnen und Lehrern der unterschiedlichen Schulen und Schulformen wurde deutlich, dass neben der Sprache die Kultur der Schülerinnen und Schüler eine weitere Dimension des Diverity Wheels ist, die einen starken Einfluss auf den Unterricht allgemein und somit auch auf den Chemieunterricht / naturwissenschaftlichen Unterricht hat. Einerseits erschwert die mangelhafte (teilweise auch ungenügende) Sprachkompetenz der Schülerinnen und Schüler das Fachlernen (Seedhouse, 2004), da diese Lernenden beim Erfassen neuer Informationen und dem Wissenserwerb den Fokus auch auf die Sprache legen müssen. Es ist nötig und allgemein anerkannt, dass die Lehrerinnen und Lehrer darauf bei der Unterrichtsplanung Rücksicht nehmen und dementsprechend neu entwickelte Unterrichtskonzepte ausprobieren oder selbst entwickeln müssen, die den Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler bezüglich der Sprachkompetenz nachkommen. Anderseits begegnen den Schülerinnen und Schülern (wie auch den Lehrerinnen und Lehrern) verschiedene Kulturen und Kulturkreise in deren Klassenräumen. Um mit Mitschülerinnen und Mitschülern zusammen effektiv und erfolgreich arbeiten zu können, ist es notwendig, nicht nur die gleiche Sprache zu sprechen, sondern auch das Verhalten und die Reaktionen der anderen Personen zu verstehen. Mit dem Blick auf die Flüchtlingskrise heutzutage in Deutschland und die Veränderungen, die in den Klassenräumen entstehen und noch weiter sicherlich bestehen bleiben werden, scheinen diese Forderungen immer wichtiger. Folglich sollte auch Intercultural Unterstanding ein wichtiger Teil des Chemieunterrichts und auch allgemein des Unterrichts werden. Intercultural Understanding scheint somit ein fundamentaler oder sogar einer der zentralen Teile der internationalen Bildung zu sein (Walker, 2004).

Intercultural Understanding hilft den Schülerinnen und Schülern, den Reichtum und die Diversität anderer Kulturen zu schätzen, zu begrüßen sowie zu erkennen, dass es unterschiedliche Arten gibt, die Welt zu sehen und sich in bestimmten Situationen zu verhalten (Bredella, 2003). Intercultural Understanding erfordert eine Entwicklung von:

- speziellem Wissen - Bewusstsein über verschiedene Kulturen,
- Einstellungen - steigendes Bewusstsein und Einstellungen, die zur Informationssuche und Verinnerlichung dieser führt, wie man auf die verschiedene Kulturen reagiert und die Entwicklung der Fähigkeit, das eigene Verhalten anzupassen, wenn es notwendig ist,
- Ausbildung des harmonischen Verhältnisses - den Weg zu verstehen, wie man in einer angemessenen und respektvollen Art agieren und reagieren kann, wenn man mit Mitmenschen aus verschiedenen Kulturen zusammenarbeitet (z.B. van Oord & Corn, 2013).

Ziele

Die Forschung und das Projekt streben danach, Unterrichtsmethoden, Lehrmethoden und Unterrichtsmodule zu entwickeln, die in Klassen eingesetzt werden können, die bezüglich der Kultur und der Sprachkompetenz der Schülerinnen und Schüler (stark) heterogen sind. Anschließend wird der Effekt der entwickelten Unterrichtsmodule untersucht. Eine Gruppe von Lehrerinnen und Lehrern der Naturwissenschaften, Deutsch-als-Zweitsprache (DaZ) Lehrerinnen und Lehrern und Chemiefachdidaktikern entwickelt kooperativ Unterrichts-module zu verschiedenen Themen für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht.

Das Unterrichtsmaterial und die Lehrmethoden fokussieren sich durchgehend auf die Integration von Fach- und Sprachlernen nach dem Ansatz des Content and Language Integrated Learning (CLIL), welches das Fach- und Sprachlernen verbindet[1]. Des Weiteren soll Unterricht überwiegend in schüler-zentrierten und kooperativen Lernformen stattfinden (Markic, 2012; 2014). Zuletzt soll der Fokus auf der Bildung des Intercultural Understanding der Schülerinnen und Schüler liegen.
Ausgehend von diesen Vorsätzen ist die Hauptforschungsfrage in diesem Projekt:

In wie weit ist es möglich, gleichzeitig den Erwerb der deutschen Sprache, der Fachsprache und prozessbezogener Kompetenzen zu fördern, Intercultural Understanding zu entwickeln und zu stärken während die Schülerinnen und Schüler kooperativ und selbstständig arbeiten?

Hier wird ein Unterrichtsmodul aus diesem Projekt vorgestellt, das zum Thema „*Gesund bleiben*“ und das für den naturwissenschaftlichen Unterricht der Klasse 5/6 entwickelt wurde und stark auch fächerübergreifend (Chemie mit Biologie) ausgerichtet ist.

Methode

Das Projekt wurde nach dem Modell der Partizipativen Aktionsforschung (PAR) nach Eilks und Ralle (2002) durchgeführt. Dabei entwickeln die Lehrerinnen und Lehrer zusammen mit den Fachdidaktikern neue Unterrichtsmodule, ein Curriculum und leisten einen Beitrag zur Innovation des Unterrichts.
In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Zusammenarbeit einer Gruppe von neun Lehrerinnen und Lehrern der Naturwissenschaften, drei Lehrerinnen für Deutsch-als-Zweitsprache und den Fachdidaktikern der Chemie präsentiert. Die Lehrerinnen und Lehrer arbeiten alle an verschiedenen Oberschulen in Bremen. Die Gruppe traf sich regelmäßig im Rahmen ihrer Freizeit alle vier bis fünf Wochen über einen Zeitraum von einem Jahr. Während der Gruppentreffen wurden die Entwicklung und Veränderungen an den Materialien diskutiert und in Konsens aufbereitet. Anschließend wurde das entwickelte Unterrichtsmodul im Unterricht ausprobiert und anschließend reflektiert und verbessert.
Das Unterrichtsmodul ist für den naturwissenschaftlichen Unterricht der Klasse 5/6 zum Thema „*Gesund bleiben*“ und erstreckt sich über 5 Doppelstunden. Im Unterrichtsmodul werden anhand von Briefen der Kinder aus verschiedenen Ländern (China, Indien, Ghana, …) die Essgewohnheiten und das Essen an sich aus verschiedenen Ländern untersucht. Fachlich lernen die Schülerinnen und Schüler die Nachweise von Fetten, Kohlenhydraten und Eiweißen und die Rolle dieser Nährstoffe bezüglich einer gesunden Ernährung.
Eine erste Erprobung im Unterricht fand in sechs Lerngruppen an vier verschiedenen Bremer Oberschulen statt und wurde von fünf Lehrerinnen und Lehrern der Naturwissenschaften unterrichtet. Die 150 Schülerinnen und Schüler besuchten eine sechste Klasse. Die Erprobung in allen Klassen wurde von einem Fachdidaktiker begleitet und der Unterricht beobachtet. Nach jeder Doppelstunde wurde ein Reflexionsgespräch im Sinne eines narrativen Interviews mit der Lehrperson durchgeführt und verschriftlicht. Jede Lerngruppe hat nach dem Unterrichtsmodul einen kurzen Wissenstest geschrieben sowie einen Fragebogen aus offenen Fragen und Likert-Fragen ausgefüllt. Die Erfahrungen aus dem Unterricht und die Ergebnisse des Wissenstests und der Fragebögen wurden der Lehrergruppe präsentiert.

[1] Hierbei handelt es sich nicht um einen Fremdsprachenunterricht im klassischen Sinne, jedoch ist für die Schülerinnen und Schüler mit geringen Sprachkompetenzen der Bildungssprache der naturwissenschaftliche Unterricht genau so einer.

Ergebnisse und Diskussion

Die Evaluation des Unterrichtsmoduls zeigt, dass die Vielfalt an kooperativen Lernmethoden, die das Modul beinhaltet, im Zusammenspiel mit den Experimenten den Unterricht für die Schülerinnen und Schüler attraktiver machte. Des Weiteren war es stark im Unterricht auffällig und von den Lehrpersonen zurückgemeldet, dass die Schülerinnen und Schüler einen Gewinn für das selbstständige Lernen aus den angewendeten sprachsensiblen Methoden erzielt haben. Die Schülerinnen und Schüler konnten ohne Hilfe der Lehrperson den Unterricht bewältigen und ihre Antworten und Versuchsbeobachtungen in einer angemessenen Sprache notieren. Die Schülerinnen und Schüler äußerten, dass die Inhalte und die Struktur des Unterrichts einfacher und deutlicher präsentiert wurden. Somit haben sich auch viele Schülerinnen und Schüler – laut der Aussage der Lehrpersonen – aktiver am Unterrichtsgeschehen beteiligt. Insbesondere fanden die Schülerinnen und Schüler das Benutzen von einfachen Sätzen hilfreich (meistens nur Hauptsatz-konstruktionen) und bildliche Darstellung. Dies machte die Texte verständlicher und die Versuchsdurchführungen wurden somit oft klarer und einfacher (siehe auch Markic, 2012; 2014). Die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler haben den Wissenstest mit einer Punktzahl über 50% bestanden.

Das zweite wichtige Ergebnis ist, dass die Schülerinnen und Schüler sehr offen und interessiert an den Informationen über die verschiedenen Kulturen waren. Sie zeigten Interesse für die anderen Kulturen und wollten ihr Wissen mit den Mitschülerinnen und Mitschülern austauschen. Sehr auffällig war, dass die Schülerinnen und Schüler, die das Unterrichtsmodul getestet haben, immer offener für die verschiedene Kulturen der eigenen Klassen wurden und sich auch zum Thema des Moduls über die Kultur der einzelnen ausgetauscht haben. Die Schülerinnen und Schüler haben sich über das eigene Essverhalten und die Essgewohnheiten in der eigenen Familie unterhalten. Manche erzählten über die Essgewohnheiten aus ihren Heimatländern. Zusätzlich organisierte eine Klasse ein Tag der internationalen Küche in Kooperation mit den Eltern. Somit scheint das entwickelte Unterrichtsmodul eine gutes Beispiel zu sein, wie die Entwicklung des Intercultural Understanding der Schülerinnen und Schüler im Unterricht unterstützt werden kann.

Nicht zuletzt scheint die Kooperation zwischen den Lehrerinnen und Lehrern der Naturwissenschaften, des Deutsch-als-Zweitsprache-Unterrichts und den Fachdidaktikern eine guter Weg zu sein, Unterrichtsmodule zu entwickeln, die die Sprachkompetenzen der Schülerinnen und Schüler fördern und das Intercultural Understanding fördern, während sie das Fach in schüler-zentrierten Lernformen lernen.

Literatur

Bredella, L. (2003). For a flexible model of intercultural understanding. In G. Alred, M. Byram & M. Fleming (Eds), Intercultural Experience and Education. Clevedon: Multilingual Matters, 31-49

Eilks, I. & Ralle, B. (2002). Participatory Action Research in chemical education. In B. Ralle & I. Eilks (Eds.), Research in chemical education - what does this mean?. Aachen: Shaker, 87-98

Markic, S. (2012). Lesson plans for student language heterogeneity while learning science. In S. Markic, I. Eilks, D. di Fuccia & B. Ralle (Eds.), Heterogeneity and cultural diversity in science education and science education research. Aachen: Shaker, 41-52

Markic, S. (2014). Comics in language-sensitive science lessons. Paper presented at the 10th ESERA Conference, Nicosia (Cyprus).

Seedhouse, P. (2004). The International Architecture of the language Classroom: a Conversation Analysis Perspective. Malden: Blackwell Publ.

Van Oord, L. & Corn, K. (2013). Learning how to “swallow the world”: engaging with human differences in culturally diverse classrooms. Journal of Research in International Education, 12 (1), 22-32

Walker, G. (2004). To educate the nations: reflections on an international education. Woodbridge: John Catt.

Katrin Bölsterli[1]
Jochen Scheid[2]
Matthias Hoesli[1]

[1]Pädagogische Hochschule Luzern
[2]Universität Landau

Ist die Schulbuchnutzung & -zufriedenheit der Lehrkräfte stufenabhängig?

Theoretischer Rahmen und Fragestellung

Schulbücher werden von Lehrkräften häufig bei der Vorbereitung von Unterricht gebraucht (Beerenwinkel, 2006). Sie nutzen insbesondere Schulbücher zur Strukturierung von Lerninhalten und zur Entnahme von Aufgaben und Experimenten (Kircher, 2009). Auch im Unterricht wird das Schulbuch häufig eingesetzt. Während manche Lehrkräfte ausschließlich Aufgaben und Experimente aus Schulbüchern entnehmen, folgen andere dem Buch Seite für Seite (Kircher, 2009). Als Hausaufgaben werden zum Üben und Repetieren oft Aufgaben aus Schulbüchern aufgegeben (Starauschek, 2003). Somit scheinen die Aufgaben und Experimente in Schulbüchern eine hohe Relevanz zu haben. Sie stellen laut Möller, Kleickmann und Tröbst (2009) einen fundamentalen Bestandteil von Schulbüchern dar. Jedoch ist die Zufriedenheit mit Schulbüchern teilweise gering. In mehreren Studien klagen Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler über die komplizierte und schlecht verständliche Sprache von Schulbüchern (z.B. Beerenwinkel & Gräsel, 2005; Starauschek, 2003). Weiter beanstanden viele Lehrkräfte die mangelnde Praxistauglichkeit (Adamina & Mayer, 1998).
Trotz der hohen Schulbuchrelevanz, wird wenig Schulbuchforschung betrieben (z.B. Kahlert, 2010). So fehlen auch aktuelle Vergleichsstudien zwischen Grund- und Sekundarlehrkräften zu ihrem Nutzungsverhalten sowie ihrer Schulbuchzufriedenheit vollständig. Um diese Forschungslücke zu schmälern, wurden in der vorliegenden Studie die Schulbuchnutzung und -zufriedenheit bezüglich Aufgaben und Experimenten untersucht und folgende Fragen beantwortet:

- *1. Wie unterscheidet sich die Schulbuchnutzung bezüglich Aufgaben und Experimenten zwischen Grund- und Sekundarlehrkräften?*
  H_1 Nutzung Experimente: Grundschullehrkräfte verwenden weniger Experimente als Sekundarschullehrpersonen, weil die Ausstattung in der Grundschule zum Experimentieren eingeschränkt ist (Möller et al., 2009). Zudem sind Grundschullehrkräfte Generalisten (EDK, 2015), die wegen eingeschränkter Fachausbildung teilweise eine gewisse Scheu gegenüber dem Experimentieren aufweisen.
  H_1 Nutzung Aufgaben: Grundschullehrkräfte verwenden mehr Aufgaben aus den Schulbüchern als Sekundarschullehrpersonen, weil Ihnen pro Thema im Unterricht mehr Zeit zur Verfügung steht und sie dadurch intensiver üben können.
- *2. Wie unterscheidet sich die Schulbuchzufriedenheit zwischen Grund- und Sekundarschullehrkräften?*
  H_1 Zufriedenheit: Grundschullehrpersonen sind unzufriedener mit ihren Schulbüchern als Sekundarschullehrkräfte, weil die Schulbuchauswahl eingeschränkter ist (z.B. Staatskanzlei-Aargau, 2015). Hinzu kommt, dass weniger Schweizer Kantone für die Grundschulstufe verglichen mit der Sekundarstufe I lehrplankonforme Schulbücher für die Naturwissenschaften besitzen (Adamina, 2004).

Methoden

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurde ein sequentielles Mixed Methods Design angewandt. In einem ersten Schritt wurden mit Hilfe zweier Leitfadeninterviews mit Schulbuchexperten sowie einer Schulbuchanalyse Informationen zur Itementwicklung für die zwei quantitativen Forschungsinstrumente zur Untersuchung der Schulbuchnutzung und Schulbuchzufriedenheit durchgeführt (wir veweisen für Details auf Hoesli, 2012).

Im quantitativen Fragebogen konnten die Lehrkräfte das Grundschulbuch „Phänomenal“ und das Sekundarschulbuch „Urknall“ als die beiden häufigsten Schulbücher der Deutschschweiz (sowie weitere Sekundarschulbücher) anhand der Items auf einer 5-stufigen Likert-Skala (1: ich stimme nicht zu bis 5: ich stimme vollständig zu) bezüglich der Schulbuchnutzung und Schulbuchzufriedenheit einschätzen. An der Onlinebefragung nahmen 175 Grundschullehrkräfte (4.-6. Klasse) und 201 Sekundarschullehrkräfte (7.-9. Klasse) aus allen Teilen der Deutschschweiz teil.
Zur Dimensionsreduzierung wurden exploratorische Faktorenanalysen mit Varimax-Rotation durchgeführt. Gruppenunterschiede wurden mit *t*-Tests respektive ANOVAs (unabhängige Variable: Schulbuch) mit nachfolgendem Tukey-Kramer-Test ermittelt.

Resultate

Mittels exploratorischer Faktorenanalyse zur Schulbuchnutzung konnten die Faktoren *Experimentnutzung* (7 Items, $\alpha = .881$, $N = 212$) und *Aufgabennutzung* (4 Items, $\alpha = .667$, $N = 226$) extrahiert werden. Beim Vergleich der Schulbuchnutzung zwischen Grundschule und Sekundarstufe I wurden *Experimente* aus dem Schulbuch Urknall signifikant häufiger genutzt als aus dem Schulbuch Phänomenal (t (119) = 3.217, $p = .002$, $d = .66$ (Cohen, 1988) während kein signifikanter Unterschied bei der *Aufgabennutzung* bestand (t (125) = -.626, $p = .535$).
Die Faktorenanalyse zur Schulbuchzufriedenheit ergab den Faktor *Zufriedenheit über die Fachdidaktik im Schulbuch* (6 Items, $\alpha = .866$, $N = 168$) und den Faktor *Zufriedenheit über die Alltagstauglichkeit im Schulbuch* (3 Items, $\alpha = .455$, $N = 167$). Beim Gruppenvergleich zwischen Phänomenal für die Grundschule und Urknall für die Sekundarstufe I sowie einer dritten Gruppe, welche weitere Sekundarschulbücher nutzte, konnte post hoc gezeigt werden, dass Grundschullehrkräfte signifikant zufriedener mit der *Fachdidaktik* des Phänomenals waren als die Sekundarlehrkräfte mit der *Fachdidaktik* des Urknalls ($p = .036$, $d = .7$). Sowohl die Phänomenalnutzer ($p < .001$; $d = 1.7$) als auch die Urknallnutzer ($p < .001$; $d = 1.1$) waren signifikant zufriedener mit der *Fachdidaktik* ihrer Schulbücher als die Sekundarlehrkräfte, welche andere Schulbücher nutzten.
Bezüglich der *Zufriedenheit über die Alltagstauglichkeit* waren zwar post hoc keine signifikanten Unterschiede zwischen Urknallnutzern und Phänomenalnutzern zu verzeichnen ($p = .054$), jedoch zeigten sich die Urknallnutzer signifikant zufriedener mit der *Alltagstauglichkeit* als die Sekundarlehrkräfte, welche andere Schulbücher nutzten ($p = .006$, $d = .7$). Zwischen Phänomenalnutzern und Sekundarlehrkräften, welche andere Schulbücher nutzen, bestand kein signifikanter Unterschied.

Diskussion

Der Alternativhypothese entsprechend *(H_1 Nutzung Experimente)* nutzten Grundschullehrkräfte weniger Experimente als Sekundarschullehrpersonen. Obwohl die Gründe, z.B. ob andere Quellen als das Schulbuch für Experimente verwendet wurden, noch durch Befragungen erörtert werden müssen, weist die Literatur darauf hin, dass die Ausstattung der Schulen (Möller et al., 2009), die Ausbildung der Grundschullehrkräfte zu Generalisten (EDK, 2015) sowie das Kurrikulum Erklärungen dafür sein könnten.
Bei der Hypothese *Nutzung Aufgaben* muss die Nullhypothese beibehalten werden, da kein signifikanter Unterschied in der Aufgabennutzung zwischen Grund- und Sekundarschullehrkräften verzeichnet wurde. Somit kann davon ausgegangen werden, dass Aufgaben aus Schulbüchern ähnlich stark auf beiden Stufen genutzt werden. Eine Erklärung könnte sein, dass Aufgaben einen wichtigen Bestandteil des Unterrichts (Oelkers & Reusser, 2008) und der Hausaufgaben ausmachen (Starauschek, 2003).
Bei der Hypothese *Zufriedenheit* muss ebenfalls die Nullhypothese beibehalten werden. Die höhere Zufriedenheit bezüglich der Fachdidaktik im Schulbuch durch die

Grundschullehrkräfte könnte darin gründen, dass das Phänomenal ein Schulbuch ist, welches bereits sehr kompetenzorientiert konzipiert ist (Metzger, unveröffentlicht). Urknall und andere Schulbücher der Sekundarstufe I sind weniger aktuell bezüglich der Fachdidaktik (Metzger, unveröffentlicht). Die fehlenden signifikanten Unterschiede bei der Zufriedenheit über die Alltagstauglichkeit von Phänomenal und Urknall könnten insbesondere aufgrund des deutlich schlechteren Abschneidens anderer Schulbücher der Sekundarstufe I dadurch erklärt werden, dass das Phänomenal und der Urknall zu denjenigen Schulbüchern gehören, die relativ gut mit den heutigen Schweizer Kurrikula vereinbar sind.
Insgesamt konnten durch diese empirische Untersuchung zahlreiche Unterschiede zwischen der Grundschule und Sekundarstufe I bezüglich Schulbuchnutzung und -zufriedenheit erkannt werden und die Ergebnisse können in die Schulbuchentwicklung einfließen. Wegen dieser beobachteten Unterschiede erscheint es uns wichtig, zukünftig bei Folgeuntersuchungen stufenabhängige Unterschiede wie z.B. Unterschiede in der Fachdidaktik, im Sinne eines kontrollierten Designs stärker zu berücksichtigen. Ideen für Folgeuntersuchungen können bestehende Schulbuchraster liefern (z.B. das kompetenzorientierte Schulbuchraster KOS von Bölsterli Bardy, 2015).

Literatur

Adamina, M. (2004). Bottom up und Top down - Die Verschränkung von schulpraktischen und grundlegenden fachdidaktischen Anliegen bei der Entwicklung von Lern- und Lehrmaterialien. In C. Aeberli (Hrsg.), Lehrmittel neu diskutiert. Zürich: Lehrmittelverlag des Kantons Zürich, 67-86

Adamina, M. & Mayer, B. (1998). Lehr- und Lernmaterialien zum Fach Natur-Mensch-Mitwelt. Analyse zur Lehrmittelsituation im Fach Natur-Mensch-Mitwelt. Bern: Kommission für Lehrplan- und Lehrmittelfragen, Erziehungsdirektion des Kantons Bern

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

Bölsterli Bardy, K. (2015). Kompetenzorientierung in Schulbüchern für die Naturwissenschaften: Eine Analyse am Beispiel der Schweiz. Wiesbaden: Springer Spektrum

Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2. Eds.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates

EDK. (2015). Primarstufe. Verfügbar unter: http://www.edk.ch/dyn/27554.php [08.08.2015]

Hoesli, M. (2012). Urknall-Phänomenal. Masterarbeit, Pädagogische Hochschule Zentralschweiz

Kahlert, J. (2010). Das Schulbuch - ein Stiefkind der Erziehungswissenschaft? In E. Fuchs, J. Kahlert & U. Sandfuchs (Hrsg.), Schulbuch konkret. Kempten: Klinkhardt, 41-56

Kircher, E. (2009). Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Berlin: Springer

Metzger, S. (unveröffentlicht). Bericht mit Empfehlungen betreffend Lehrmittel und Unterrichtsmaterialien für die Volksschule (Kindergarten bis Ende Sekundarstufe I) im Bereich Naturwissenschaften und Technik. Pädagogische Hochschule Zürich, Zürich

Möller, K., Kleickmann, T. & Tröbst, S. (2009). Die forschungsgeleitete Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für die frühe naturwissenschaftliche Bildung. Beiträge zur Lehrerbildung, 27(3), 415–423

Oelkers, J. & Reusser, K. (2008). Expertise: Qualität entwickeln, Standards sichern, mit Differenz umgehen. Bonn u.a.: BMBF

Staatskanzlei-Aargau. (2015). Lehrplan & Lehrmittel Volksschule : Lehrmittelverzeichnisse. Verfügbar unter: https://www.ag.ch/de/bks/kindergarten_volksschule/unterricht_schulbetrieb/lehrplan_lehrmittel_volksschule/lehrplan_lehrmittel_volksschule.jsp [12.09.2015]

Starauschek, E. (2003). Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 9, 135–146

Thomas Plotz Universität Wien, AECC Physik
Martin Hopf

Gefährlichkeit von elektromagnetischer Strahlung

Einleitung

In einer Fallstudie zur Gefährlichkeit von EM-Strahlung wurden sieben SchülerInnen ein Jahr lang begleitet und zu unterschiedlichen Zeitpunkten interviewt. In der Analyse der Daten mit Grounded Theory wurden bekannte Konzepte (z.B. Strahlung ist gefährlich) wiedergefunden. Durch den qualitativen Forschungsansatz ist es möglich, diese Konzepte detaillierter als bisher zu beschreiben. Ein zusätzliches Konzept wurde identifiziert (Strahlung ist natürlich bzw. künstlich), welches im Kontext Strahlung lernhinderlich sein kann.

Stand der Forschung

Obwohl Schülervorstellungen an sich schon seit mehr als 30 Jahren ein Fokus fachdidaktischer Forschung sind, wurde das Gebiet der elektromagnetischen Strahlung bisher wenig untersucht. Dies überrascht, da die Relevanz des Themas im Alltag offensichtlich ist (Telekomunikation, medizinische Anwendungen,…). Der Großteil der Schülervorstellungsforschung im Bereich Strahlung hatte bisher den Bereich der ionisierenden Strahlung im Blick (Boyes und Stanisstreet 1994 oder Lijnse et al. 1990). Ausnahmen stellen die Untersuchungen von Rego und Peralta (2006) und Libarkin et al. (2011) dar. Rego und Peralta (2006) untersuchten dabei, welche Strahlungsarten portugiesischen SchülerInnen und Studierenden bekannt waren und inwieweit diese von den Befragten unterschieden werden. Das Ergebnis der Fragebogenstudie war, dass Strahlung zwar bekannt, jedoch nicht klassifizierbar ist. Dies lässt den Schluss zu, dass SchülerInnen und Studierende wenig in diesem Themenfeld wussten. Libarkin et al. (2011) bestätigen dies zum Teil in ihrer Studie, in welcher Sie Vorstellungen zu UV und Infrarot untersuchen. Die untersuchten SchülerInnen kannten infrarote Strahlung praktisch nicht und verbanden mit UV de facto ausschließlich die Sonne und Sonnenschäden (Sonnenbrand, Hautkrebs,…).
In vorangehenden Arbeiten der Arbeitsgruppe (Neumann und Hopf 2011, 2012) wurden die Konzepte zu Strahlung in den Schulstufen 5/6 bzw. 8/9 untersucht. Es zeigte sich einerseits eine starke Fokussierung der SchülerInnen auf Quellen von Strahlung wie die Sonne oder das Mobiltelefon (Schulstufe 5/6). Bei den älteren SchülerInnen konnten einige Schülervorstellungen detektiert werden:

- Strahlung ist künstlich
- Licht ist verschieden zu Strahlung
- Elektrische Geräte sind Strahlungsquellen
- Strahlung ist Ursache für Umweltschäden
- Strahlung ist gleich strahlende Partikel

Die bisher identifizierten Konzepte beziehen sich sehr stark auf SchülerInnen der Sekundarstufe 1, was eine Untersuchung älterer SchülerInnen nahelegte.

Forschungsdesign und Methode

Im Zentrum der Forschung stehen sieben SchülerInnen aus drei Schulen in Wien. Diese SchülerInnen (Schulstufe 11/12) erheben im Rahmen ihrer vorwissenschaftlichen

Arbeit[1] Schülervorstellungen anderer SchülerInnen (meist aus der Sekundarstufe 1). Dazu entwickelten sie in Zusammenarbeit mit dem Erstautor Leitfragen, die sie in der Arbeit versuchen zu beantworten. (Exemplarisch: *„Welche Vorstellungen haben Schüler/innen der 4. und 5. Schulstufe des BRG 14 von Mikrowellen?“)*
Die SchülerInnen wurden mittels Leitfadeninterview am Beginn und am Ende des Arbeitsprozesses interviewt. In diesen Interviews wurden von den SchülerInnen Mindmaps angefertigt und die Ordnungsprinzipien dazu erklärt. Die vorwissenschaftliche Arbeit, andere schriftliche Artefakte und die Rohdaten der SchülerInnen sowie eine videographierte Präsentation der Arbeit liegen als Daten vor. Diese Daten wurden mit Hilfe der Grounded Theory analysiert. Dabei wurden mittels konstanten Vergleichen die zuvor induktiv erstellten Codes immer wieder an die Daten herangetragen. Die so gefundenen Kategorien sind somit in den Daten stark verankert und bilden die Grundlage für eine mögliche Theoriebildung.

Ergebnisse

Strahlung ist künstlich.

Das Konzept der Künstlichkeit von Strahlung ist bei SchülerInnen schon in den Interviews von Neumann und Hopf (2012) dokumentiert. Dort wurde das Konzept aus methodischen Gründen aber nicht näher ausgeführt und untersucht. In der vorliegenden Arbeit war hierzu eine Vertiefung möglich. Das Konzept bzw. die Frage nach der „Natur“ der Strahlung stellte sich immer aus dem Gespräch heraus und ging immer von Seiten der SchülerInnen aus. Dabei stehen sich zwei unterschiedliche Argumentationslinien gegenüber: „Strahlung ist etwas Natürliches“ vs. „Strahlung ist künstlich“.
Einerseits finden sich Vertreter der Natürlichkeit mit Argumenten wie *“Theoretisch müsst es ja, ich glaub, jede Strahlung müsst eigentlich natürlich auch vorhanden sein.”* oder *“…was wir eigentlich, von der Physik haben, ist ja eigentlich von der Natur”*. Beide deuten auf einen Menschen als Teil der Natur hin. Alles muss zunächst in der Natur vorkommen, damit der Mensch es entdecken, erforschen und schließlich manipulieren kann. In dieser Argumentationslinie wird das Problem der Natürlichkeit manchmal auch zu den Quellen verschoben. Dies stellt für die SchülerInnen jedoch keine Lösung dar.
Andererseits finden sich die Vertreter der Künstlichkeit, die folgendermaßen argumentieren: *“…was ich da so sehe, habe ich alles eigentlich, hab ich mit jeder Strahlung Geräte verbunden und die sicher nichts natürliches mehr an sich haben mit der Strahlung.”* oder *“Strahlungen, die wir dann viel mehr herstellen, als sie eigentlich sonst vorkommen, wäre dann wahrscheinlich wirklich, eh sowas, wie Handystrahlung.”* Im ersten Zitat wird das Wesen der Strahlung mit der Quelle, einem vom Menschen gemachtem Gerät, verbunden. Das zweite bezieht sich eher auf ein Bild von künstlich als „Übermaß“ des Natürlichen. In beiden Bilder ist das vom Menschen gemachte künstlich.
Die SchülerInnen ringen mit einer Lösung der Dichotomie und sehen sich mit dem *tertium non datur* konfrontiert, welches von ihnen nicht aufgelöst werden kann. Aus physikalischer Perspektive ist diese Frage interessanterweise völlig unerheblich.

Strahlung ist gefährlich.

Neumann und Hopf (2012) zeigten in ihrem Artikel eine Einschätzung zur Gefährlichkeit einzelner Strahlungsarten durch die SchülerInnen (Abb. 1). Damals war ein Vergleich

[1] Ab dem Schuljahr 14/15 wird an Gymnasien in Österreich erstmalig die neue standardisierte und kompetenzorientierte Reifeprüfung (Abitur) durchgeführt. Eine der wesentlichen Neuerungen im Bereich der Reifeprüfung ist die *Vorwissenschaftliche Arbeit* (VWA) für alle SchülerInnen. Die Bezeichnung *vorwissenschaftlich* wurde vom Gesetzgeber bewusst gewählt, um das intendierte Niveau und die Zielsetzung dieser Arbeit zu verdeutlichen. SchülerInnen soll der Einstieg in das wissenschaftliche Arbeiten anhand eines kleinen Forschungsprojekts und dessen Dokumentation zu ermöglicht werden.

zwischen den Strahlungsarten nicht möglich, was nun in den durchgeführten Interviews berücksichtigt wurde. Die SchülerInnen wurden aufgefordert die Strahlungsarten von der ungefährlichsten zur gefährlichsten Strahlung zu ordnen und diese Ordnung auch zu begründen. Beispielhaft sind die Anordnungen in Abb. 2. Es zeigte sich eine Überein-stimmung in der Einschätzung der radio-aktiven Strahlung. Darüber hinaus sind jedoch sehr große Abweichungen festzustellen.

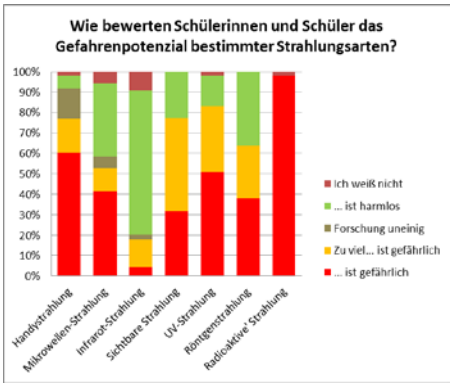


Abbildung 1 nach Neumann und Hopf 2012

Interessant ist auch, dass viele der Erklärungen der SchülerInnen bezüglich der Gefahr von Strahlung auf einem Schwellen-wertmodell basieren: Strahlung ist so lange ungefährlich bis der Mensch zu oft oder zu viel dieser Strahlung ausgesetzt wird. Diese Vorstellung korrespon-diert mit den persönlichen Erfahrungen mit Strahlung, beispielsweise der UV-Strahlung. Erst bei einem zu langen Sonnenbad ist ein Sonnenbrand zu befürchten. Die Gefahr der ionisierenden Strahlung, bei der schon ein Quant genügt um die DNA zu verändern, wird nicht erkannt.

Abbildung 2

Fazit

Aus den ersten Analysen zeigt sich eine notwendige Erweiterung der bisher dokumentierten Schülervorstellung „Strahlung ist gefährlich.“. Die untersuchten SchülerInnen zeigen ein differenzierteres Bild von Strahlung. So erkennen sie, dass einzelne Strahlungsarten wie die Röntgenstrahlung eine Gefahr für den Menschen darstellt. Dennoch ist der Nutzen dieser Strahlung für SchülerInnen deutlich. Das Begriffspaar „natürlich-künstlich“ stellt im Strahlungszusammenhang für SchülerInnen möglicherweise ein Lernhindernis dar. Strahlung wird oft mit technischen Geräten verbunden und somit auch nicht als omnipräsent erlebt. Selbst die VertreterInnen der Natürlichkeit haben hier Probleme und können von ihnen als natürliche Strahlung nicht mit dieser Omnipräsenz in Einklang bringen.

Literatur

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1994). Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: sources, mode of travel, uses and dangers. Research in Science & Technological Education 12 (2), 145–160.

Libarkin, J. C., Asghar, A., Crockett, C. & Sadler, P. (2011). Invisible Misconceptions: Student Understanding of Ultraviolet and Infrared Radiation. Astronomy Education Review 10 (1), 10105.

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.

Neumann, S. & Hopf, M. (2011). Was verbinden Schülerinnen und Schüler mit dem Begriff ‘Strahlung’. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 17, 157–176.

Neumann, S. & Hopf, M. (2012). Students’ Conceptions About ‘Radiation’: Results from an Explorative Interview Study of 9th Grade Students. Journal of Science Education and Technology 21 (6), 826–834.

Rego, F. & Peralta, L. (2006). Portuguese students’ knowledge of radiation physics. Physics Education 41 (3), 259–262. http://stacks.iop.org/0031-9120/41/i=3/a=009.

Friederike Rohrbach
Annette Marohn

Westfälische Wilhelms-Universität
Münster

Schülervorstellungen: Forschend *verstehen und handeln* Lernen

Motivation

Vorstellungen und Erfahrungen, die Schüler mit in den Unterricht bringen, beeinflussen das Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte. Über dreißig Jahre internationaler Forschung zu Schülervorstellungen bestätigen ihre Bedeutung für das Lehren und Lernen im Chemie-, Physik- und Biologieunterricht. Der Transfer des didaktischen Wissens aus den Forschungseinrichtungen in die Klassenzimmer scheint aber noch nicht ausreichend gelungen zu sein. Empirische Studien zeigen, dass viele Lehrkräfte nur wenig über Schülervorstellungen wissen und daher kaum in der Lage sind, deren Ursachen einzuschätzen oder angemessen darauf zu reagieren. (Uhren et al. 2013; Wilhelm 2008).

Wenn Vorstellungen, Einstellungen und Annahmen über das Lehren und Lernen (die auch als Subjektive Theorien bezeichnet werden) nicht mit den aktuellen Forschungsergebnissen übereinstimmen, können sie Studierenden und Lehrenden die Integration dieser Erkenntnisse über Schülervorstellungen in ihre gedanklichen Konstrukte erschweren und so die Anwendung in der Praxis verhindern. Im Rahmen einer Vorstudie im WS 2011/12 und im SoSe 2012 an der Universität zu Köln wurden Subjektive Theorien erhoben, mit denen sich Studierende das Auftreten fachlich falscher Antworten im Unterricht erklären. Der überwiegende Anteil der Studierenden nannte, unabhängig vom Studiensemester oder der Anzahl besuchter fachdidaktischer Veranstaltungen, personenzentrierte und meist defizitorientierte Ursachen von Schülervorstellungen, z.B. „Der Lehrer hat die Inhalte nicht gut genug erklärt.“ Andere Ursachen für die Entstehung fachlich falscher Vorstellungen, wie z.B. die Mehrdeutigkeit von Modellen und Abbildungen, wurden nur sehr vereinzelt genannt.

Das hier vorgestellte, design-basierte Forschungsprojekt versucht, durch die Entwicklung und Evaluation eines am Forschenden Lernen orientierten Seminars einen Beitrag zur Verknüpfung des theoretischen Wissens über Schülervorstellungen und dessen Anwendung in der Schule zu leisten. Das Seminar soll die Studierenden auf einen professionellen Umgang mit Schülervorstellungen vorbereiten und sie zur Reflexion und gegebenenfalls Veränderung ihrer Subjektiven Theorien über Schülervorstellungen anregen.

Theoretische Fundierung und Konzeption des Seminars

Was soll ein Lehrer wissen und können um professionell mit Schülervorstellungen umzugehen? Auf Basis einer Metanalyse, die Veröffentlichungen der Naturwissenschaftsdidaktiken auf diese Frage hin analysierte, wurde ein Modell entwickelt, das als Leitfaden für die inhaltliche Planung des Seminars diente. Dieses Modell bildete in einem vierstufigen Raster Wissenselemente und Fähigkeiten ab, die Lehrkräfte für einen adäquaten Umgang mit Schülervorstellungen im Unterricht benötigen (vgl. Marohn und Rohrbach 2013). Das vorläufige Modell wurde einer Expertenvalidierung und einer daraus folgenden Überarbeitung unterzogen, bevor es die aktuelle Form annahm (Abbildung 1).

Voraussetzung für ein angemessenes Verständnis des Modells und für den Erwerb der dargestellten Wissenselemente und Fähigkeiten sind Kenntnisse über Lehr- und Lerntheorien sowie Ansätze des Conceptual Change. Die Reihenfolge der im Modell genannten Inhaltsbereiche beinhaltet keine Gewichtung. Die Beschäftigung mit *Schülervorstellungen* stellt eine Grundlage für die anderen Themenfelder dar und legt die Auseinandersetzung mit Ursachen von Vorstellungen nahe. Die Beschäftigung mit *Ursachen* von Schülervorstellungen

bildet jedoch keine unmittelbare Voraussetzung für die Entwicklung und den Einsatz von *Diagnoseinstrumenten*. Der zuletzt aufgeführte Inhaltsbereich, der *Umgangsweisen* mit Vorstellungen thematisiert, baut auf den Inhalten der drei zuvor genannten Bereiche auf.

	WISSEN	VERSTEHEN	ANWENDUNG	SYNTHESE
VORSTELLUGEN	Typische Vorstellungen kennen	Vorstellungen in Schüleraussagen identifizieren	Vorstellungen antizipieren	Konsequenzen für die Gestaltung von Unterricht aus Vorstellungen ziehen
URSACHEN	Ursachen von Vorstellungen kennen	Ursachen von Vorstellungen identifizieren	Ursachen von Vorstellungen antizipieren	Konsequenzen für die Gestaltung von Unterricht aus Ursachen von Vorstellungen ziehen
DIAGNOSE	Diagnoseinstrumente und –methoden kennen	Vor- und Nachteile von Diagnose-instrumenten und –methoden identifizieren	Diagnoseinstrumente und –methoden anwenden	Diagnoseinstrumente und -methoden entwickeln
UMGANGSWEISEN	Beschriebene Umgangsweisen mit Vorstellungen kennen	Umgangsweisen mit Vorstellungen als mehr oder weniger geeignet identifizieren	Umgangsweisen mit Vorstellungen anwenden	Selbstständig Umgangsweisen mit Vorstellungen entwickeln

Abb. 1: Modell zu Wissenselementen und Fähigkeiten von Lehrkräften im Kontext Schülervorstellungen

Einige der in diesem Modell formulierten Fähigkeiten können nur durch aktive Beschäftigung mit der Thematik erlernt werden. Gleiches gilt für die Zielsetzung die Studierenden zur Reflexion über ihre Subjektiven Theorien anzuregen. Als Lehr-Lernform wurde daher das hochschuldidaktische Konzept des Forschenden Lernens gewählt, das sich in der erziehungs- und bildungswissenschaftlichen Lehrerausbildung bereits als gewinnbringend zur Förderung von Schlüsselkompetenzen angehender Lehrerinnen und Lehrer erwiesen hat. Zu diesen Schlüsselkompetenzen zählen neben fachlich-inhaltlicher Handlungskompetenz, Sozialkompetenz und Methodenkompetenz auch die Fähigkeit zur Reflexion über das eigene Handeln in Unterrichtssituationen (u.a. Didion und Wiemer 2009). Forschendes Lernen zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass Studierende sich selbstständig mit den zu erlernenden Inhalten auseinandersetzen und sich diese in der Beschäftigung mit ihnen erschließen. Angelehnt an den Learning Cycle von Wildt (2009) wurde ein didaktisch reduziertes Modell des Forschungsprozesses zu Schülervorstellungen entwickelt, an dessen Phasen sich der Verlauf des Seminars orientiert.

Abbildung 2 stellt schematisch die Anpassung des Learning Cycle an die Bedingungen des Seminars dar. Am Beginn der Veranstaltung steht die Erarbeitung theoretischer Grundlagen und die eigenständige Entwicklung, Erprobung und Evaluation von speziell auf Schülervorstellungen ausgerichteten Diagnoseinstrumenten. Anschließend planen die Studierenden eine Unterrichtsstunde, die sich mit der Diagnose und Korrektur oder der Beschäftigung mit einer selbst gewählten Schülervorstellung beschäftigt. Für die Erprobung der Unterrichtsstunden werden Schulklassen ins Institut für Didaktik der Chemie eingeladen. Der Einsatz von Videografie während der Durchführung der Unterrichtsstunden ermöglicht den

Studierenden ihre Arbeit mit den Schülern in der Auswertungsphase zu reflektieren und im Hinblick auf mögliche Veränderungen von Vorstellungen zu analysieren. Auf diese Weise lernen und reflektieren die Studierenden Handlungsoptionen, die sie in ihrer Lehrtätigkeit anwenden können. Zum Abschluss präsentieren die Studierenden ihre Ergebnisse.

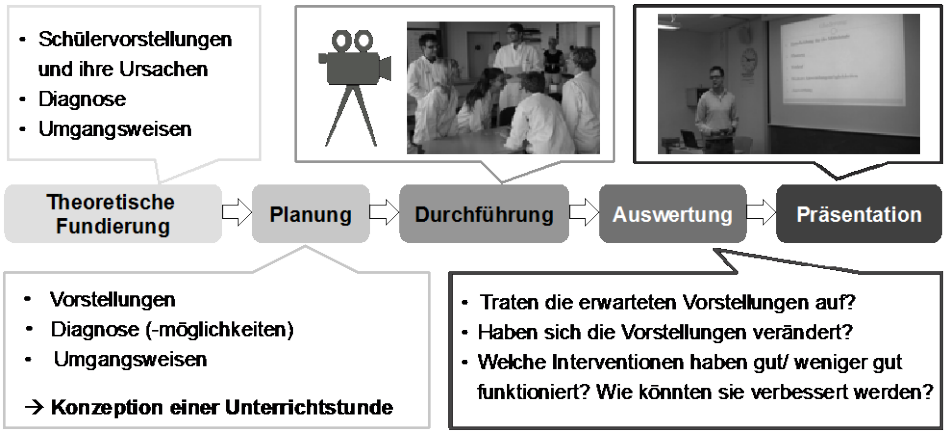


Abb. 2: Phasierung des Seminars

Evaluation

Das vorgestellte Seminar wurde in vier aufeinanderfolgenden Semestern (Beginn im WS 2012/13) mit insgesamt 115 Studierenden durchgeführt und schrittweise weiterentwickelt. Die Evaluation der Seminareinheit erfolgte in Form von Fragebögen und Interviews im Prä-Post-Design sowie durch Portfolios, die von den Studierenden im Verlauf des Seminars angefertigt wurden. Die Evaluationsergebnisse der einzelnen Instrumente wurden durch Triangulation zusammengeführt.

Das Seminarkonzept bietet den Studierenden Gelegenheit alle im o.g. Modell aufgeführten Wissenselemente und Fähigkeiten zu entwickeln. Aufgrund der bewusst offenen Aufgabenstellung während der Konzeption und Evaluation einer Unterrichtsstunde im Kontext Schülervorstellungen sind die erworbenen Wissenselemente, Fähigkeiten und Fertigkeiten der Studierenden nicht bei allen Studierenden in gleichem Maße nachweisbar. Zahlreiche Äußerungen von Studierenden während der Interviews und innerhalb des reflexiven Anteils der Portfolios lassen den Rückschluss zu, dass das Seminarkonzept die Studierenden dazu anregt die Bedeutung von Schülervorstellungen für das Lehren und Lernen zu reflektieren und ihre Subjektiven Theorien über die Ursachen von Schülervorstellungen weiter zu entwickeln.

Literatur

Didion, D., Wiemer, M. (2009). Forschendes Lernen als interdisziplinäres Element im Studium Fundamentale. Journal Hochschuldidaktik, 20 (2), 7-9

Marohn, A., Rohrbach, F. (2013). Professionalisierung in der Lehrerausbildung. Entwicklung und Evaluation eines am Forschenden Lernen orientierten Seminars zum Thema Schülervorstellungen im Chemieunterricht. Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae, 38 (105), 21-46

Uhren, S., Ralle, B., Di Fuccia, D.-S. (2013). Zum Umgang von Lehrkräften mit alternativen Schülervorstellungen. Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae, 38 (105), 51-67

Wildt, J. (2009). Forschendes Lernen: Lernen im "Format" der Forschung. Journal Hochschuldidaktik, 20 (2), 4-7

Wilhelm, T. (2008). Vorstellungen von Lehrern über Schülervorstellungen, In D. Höttecke, (Ed.), Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Essen 2007. Berlin: Lit, 44-46

Claudia Meinhardt Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Thorid Rabe
Olaf Krey

Selbstwirksamkeitserwartungen (angehender) Physiklehrkräfte: Ausgewählte Ergebnisse einer Validierungsstudie

Einführung

Entwicklungs- als auch Validierungsschritte bzgl. des neuen Testinstrumentes zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) in physikdidaktischen Handlungsfeldern wurden bereits mehrfach auf GDCP-Jahrestagungen vorgestellt (Forschungsstand, Pilotstudie: Rabe, Krey & Meinhardt, 2013b; Skizze Gesamtprojekt: Rabe, Krey & Meinhardt, 2013a; Ergebnisse „qualitativer Validierungsschritte“: Meinhardt, Rabe & Krey, 2014; erste Ergebnisse „quantitativer Validierungsschritte“: Meinhardt, Rabe & Krey, 2015). Dieser Beitrag verzichtet daher auf eine eingehende theoretische Fundierung des Forschungsgegenstandes (Zur Definition des Konstruktes der SWE in physikdidaktischen Handlungsfeldern vergleiche z.B. Rabe, Meinhardt & Krey (2012)). Er fokussiert vielmehr auf eine Auswahl zentraler Ergebnisse der Hauptstudie. Für die Dimensionen „Planung“ und „Durchführung von Phyiskunterricht“ wurden jeweils Skalen in den Handlungsfeldern „Experimentieren“, „Umgang mit Schülervorstellungen“, „Umgang mit Aufgaben“ und „Elementarisieren“ entwickelt.

Forschungsfragen

Im Rahmen des Gesamtprojektes soll die übergeordnete Frage beantwortet werden, ob sich überhaupt Skalen auf dem gewählten Spezifitätsniveau konstruieren lassen, sodass für Messungen Validitäts- und Reliabilitätskriterien erfüllt sind. Die Ergebnisse jeder Teilstudie tragen zur Beantwortung dieser Frage bei, sodass am Ende des Projektes aus der Gesamtschau der Ergebnisse ein Validitätsargument abgeleitet werden kann (vgl. u.a. Kane, 1992; Messick, 1995). Die Ergebnisse der bisherigen Studien sind vielversprechend. Sie weisen darauf hin, dass mit den Skalen tatsächlich Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern gemessen werden können.

In der hier betrachteten Querschnittserhebung werden insbesondere Fragen nach der Eindimensionalität der Skalen, der Dimensionalität des Konstruktes, der Messinvarianz des Instruments und der Abgrenzung des Konstruktes zu benachbarten Konstrukten (allg. SWE, Lehrer-SWE, …) betrachtet. Im Falle des Vorliegens von Messinvarianz bzgl. der drei interessierenden Gruppen (Physiklehramtsstudierende, Physikreferndare, Physiklehrkräfte) sollen aus exploratorischen Varianzanalysen Hinweise hinsichtlich der Interpretierbarkeit der Mittelwertstruktur gewonnen werden. Erste Ergbnisse konfirmatorischer Faktorenanalysen sprechen für die Eindimensionalität und Reliabilität der Skalen (Meinhardt et al., 2015).

Hypothesen

Zur Messinvarianz: Aufgrund der Eindrücke und Ergebnisse der Interviews mit Vertretern der drei Befragungsgruppen (vgl. Meinhardt et al., 2014) ist davon auszugehen, dass sich das Instrument als invariant bzgl. dieser Gruppen erweist.

Zur Mittelwertstruktur: Aufgrund des vielfach in der Literatur beschriebenen „Praxisschocks“ (Abnahme der SWE nach Praxiserfahrungen, vgl. z.B. Woolfolk Hoy & Spero, 2005) wird davon ausgegangen, dass die Mittelwerte der Referendare auf den Skalen im Schnitt niedriger sind als die der Studierenden. Da im Sinne einer professionellen Entwicklung ein Anstieg der SWE plausibel ist, wird angenommen, dass die Mittelwerte der Skalen der Lehrkräfte auf allen Skalen höher sind als die der Studierenden bzw. Referendare.

Zur Abgrenzung der Konstrukte: Aufgrund der Spezifität des Instrumentes ist davon auszugehen, dass die Skalen lediglich im mittleren Bereich mit Skalen, die ein allgemeineres SWE-Niveau abbilden, korrelieren. Aufgrund der größeren inhaltlichen Nähe der Skalen zur Lehrer-SWE von Schmitz & Schwarzer (2000) wird eine höhere Korrelation zu dieser Skala angenommen als zur Skala bzgl. allgemeiner SWE (Schwarzer & Jerusalem, 1999).

Methode und Stichprobe

Basierend auf einer Analyse der Mittelwert- und Kovarianzstruktur des Datensatzes (MACS-Ansatz, vgl. z.B. Byrne, 2012) wird im Rahmen eines Mehrgruppenvergleichs die Messinvarianz des Instrumentes getestet. Dazu wird die Software Mplus (Muthén & Muthén, 2012) genutzt und auf ein robustes Maximum-Likelihood-Schätzverfahren zurückgegriffen. Die genesteten Modelle werden mittels χ^2-Differenzentests (Satorra-Bentler skalierter χ^2-Wert) verglichen. Im Falle der positiven Testung auf metrische Invarianz können Mittelwertdifferenzen zu einer gewählten Referenzgruppe (deren Mittelwert auf Null fixiert ist) ausgelesen und somit ggf. existierende Gruppenunterschiede identifiziert werden. Da die Skalenwerte nicht normalverteilt und streng genommen ordinalskaliert sind, wird für die Zusammenhangsanalysen der etwas robustere Koeffizient Spearmans ρ berichtet. Insgesamt wurden rund 900 Personen befragt. Für eine detailliertere Beschreibung der Stichprobe siehe Meinhardt et al. (2015).

Ergebnisse

Wie exemplarisch für die Skala SWE-SV-D (Handlungsfeld: Umgang mit Schülervorstellungen, Dimension: Durchführung von Physikunterricht) gezeigt (vgl. Tab. 1), kann für jede Skala mindestens partielle Messinvarianz konstatiert werden. Die Mittelwerte der Referendare sind für vier Skalen signifikant nierdriger als die Mittelwerte der Studierenden. Die Mittelwerte der Lehrkräfte sind für jede Skala signifikant größer als die Mittelwerte der Studierenden (vgl. Abb.1). Die Mittelwertdifferenzen zwischen Referendaren und Lehrkräften sind ebenfalls signifikant. Die Skalen der allg. SWE und der Lehrer-SWE korrelieren im mittleren Bereich (ρ=.47**). Ebenfalls im mittleren Bereich korrelieren die neu entwickelten SWE-Skalen mit der Lehrer-SWE-Skala (.44** ≤ ρ ≤ .48**). Die Korrelationen der neu entwickelten Skalen zur allg. SWE-Skala sind jeweils geringer (.23** ≤ ρ ≤ .38**). Die Angaben in Klammern beziehen sich auf die Studierendenkohorte.

Modell	**#**	**χ^2**	**df**	**p**	**CFI**	**RMSEA**	**SRMR**		**SB-χ^2**	**Δdf**	**p**	**|ΔCFI|**
konfigural	1	52.67	27	.00	.977	.055	.030					
metrisch	2	66.94	39	.00	.975	.048	.080	1 vs. 2	13.93	12	.31	.002
skalar	3	97.20	49	.00	.957	.056	.095	2 vs. 3	32.44	10	.00	.018
frei [svd2]*	4	77.08	47	.00	.973	.045	.078	3 vs. 4	24.42	2	.00	.016
								4 vs. 1	23.48	20	.27	.004

*Tab. 1: Tests auf Messinvarinaz für die Skala SWE-SV-D sowie Teststatistik der χ^2-Differenzentests; * Intercept des Items svd2 frei geschätzt*

Diskussion

Die Analysen bestätigen im Wesentlichen die Hypothesen. Es kann davon ausgegangen werden, dass für die untersuchten Gruppen Ausprägungen des gleichen Konstruktes erhoben werden konnten. Die Mittelwertstruktur ist mit Blick auf die Literatur durch den sogenannten Praxisschock interpretierbar. Darüber hinaus scheinen die durch die Skalen repräsentierten Konstrukte hinreichend zu benachbarten Konstrukten abgrenzbar zu sein. Mit Bezug zur übergeordneten Forschungsfrage können somit weitere Validitätsargumente angeführt werden.

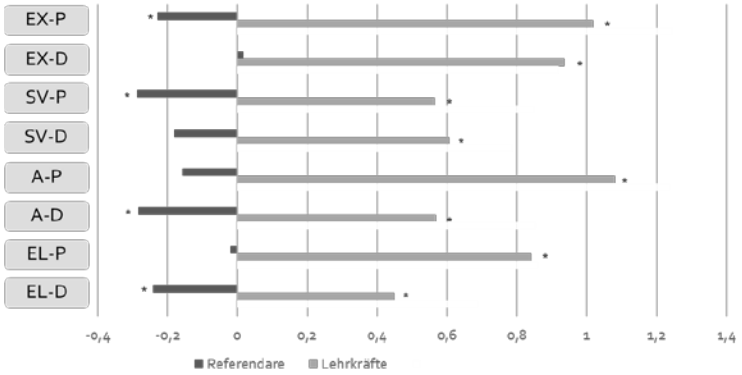


*Abb. 1: Mittelwertdifferenzen der Referendare bzw. Lehrkräfte im Vergleich zum Referenzgruppenmittelwert der Studierenden (M=0), * signifikante Differenz*

Ausblick

Detailliertere Analysen zur Messinvarianz z.B für verschiedene Subgruppen sowie Analysen der Zusammenhangs- und Mittelwertstruktur werden im Rahmen des Promotionsprojektes durchgeführt. Ein umfassendes Skalenhandbuch wird veröffentlicht werden.

Literatur

Byrne, B. M. (2012). *Structural Equation Modeling with Mplus. Basic Concepts, Applications, and Programming*. New York & London: Routledge.

Kane, M. T. (1992). An Argument-Based Approach to Validity. *Quantitative Methods in Psychology, 112*(3), 527–535.

Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2014). Qualitative Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) in physikdidaktischen Handlungsfeldern. In S. Bernholt (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013* (S. 558–560). Kiel: IPN.

Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2015). Quantitative Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern – Erste Ergebnisse. In S. Bernholt (Ed.), *Heterogenität & Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014* (S. 283–285). Kiel: IPN.

Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment. *American Psychologist, 50*(9), 741–749.

Muthén, L. K. & Muthén, B. O. (2012). *Mplus. User's Guide* (7th Ed.). Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.

Rabe, T., Krey, O. & Meinhardt, C. (2013a). Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen (zukünftiger) Physiklehrkräfte II – eine Projektskizze. In S. Bernholt (Ed.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 638–640). Münster: LIT.

Rabe, T., Krey, O. & Meinhardt, C. (2013b). Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen zukünftiger Physiklehrkräfte I. In S. Bernholt (Ed.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 635–637). Münster: LIT.

Rabe, T., Meinhardt, C. & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift Für Didaktik der Naturwissenschaften, 18*, 293–315.

Schmitz, G. S. & Schwarzer, R. (2000). Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrern: Längsschnittbefunde mit einem neuen Instrument. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 14*(1), 12–25.

Schwarzer, R., & Jerusalem, M. (1999). Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Berlin.

Woolfolk Hoy, A. & Spero, R. B. (2005). Changes in teacher efficacy during the early years of teaching: A comparison of four measures. *Teaching and Teacher Education, 21*(4), 343–356.

Susan Fried
Florian Treisch
Markus Elsholz
Thomas Trefzger

Universität Würzburg

Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor
Die Anwendung physikdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Labor

Hintergund

Seit den Ergebnissen aus TIMMS und PISA werden Veränderungen in der Lehramtsausbildung gefordert. In diesem Zusammenhang wird oft die Integration von mehr Praxisphasen in das Studium gefordert. Allerdings sind an diese Praxisphasen bestimmte Forderungen geknüpft. Zum einen sind intensive und lange Vorbereitungsphasen, so wie ausgiebige Reflexionen wichtig (Makrinus, 2013; Tschannen-Moran, 1998). Auf der anderen Seite sollten die Settings der Praxisphasen einfach sein, damit die Studierenden nicht überfordert werden. Eine Möglichkeit dies zu realisieren bietet beispielsweise das *micro-teaching* (Klinzing, 2002). An der Universität Würzburg wurden diese Forderungen durch die Einführung von Lehr-Lern-Laboren 2009 umgesetzt (Völker et al., 2009). Hier können die Studierenden kleine Schülergruppen mit selbstkonzipierten Experimentierstationen betreuen. Das Lehr-Lern-Labor Seminar ist in eine Vorbereitungs- und eine Praxisphase unterteilt. In der zehnwöchigen Vorbereitungsphase entwickeln die Studierenden zu vorgegebenen Themen Experimentierstationen und planen damit didaktische Einheiten und führen diese im Anschluss mit vier bis fünf Schulklassen durch. Nach jeder Durchführung wird mit den Studierenden die Durchführung reflektiert, anschließend haben sie Zeit am Aufbau oder der didaktischen Einheit Veränderungen vorzunehmen. Sowohl bei der Erstellung der Stationen, der Planung der Durchführung, der eigentlichen Durchführung oder der anschließenden Reflexionsphase haben die Studierenden die Möglichkeit ihr bis dahin erworbenes Professionswissen einzusetzen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf dem physikdidaktischen Wissen, also das Wissen welches benötigt wird, um fachliche Gegenstände zu vernetzen, zu strukturieren, darzustellen und zu erklären (Shulman, 1989). Aktuell gibt es verschiedene Bemühungen das physikdidaktische Wissen zu modellieren und Erhebungsinstrumente zu erstellen (Kröger, 2013; Borowski, 2010; Riese, 2015). Für die Studie wird die Modellierung nach *KiL* verwendet, die das physikdidaktische Wissen in drei Dimensionen einteilt (Kröger, 2013). Es zeigt sich folglich, dass das Lehr-Lern-Labor Seminar die oben angesprochenen Bedingungen für eine gute Praxisphase erfüllt und auch die Möglichkeit besteht Professionswissen anzuwenden oder aufzubauen, allerdings bleibt offen, ob die Studierenden die Lerngelegenheit erkennen und nutzen. Aus diesem Grund ergeben sich die folgenden Forschungsfragen.

Forschungsfragen

- Entwickelt sich das physikdidaktische Wissen im Verlauf des Seminars?
- Welches Wissen nutzen die Studierenden um ihre Experimentierstationen zu designen und die Durchführung mit den Schulklassen zu planen?
- Welches Wissen nutzen die Studierenden um ihre Durchführung zu reflektieren und wie werden Veränderungen begründet?

Studiendesign und Methoden

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden qualitative und quantitative Forschungsmethoden angewendet. Zur Erfassung des physikdidaktischen Wissens und des Wissens über Schülervorstellungen werden paper-pencil Tests eingesetzt. Für den Test zum

physikdidaktischen Wissen wurden 20 Items zum PCK aus dem Instrument des Projekts *KiL* ausgewählt, die durch 10 Items zum CK ebenfalls aus dem Projekt *KiL* ergänzt wurden (Kröger, 2013). Zur Erfassung des Wissens über Schülervorstellungen wurden 13 Items aus dem Instrument des *Diagnoser* Projekts ausgewählt (Thissen-Roa, 2004). Die 13 Items zur Erfassung der Schülervorstellungen und die 10 Items zur Erfassung des CKs werden auf die Fachinhalte des Lehr-Lern-Labor Seminars angepasst. Um etwas über die Anwendung des physikdidaktischen Wissens durch die Studierenden zu erfahren, führen diese Logbücher. In der ersten Frage beschreiben die Studierenden den Planungsprozess ihrer Experimentierstation und der Durchführung. Diese Fragen reichen sie vor der ersten Durchführung ein. In der zweiten Frage, die direkt nach der ersten Durchführung abgegeben wird, müssen die Studierenden die erste Durchführung reflektieren und beschreiben welche Veränderung sie im Anschluss an ihrer Station oder der Durchführung vorgenommen haben. Die letzte Frage wird am Ende des Seminars beantwortet und fragt nach den wichtigsten Veränderungen während des Lehr-Lern-Labors. Bei allen Fragen stehen das angewendete fachliche und fachdidaktische Wissen im Vordergrund.

Ergebnisse

An der Erhebung haben bis jetzt 37 Studierende teilgenommen, 19 im Wintersemester zum Thema Energie und 18 im Sommersemester zum Thema Optik. Von den Studierenden sind 68% männlich, die meisten sind im 5. oder 6. Semester und 73% studieren Physiklehramt für Gymnasium. Zusätzlich wurden die Abiturnote, die Physiknote im Abitur und die besuchten Veranstaltungen abgefragt.

Als erstes werden die Ergebnisse des physikdidaktischen Tests betrachtet. Es fällt auf, dass die Auswahl der 20 Items einen Test ergeben hat, der im Mittel von den Studierenden mit einem Testwert von $\bar{x} = 10$ gelöst wurde. Betrachtet man den Unterschied zwischen dem pre-Test mit einem Mittelwert von $\bar{x} = 10{,}15$ bei einer Standardabweichung von $\sigma_x = 2{,}99$ und dem post-Test mit einem Mittelwert von $\bar{x} = 10{,}56$ bei einer Standardabweichung von $\sigma_x = 3{,}70$ zeigt sich bei der Gesamtstatistik keine Veränderung. Wird die Gesamtstatistik in Wintersemester und Sommersemester aufgeteilt, so zeigt sich das im Wintersemester eine leicht negative Veränderung vom Mittelwert von $\bar{x} = 10{,}43$ bei einer Standardabweichung von $\sigma_x = 3{,}00$ auf einen Mittelwert von $\bar{x} = 9{,}54$ bei einer Standardabweichung von $\sigma_x = 3{,}94$ stattfindet. Im Sommersemester findet jedoch eine größere positive Veränderung von $\bar{x} = 9{,}86$ bei einer Standardabweichung von $\sigma_x = 3{,}05$ auf $\bar{x} = 11{,}41$ bei einer Standardabweichung von $\sigma_x = 3{,}05$ statt.

Dieser Trend zeigt sich auch in den Ergebnissen zum Wissen über Schülervorstellungen in Tabelle 1.

Test	Wintersemester / Energie		Sommersemester / Optik	
	$\bar{x}$	σ_x	$\bar{x}$	σ_x
Pre-Test	8,83	1,43	5,87	2,25
Post-Test	8,64	2,19	8,63	1,95

Tabelle 1 Mittelwert und Standardabweichungen der Tests zum Wissen über Schülervorstellungen aufgeteilt nach Winter- und Sommersemester.

Zusätzlich zeigt sich, dass der Test für die Optik schwieriger zu sein scheint, als der Test für die Energie. Das wird vor allem im pre-Test deutlich, der für die Optik einen deutlich geringeren Mittelwert aufweist. Eine Ursache dafür könnte sein, dass das Thema Energie sowohl in der Schule als auch im Studium viel intensiver behandelt wird, als das Thema Optik.

Erste Ergebnisse der Logbuchanalysen von Frage 1 zeigen, dass sich die Studierenden bei der Erstellung der Experimentierstationen und der Planung der Durchführung nicht mit fachlichen Inhalten auseinandersetzen. Bei der Analyse nach den fachdidaktischen Inhalten

liegt in beiden Semestern ein klarer Schwerpunkt auf der Beschäftigung mit Medien. So beschäftigten sich im Wintersemester 16 von 19 Studierenden mit dem Thema, im Sommersemester 10. Das ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Inhalte der Experimentierstationen auf dem iPad digitalisiert werden und sich die Studierenden über die verschiedenen Möglichkeiten des iPads informierten. Im folgenden Beispiel wird die Möglichkeit erörtert Videoanleitungen für Experimente zu erstellen: „*Bei der Station Verglasung wurde sogar ein Video gedreht, das den Versuchsablauf zeigt. Der Vorteil eines Videos ist, dass die Schülerinnen und Schüler konkret sehen, wie der Versuch abläuft und bei Unsicherheiten einfach zurückspulen können*“. Bei den weiteren fachdidaktischen Inhalten sind auch wieder Unterschiede zwischen dem Winter- und den Sommersemester zu erkennen. So beschäftigen sich beispielsweise nur vier Studierende im Wintersemester mit dem Thema Elementarisierung im Sommersemester allerdings dreizehn. In einem weiteren Beispiel zum Thema Experimentieren ist der Fall umgekehrt, dort beschäftigen sich siebzehn Studierende im Wintersemester mit der Thematik und nur acht aus dem Sommersemester. Die Heterogenität bleibt folglich auch hier bestehen.

Zusammenfassung

Mit der Einführung des Lehr-Lern-Labor Seminars an der Universität Würzburg wurde eine zusätzliche Praxisphase in das Lehramtsstudium integriert, welches die gewünschten Voraussetzungen für eine Praxisphase erfüllt. In dem Seminar ist viel Zeit für Vorbereitung und Nachbereitung, sowie zur Anwendung der Professionellen Kompetenzen von Lehrkräften. Allerdings ist offen, wie intensiv das Praxisangebot durch die Studierenden genutzt wird und welche Auswirkungen das Seminar auf die Professionalisierung der Studierenden hat. Um diesen Fragen nach zu gehen, wird ein gemischter Ansatz aus erprobten quantitativen paper-pencil Tests im pre-post-Design und qualitativen Logbuchanalysen verwendet. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Möglichkeit zur Steigerung der Professionalität besteht. Allerdings konnten zwischen den Erhebungsgruppen sowohl im Qualitativen als auch im Quantitativen Unterschiede festgestellt werden. Es bleibt aktuell die Frage zu klären, ob diese Unterschiede auf das Semester oder auf das Thema zurückzuführen sind. Dazu wird im Wintersemester 2015/16 eine Erhebung zum Thema Elektrizitätslehre stattfinden und eine genauere Analyse der Logbuchfragen zwei und drei erfolgen.

Literatur

Baumert, J., Kunter, M. et al (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV.

Borowski, A., Neuhaus, A. et al. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. ZfDN, 16, 341-349.

Klinzing, H. G. (2002). Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über fünfunddreißig Jahre Forschung. Zeitschrift für Pädagogik, 48 (2), 194-214.

Kröger, J., Neumann, K. et al. (2013). Messung professioneller Kompetenzen im Fach Physik. Inquiry-based-learning – Forschendes Lernen, Bd. 33, 533-535.

Makrinus, L. (2013). Der Wunsch nach mehr Praxis. Zur Bedeutung von Praxisphasen im Lehramtsstudium. Studien zur Schul- und Bildungsforschung.

Riese, J., Kulgemeyer, C., et al. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 61, 55-79.

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15 (2), 4-14.

Thissen-Roe, A., Minstrell, J. et al. (2004). The DIAGNOSER project. Combining assessment and learning. Behavior Research Methods, Instruments & Computers, 36, 234-240.

Tschannen-Moran, M. et al. (1998). Teachers Efficancy – Its Meaning and Measure. Review of Educational Researcher, 68 (2), 202-248.

Völker, M., Trefzger, T. (2009): Lehr-Lern-Labore zur Stärkung der universitären Lehramtsausbildung. PhyDidB- Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/173/275 (Stand 10/2015).

www.diagnoser.com (Stand 13.10.2015).

Anja Göhring Universität Regensburg
Julia Haase

Selbstbestimmtes Lernen im Sachunterricht der Grundschule

Zusammenfassung
Deci und Ryan (1993, 2000) postulieren im Rahmen ihrer Selbstbestimmungstheorie drei menschliche Grundbedürfnisse: Autonomieerleben, Kompetenzerleben und soziale Eingebundenheit. Intrinsisch motivierte Verhaltensweisen gehen demnach vor allem auf Kompetenz- und Autonomieerleben zurück. Ein optimales Anforderungsniveau von Aufgaben und Feedback sollen wiederum Einfluss auf das Kompetenzerleben des Lerners haben. In der vorliegenden Interventionsstudie wird untersucht, ob eine Förderung der drei Grundbedürfnisse im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule möglich ist, inwieweit das Kompetenzerleben durch die gezielte Einbindung von Feedback-Methoden gefördert werden kann und ob positive Auswirkungen auf Motivation und Leistung aufgezeigt werden können. In Pilotstudien wurden kindgerechte state- und trait-Fragebögen sowie eine Unterrichtseinheit zum Thema Wasser (Klasse 4) entwickelt und erprobt. Im Beitrag werden die theoretische Rahmenkonzeption, die dem Projekt zugrunde liegt, sowie die empirische Studie beschrieben. Darüber hinaus werden erste vorläufige Ergebnisse aus der Hauptstudie (Intervention) genannt.

Theoretischer Hintergrund
Die Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 1993) umfasst fünf Subtheorien, u. a. die Organismische Integrationstheorie. Entgegen der Betrachtung von intrinsischer und extrinsischer Motivation als Gegenspieler, wird ein fließender Übergang zwischen diesen Motivationstypen gesehen. Die extrinsische Motivation gliedert sich hierbei in vier Regulationsstile (external, introjiziert, identifiziert, integriert), die sich zwar alle durch externe Orte der Handlungsverursachung charakterisieren lassen, aber von der Person als zunehmend selbstbestimmt wahrgenommen werden. Am Ende steht die intrinsische Motivation, also Verhaltensweisen, die aus Freude, Neugier, etc. gezeigt werden. Extrinsisch motiviertes Verhalten kann in intrinsisch motiviertes Verhalten übergehen, dabei können Stufen übersprungen werden oder je nach Situation auch verschiedene Regulationsstile hinter einer Handlung stehen.
Deci & Ryan beschreiben in einer weiteren Subtheorie drei „basic needs“ (Grundbedürfnisse): das Bedürfnis nach Autonomie oder Selbstbestimmung (nicht nur im Sinne von Wahlfreiheit, sondern auch im Sinne von Übereinstimmung zwischen der geforderten Aufgabenstellung und den eigenen Vorstellungen), das Bedürfnis nach Kompetenz oder Wirksamkeit (dabei wird oft betont, dass Kompetenzerleben nach angemessener Anstrengung entsteht, die Aufgaben also nicht zu leicht sein dürfen) und das Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit bzw. sozialer Zugehörigkeit. Intrinsisch motivierte Verhaltensweisen können insbesondere durch die Förderung von Kompetenz- und Autonomieerleben hervorgerufen werden (Ryan & Deci, 2000). Ein optimales Anforderungsniveau sowie positives, informatives Feedback sollen das Kompetenzerleben zudem am meisten beeinflussen (Deci & Ryan, 1993).
Menschen verfolgen laut Selbstbestimmungstheorie deshalb bestimmte Ziele, weil sie damit ihre Grundbedürfnisse befriedigen können. Es wird davon ausgegangen, dass Rahmenbedingungen, die das Erleben der drei Grundbedürfnisse ermöglichen, das Auftreten selbstbestimmter und letztlich intrinsischer Motivation erleichtern. Darüber hinaus wird postuliert, dass eine selbstbestimmte Handlungsregulation wiederum zu besseren Lernleistungen führt.

Empirische Studie

Das o. g. Postulat wurde in der Sekundarstufe in verschiedenen Fächern inzwischen überprüft (Göhring, 2010; Bieg & Mittag, 2009; Berger & Hänze, 2004; Schumann, 2010; Wolf, 2012; Ferdinand, 2012; Willems, 2011; Flunger et al., 2013; Krombass et al., 2007). So hat beispielsweise eine Interventionsstudie im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I positive Auswirkungen selbstbestimmten Lernens auf die Lernleistung der Schüler gezeigt (Göhring, 2010).

Derartige Zusammenhänge wurden bei Lernenden der Grundschule bislang nicht oder nur unzureichend untersucht. Es wurden in dieser Schulstufe Teilaspekte der oben beschriebenen Selbstbestimmungstheorie in einzelnen Studien aufgenommen bzw. andere Forschungsschwerpunkte gelegt (Hartinger, 2005; Blumberg, 2008; Roth et al., 2007). Ziel des vorliegenden Projekts ist es deshalb, zur Schließung dieser Forschungslücke beizutragen und folgende Forschungsfragen zu untersuchen:

- Ist eine gezielte Förderung des subjektiven Erlebens der Grundbedürfnisse, besonders des Kompetenzerlebens, im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule möglich?
- Wirken sich Feedbackmethoden förderlich auf das Kompetenzerleben aus?
- Hat eine gezielte Förderung des subjektiven Erlebens der Grundbedürfnisse positive motivationale Auswirkungen?
- Hat eine gezielte Förderung des subjektiven Erlebens der Grundbedürfnisse positive Auswirkungen auf Leistung und Behalten?
- Welche Effekte ergeben sich aus einer selbstbestimmteren Motivation auf Leistung und Behalten?

In einer ersten Pilotstudie (Stichprobe: Jahrgangsstufe 3 und 4, ca. 260 Schüler, 13 Klassen, 13 Lehrer) wurde erhoben, wie hoch die allgemeine Befriedigung der Grundbedürfnisse im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule durch Schüler und Lehrer eingeschätzt wird (Deckeneffekte?). Darüber hinaus sollte abgeklärt werden, in wieweit sich die Schülereinschätzung der Grundbedürfnisse bei eher selbstbestimmten und weniger selbstbestimmten Unterrichtsstunden unterscheidet. Die entwickelten state- und trait-Fragebögen wurden hinsichtlich Kindgerechtheit, Zeitbedarf, etc. erprobt, Skalenreliabilitäten bestimmt und Items im Hinblick auf die Hauptstudie reduziert.

Eine zweite Pilotstudie diente der Erprobung der Unterrichtseinheit zum Thema Wasser (12 Stunden) samt Schüler- und Lehrermaterialien, Feedbackmethoden und Leistungstests (Stichprobe: zwei Klassen der Jahrgangsstufe 4).

Die Hauptstudie wurde von Mai bis Juli 2015 in 12 Grundschulklassen der 4. Jahrgangsstufe durchgeführt und folgte einem Treatment-Kontrollgruppen-Design. In beiden Gruppen wurde dieselbe Unterrichtseinheit zum Thema Wasser durchgeführt, während in der Treatmentgruppe (6 Klassen, N = 128) mit Feedbackmethoden gearbeitet wurde und in der Kontrollgruppe (6 Klassen, N = 120) nicht. Als Feedbackebenen wurden nach Hattie (2009) folgende Aspekte berücksichtigt: Produkt, Prozess und Selbstregulierung. Als Feedbackmethoden wurden im Laufe der Unterrichtseinheit mehrmals standardisierte Netzdiagramme zur Selbstbeobachtung/-reflexion von den Schülern ausgefüllt sowie diese tw. mit dem Lehrerfeedback abgeglichen und auf Grundlage der Netzdiagramme individuelle Rückmeldegespräche geführt.

Jede Unterrichtsstunde wurde von den Lehrern anhand eines vorstrukturierten Bogens dokumentiert, nach fünf ausgewählten Unterrichtsstunden wurde jeweils ein kurzer Schüler-state-Fragebogen zur Erfassung der pädagogisch-psychologischen Konstrukte eingesetzt. Eine umfassende Erhebung dieser Konstrukte, sowohl bei Lehrern als auch bei Schülern,

fand zu drei Messzeitpunkten statt: pre (t1), post (t2) und follow-up (t3). Die Schülerleistung wurde ebenfalls zu diesen drei Messzeitpunkten erhoben.
Erste Auswertungen der Daten der Hauptstudie lassen erkennen, dass sich die Leistung in beiden Gruppen gleichermaßen positiv vom Vortest (t1) bis zur Klassenarbeit (t2) entwickelt hat. Die intrinsische Motivation nimmt während der Unterrichtseinheit ebenfalls zu, wobei wiederum keine Gruppenunterschiede feststellbar sind. Das Kompetenzerleben durch Selbstbeobachtung nimmt während der Unterrichtseinheit in beiden Gruppen zu, in der Treatmentgruppe ist jedoch eine gegenläufige Tendenz hinsichtlich des Kompetenzerlebens durch Lehrerfeedback zu beobachten, welche sich durch die Auswertung der state-Fragebögen zu betätigen scheint.

Ausblick

Erste Analysen haben gezeigt, dass das Kompetenzerleben der Schüler in der Treatment-gruppe (mit Feedbackmethoden) nicht höher war als in der Kontrollgruppe (ohne Feedbackmethoden). Zunächst muss eine Datenkontrolle erfolgen, anschließend soll die Interventionsgüte überprüft werden. Dies gilt insbesondere hinsichtlich des Feedbacks: wurde dieses wie intendiert umgesetzt, d. h. positiv und informativ statt kontrollierend? Wurde die Unterrichtseinheit samt Materialien wie geplant von den Lehrern umgesetzt? Bezüglich anfänglicher Unterschiede zwischen den Gruppen sollen bei weiteren Analysen Kovariaten berücksichtigt und komplexe Modelle zur Klärung weiterer Forschungsfragen geprüft werden.

Literatur

Berger, R. & Hänze, R. (2004). Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II – Einfluss auf Motivation, Lernen und Leistung. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 10, 205 – 219.

Bieg, S. & Mittag, W. (2009). Die Bedeutung von Unterrichtsmerkmalen und Unterrichtsemotionen für die selbstbestimmte Lernmotivation. In: Empirische Pädagogik 23 (2), 117 – 142.

Blumberg, E. (2008). Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule. Eine Studie zum Einfluss von Strukturierung in schülerorientierten Lehr-Lernumgebungen auf das Erreichen kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen. Münster.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik, 223 – 238.

Ferdinand, H. (2012). Entwicklung von Fachinteresse. Längsschnittstudie zu Interessenverläufen und Determinanten positiver Entwicklung in der Schule. Passau.

Flunger, B., Pretsch, J., Schmitt, M., & Ludwig, P. (2013). The role of explicit need strength for emotions during learning. In: Learning and Individual Differences 23, 241 – 248.

Göhring, A. (2010). Selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine empirische Interventionsstudie. Hamburg: Dr. Kovač.

Hartinger, A. (2005). Verschiedene Formen der Öffnung von Unterricht und ihre Auswirkung auf das Selbstbestimmungsempfinden von Grundschulkindern. In: Zeitschrift für Pädagogik 51 (3), 397 – 414.

Hattie, J. (2009). Visible Learning: A synthesis of over 800 Meta-Analyses relating to achievement. London, New York: Routledge.

Kombass, A., Urhahne, D., & Harms, U. (2007). Flow-Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Lernen mit Computern und Ausstellungsobjekten in einem Naturkundemuseum. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 13, 87 – 101.

Roth, G., Assor, A., Kanat-Maymon, Y., & Kaplan, H. (2007). Autonomous motivation for teaching: How self-determined teaching may lead to self-determined learning. In: Journal of Educational Psychology 99 (4), 761 –774.

Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. In: Contemporary Educational Psychology 25 (1), 54 – 67.

Schumann, S. (2010). Motivationsförderung durch problemorientierten Unterricht? Überlegungen zur motivationstheoretischen Passung und Befunde aus dem Projekt APU. In: Zeitschrift für Pädagogik 56 (1), 90 – 111.

Willems, A. S. (2011). Bedingungen des situationalen Interesses im Mathematikunterricht. Eine mehrebenen-analytische Perspektive. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Wolf, A. (2012). Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern: eine mehrebenenanalytische Studie. Berlin: Logos.

Carina Gehlen Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski

Untersuchung der Kompetenzstruktur im Bereich Erkenntnisgewinnung

Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sind ein Kernelement naturwissenschaftlicher Grundbildung. Die Bildungsstandards definieren im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss im Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* acht Standards. Für diese wurde im Projekt ESNaS *(*Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe 1) eine Unterteilung in die Teilbereiche *Naturwissenschaftliche Untersuchungen*, *Naturwissenschaftliche Modellbildung* und *Wissenschaftstheoretische Reflexion* sowie eine weitere Untergliederung in Aspekte vorgenommen (siehe Abbildung 1) (Wellnitz et al., 2012).

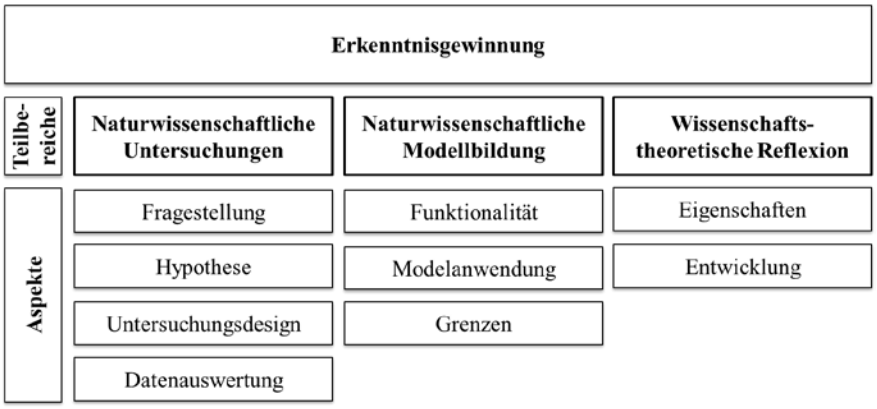


Abbildung 1. Differenzierung des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung

Ziele der Studie

Ein elementares Ziel der Studie ist die Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung der Schülerfähigkeiten in den drei Kompetenzteilbereichen. Mit Hilfe dieses Tests soll der Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* auf empirische Trennbarkeit bei der Erfassung von Schülerfähigkeiten hinsichtlich der Kompetenzteilbereiche geprüft werden. Zusätzlich sollen die Kompetenzteilbereiche *Naturwissenschaftliche Untersuchungen* und *Naturwissenschaftliche Modellbildung* auf ihre empirische Trennbarkeit hinsichtlich der jeweiligen Aspekte untersucht werden.

Methodisches Vorgehen

Basierend auf der Sichtung der vorhandenen Aufgaben auf dem Projekt ESNaS wurden gezielt neue Items entwickelt. Ziel war es, einen Itempool von 20 Items pro zu untersuchendem Aspekt für die Hauptstudie zu erhalten. Nach einer Pilotstudie für die ersten beiden Kompetenzteilbereiche mit $N = 95$ Items und $N = 603$ Probanden und einer anschließenden zweiten Pilotstudie für den dritten Kompetenzteilbereich mit $N = 24$ Items und $N = 148$ Probanden wurden 95 neu entwickelte und 65 ESNaS Aufgaben in der Hauptstudie eingesetzt.

Die 160 Items der Hauptstudie wurden im Multi-Matrix-Design auf 24 verschiedene Testhefte mit unterschiedlichen Schwerpunkten verteilt und an Gymnasien in der 9. Jahrgangsstufe und an Gesamtschulen in der 10. Jahrgangsstufe in NRW eingesetzt.

Zusätzlich wurden zwei Skalen des kognitiven Fähigkeitstests nach Heller und Perleth (2000) und zwei Tests zum allgemeinen Sprachstand (C-Tests) eingesetzt (Robitsch et al., 2008; Wockenfuß et al., 2006). Als weitere Kontrollvariable wurde die letzte Zeugnisnote im Fach Chemie erhoben.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Hauptstudie basieren auf den Daten von 1043 Schülerinnen und Schülern von 17 Schulen (12 Gymnasien und 5 Gesamtschulen) mit einem Durchschnittsalter von 15.1 Jahren (*SD* = .89). Die Probanden sind zu 48 % weiblich.

Tabelle 1 zeigt sowohl die Reliabilitäten des Gesamttests zur *Erkenntnisgewinnung*, als auch die der einzelnen Kompetenzteilbereiche und der Kontrollvariablen C-Test und KFT. Alle Werte liegen in einem zufriedenstellenden bis sehr guten Bereich.

Testinstrument	EAP/PV Reliabilität	Cronbach's Alpha
Kompetenztest *Erkenntnisgewinnung*	.75	-
Naturwissenschaftliche Untersuchungen	.73	-
Naturwissenschaftliche Modellbildung	.72	-
Wissenschaftstheoretische Reflexion	.63	-
Allgemeiner Sprachstand (C-Test)	.88	.92
Kognitiver Fähigkeitstest (KFT)	-	.88/.93

Tabelle 1. Reliabilitäten der einzelnen Testinstrumente

Die empirische Trennbarkeit des Kompetenzbereichs *Erkenntnisgewinnung* wurde durch den Vergleich dreier möglicher Modelle untersucht. Dazu wurde ein eindimensionales Modell (1DM), welches keine Trennung der Kompetenzteilbereiche annimmt, das dreidimensionale Modell (3DM), welches die Trennbarkeit aller drei Kompetenzteilbereiche postuliert und ein zweidimensionales Modell (2DM), welches eine Trennbarkeit des dritten Kompetenzteilbereichs (*Wissenschaftstheoretische Reflexion*) von den anderen beiden Kompetenzteilbereichen annimmt, berechnet und verglichen.

Die Analyse erfolgte durch die Berechnung eines Rasch-Modells für jedes der drei postulierten Modelle. Die drei Modelle wurden anhand ihrer Deviance und den drei informationstheoretischen Maßen AIC, BIC und CAIC verglichen (siehe Tabelle 2).

	1DM	3DM	2DM	Z3DM
Deviance	22172	22156	22167	22166
AIC	22466	22460	22465	22470
BIC	23193	23212	23203	23223
CAIC	23340	23364	23352	23375

Tabelle 2. Vergleich der Modelle anhand Deviance und informationstheoretischen Maßen

Die geringste Deviance, und damit einhergehend die beste Passung der Daten, weist das dreidimensionale Modell auf. Der Vergleich der informationstheoretischen Kriterien zeigt

die beste Modellpassung für das dreidimensionale Modell, wenn die Stichprobengröße bzw. die Stichprobengröße und die Itemanzahl keiner weiteren Gewichtung unterzogen werden (Vergleich AIC). Die stärkere Berücksichtigung dieser Kriterien, welche die komplexeren Modelle bestrafen, führt zu einer etwas besseren Passung des eindimensionalen Modells im Vergleich zum zwei- und dreidimensionalen Modell (Vergleich BIC und CAIC). Bei der Interpretation ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Deviancemaße der komplexeren Modelle durch die Anzahl der Modellparameter unter Berücksichtigung der Stichprobengröße (BIC) bzw. Stichprobengröße und Itemanzahl (CAIC) relativiert werden.
Eine statistische Absicherung des Unterschieds zwischen zwei Modellen unter Berücksichtigung der Parameterzahl bietet der Likelihoodquotiententest, welcher eine signifikant bessere Passung des dreidimensionalen Modells (3DM) im Vergleich zum eindimensionalen Modell (1DM) zeigt. Die Differenz der in Tabelle 2 dargestellten Deviance für das ein- und dreidimensionale Modell tritt mit einer Wahrscheinlichkeit von $p \leq .001$ zufällig auf. Dies indiziert, dass das dreidimensionale Modell (3DM) die Daten signifikant besser abbildet als das eindimensionale Modell (1DM). Das zweidimensionale Modell (2DM) hingegen zeigt keine signifikant bessere Passung auf die Daten ($p = .08$) im Vergleich zum eindimensionalen Modell (1DM).

	ΔDeviance	**Δdf**	**Signifikanz**
1DM / 3DM	16	5	$p \leq .001$
1DM / 2DM	5	2	$p = .08$
1DM / Z3DM	6	5	$p = .31$

Tabelle 3. Likelihoodquotiententests

In weiterführenden Analysen konnte die bessere Passung des dreidimensionalen Modells (3DM) durch die Berechnung von einem dreidimensionalen Zufallsmodell (Z3DM) bestätigt werden (Tabelle 2 & 3). Dennoch ist anzumerken, dass die latenten Korrelationen zwischen den Dimensionen mit .89-.96 sehr hoch sind. Dies spricht nach Prenzel, Walter & Frey (2006) allerdings nicht gegen eine bessere Passung des komplexeren Modells.

Basierend auf den Ergebnissen kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass sich der Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* durch die drei Kompetenzteilbereiche *Naturwissenschaftliche Untersuchungen*, *Naturwissenschaftliche Modellbildung* und *Wissenschaftstheoretische Reflexion* abbilden lässt, die sich allerdings sehr ähnlich sind.

Literatur

Heller, K.A., & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision. Manual,* Göttingen: Beltz Test GmbH.

Prenzel, M., Walter, O., & Frey, A. (2007). PISA misst Kompetenzen. Eine Replik auf Rindermann (2006): Was messen internationale Schulleistungsstudien? *Psychologische Rundschau, 58*(2), 128-136.

Robitzsch, A., Karius, I. & Neumann, D. (2008). *C-Tests for German Students: Dimensionality, Validity and Psychometric Perspectives.*, Berlin.

Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann,I., Pant, H. A., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards -eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften,* 18, 261-291.

Wockenfuß, V. & Raatz, U. (2006). Über den Zusammenhang zwischen Testleistung und Klassenstufe bei muttersprachlichen C-Tests. In R. Grotjahn (Hrsg.), *Der C-Test. Theorie, Empirie, Anwendungen* (S. 211–242). Frankfurt am Main: Lang.

Patrik Vogt[1]
Silke Mikelskis-Seifert[1]
Jörg Wittwer[2]

[1]Pädagogische Hochschule Freiburg
[2]Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Physik erleben! Beeinflusst die Körperwahrnehmung das Physik-Lernen?

Einleitung

In den letzten Jahren hat sich die Auffassung durchgesetzt, dass das menschliche Gehirn nicht einen reinen Informationsprozessor darstellt, sondern dass selbst abstrakte mentale Vorgänge durch sensomotorische Prozesse beeinflusst werden (Beilock & Hohmann, 2010). In diesem Sinne beschreibt die „Embodied Cognition“ (auch „Grounded Cognition“ oder „Embodiment“, dt. „verkörperlichtes Denken“) eine Theorie der mentalen Repräsentation, die davon ausgeht, dass eine Wechselwirkung zwischen Kognition, Sensorik und Motorik besteht und sich dies in der Repräsentation von Denkprozessen widerspiegelt (Wiki Universität Potsdam). Smartphone-Experimente sind in der Lage, die Vorteile des Situierten Lernens (SW „Authentizität“) mit der „Embodied Cognition“ zu verbinden: Lernende können z. B. Beschleunigungsverläufe in Alltagssituationen quantitativ untersuchen und gleichzeitig das physikalische Phänomen mit dem eigenen Körper wahrnehmen (Abb. 1). Physikalische Theorien und Erkenntnisse werden dadurch nicht ausschließlich aus Messungen gefolgert, sondern gleichzeitig mit dem eigenen Körper „erlebt“. Ergebnisse einer Pilotstudie zu diesem Aspekt werden im Folgenden vorgestellt und diskutiert.

Forschungsfragen und Hypothesen

Die der Studie zugrundeliegende Forschungsfrage lautet: Hat die gemeinsam mit der quantitativen Messung erfolgende Wahrnehmung des physikalischen Phänomens mit dem eigenen Körper einen Einfluss auf das Lernen von Physik? Untersucht wurden folgende Hypothesen: Die Wahrnehmung des physikalischen Phänomens mit dem eigenen Körper führt zu einer größeren Leistung, einer größeren Motivation und einer größeren Wachheit verglichen mit der objektiven Messung alleine.

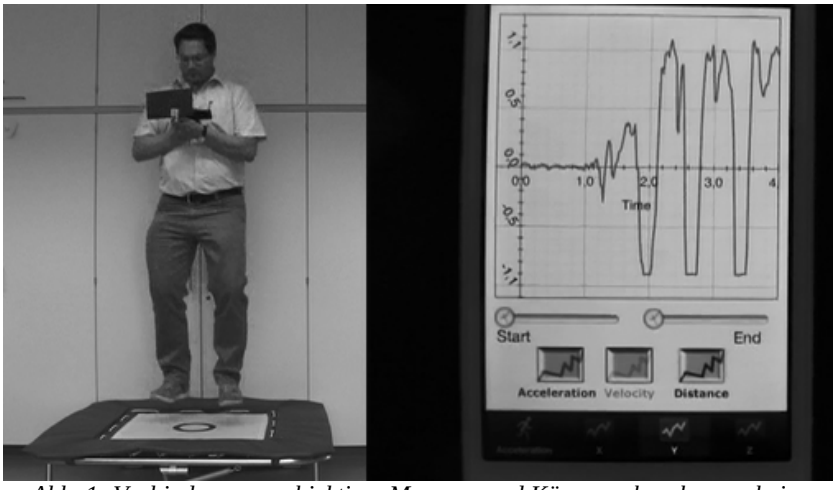


Abb. 1: Verbindung von objektiver Messung und Körperwahrnehmung beim Trampolinspringen; die Aufzeichnung des Beschleunigungsverlaufs erfolgte mit der iOS-App „Mobile Science – Acceleration“

Stichprobe, Variablen und Instrumente

Die Prüfung der Hypothesen erfolgte während des Sommersemesters 2014 in einem quasiexperimentellen Versuchs- und Kontrollgruppendesign (vgl. nächster Abschnitt) mit insgesamt 28 Studierenden (15 Studierende in EG, 13 Studierende in KG) und war eingebettet in zwei reguläre Lehrveranstaltungen an der Pädagogischen Hochschule Freiburg, welche sich an Studierende des 4. und 5. Semesters richteten (Studiengang Lehramt an Realschulen). Als abhängige Variablen wurden erfasst: Die themenspezifische Leistung mit offenen Aufgaben und multiple Choice-Fragen, die intrinsische Motivation sowie das Selbstkonzept (Kuhn, 2010) und die Skalen des Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogens (Gute/Schlechte Stimmung, Wachheit/Aktivität, Ruhe/Unruhe, Steyer, R. et al., 1997). Als Kovariate wurden das Geschlecht, die letzte Schulnote im Fach Physik, der Abiturdurchschnitt, das Fachwissen zur Mechanik (Brandenburger, 2015) sowie das Konzeptverständnis zu „Kraft und Bewegung“ (Überarbeitung des FKB-Tests, Wilhelm 2005) berücksichtigt.

Untersuchungsablauf

Der Untersuchungsablauf ist in Abb. 2 dargestellt. Die Untersuchung begann mit der Erfassung der abhängigen Variablen sowie der genannten Kovariate und schloss die Intervention an, welche vier Lehrveranstaltungen umfasste. In der Experimentalgruppe kamen dabei Smartphone-Experimente zum Einsatz, welche von den Studierenden in Partnerarbeit durchgeführt wurden. Zusätzlich zur objektiven Messung (diese wird bereits bei der Versuchsdurchführung auf dem Smartphone-Display grafisch veranschaulicht) nahmen diese Testpersonen das physikalische Phänomen auch mit dem eigenen Körper wahr. Im Gegensatz dazu erhielten die Studierenden der Kontrollgruppe zwar den gleichen Arbeitsauftrag, sie führten das Experiment jedoch nicht selbst durch. Stattdessen wurde ihnen ein Video der Versuchsdurchführung bereitgestellt, in welches auch das gefilmte Smartphone-Display eingebunden war, sowie ein auszuwertender Datensatz. Durch dieses Vorgehen unterschied sich die Intervention lediglich um den Aspekt der Körperwahrnehmung, mit welchem etwaige Unterschiede im zeitlichen Verlauf der abhängigen Variablen begründet werden kann. Auf die Intervention folgte eine Postmessung der abhängigen Variablen. Prä- und Posttests entsprachen einander, sodass zur Auswertung eine ANCOVA mit Messwiederholung zum Einsatz kommen konnte.

Woche	**Experimentalgruppe: Eigenes Experiment mit Körperwahrnehmung**	**Kontrollgruppe: Beobachtetes Experiment (Videoinstruktion)**
1	Motivationsprätest und Kovariate	
2	**Experiment 1: Beschleunigung bei einer Fahrstuhlfahrt**	
	Leistungsprätest	
	Realexperiment bzw. Videoinstruktion	
	Leistungsposttest, MDBF-Skalen	
3	**Experiment 2: Kraftrichtung bei gleichförmiger Kreisbewegung**	
	Leistungsprätest	
	Realexperiment bzw. Videoinstruktion	
	Leistungsposttest, MDBF-Skalen	
4	**Experiment 3: Beschleunigungsverlauf beim Trampolinspringen**	
	Leistungsprätest	
	Realexperiment bzw. Videoinstruktion	
	Leistungsposttest, MDBF-Skalen, Motivationsposttest	

Abb. 2: Untersuchungsablauf

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung sind in Abb. 3 grafisch dargestellt. Bezüglich der intrinsischen Motivation wie auch des Selbstkonzepts konnten keine signifikanten Unterschiede in der zeitlichen Entwicklung zwischen EG und KG beobachtetet werden. Gleiches gilt für den zeitlichen Verlauf der Leistung, wobei sich hier zumindest eine Tendenz zugunsten der EG zeigte – die Effektstärke ist mit $\eta^2 = 0{,}05$ fast mittelgroß, was einen Effekt in der Population vermuten lässt, der sich infolge geringer Teststärke (0,11) nicht signifikant zeigte. Ob dem tatsächlich so ist, müsste in einer Folgestudie mit größerem Stichprobenumfang geprüft werden. Wie Abb. 3 (unten, links) ebenfalls entnommen werden kann, ist der Leistungszuwachs über beide Gruppen hinweg gering, der Leistungstest also zu schwer oder nicht sensitiv genug. Dies kann damit begründet werden, dass die eingesetzten Experimente vorwiegend Präkonzepte thematisierten, welche bekanntlich als äußerst stabil gelten. Ähnlich wie bei der Leistung verhält es sich bei den MDBF-Subskalen: Hier ergeben sich durchweg hohe Effektstärken, jedoch nur bei der Skala „Ruhe/Unruhe“ ein signifikanter Unterschied ($\eta^2 = 0{,}26$).

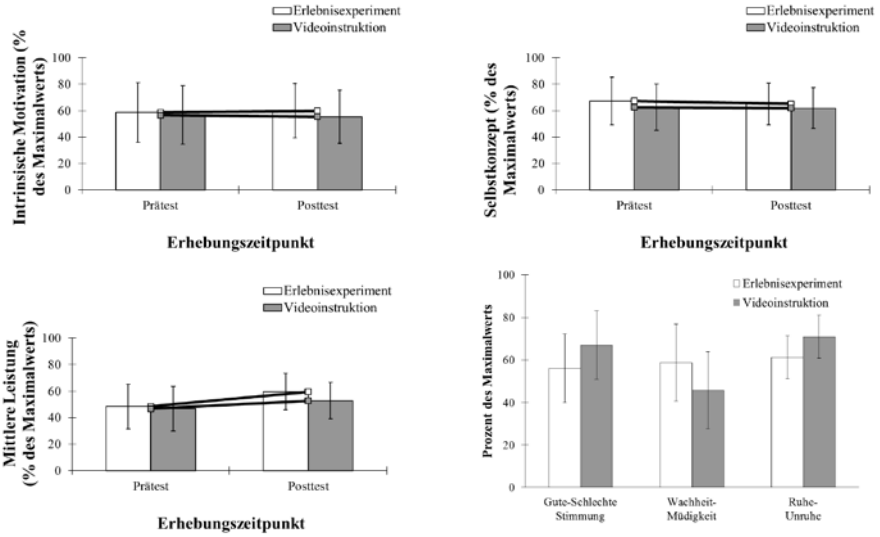


Abb. 3: Prä-Posttest-Vergleich der abhängigen Variablen (auf Kovariate adjustierte Werte)

Literatur

Beilock, S. L. & Hohmann, T. (2010). „Embodied Cognition“. Ein Ansatz für die Sportpsychologie. In: Zeitschrift für Sportpsychologie, 17 (4), 120-129.

Brandenburger, M. (2015). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden. An der PH Freiburg eingereicht Dissertationsschrift.

Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Efektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.

Repräsentation sozialen Wissens – Embodied Cognition. In: Wiki der Universität Potsdam, Department Psychologie, Sozialpsychologie. Verfügbar unter: http://socialcognition.wikispaces.com/Repr%C3%A4sentation+sozialen+Wissens+-+Embodied+Cognition (Stand: 10/2015)

Steyer, R., Schwenkmezger, P., Notz, P. & Eid, M.: Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF). Handanweisung. Göttingen: Hogrefe, 1997.

Wilhelm, T. (2005). Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch – ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung. Studien zum Physik- und Chemielernen (Band 46). Berlin: Logos Verlag.

Peter Wulff IPN Kiel
Knut Neumann
Stefan Petersen

Beating the Odds in Physics Competitions? Schülerinnen in der Physikolympiade

Die Physikolympiade dient der Identifikation und Förderung von hochleistenden Schülerinnen und Schülern im Bereich Physik (Campbell, Wagner, & Walberg, 2000). Sie besteht in Deutschland aus vier Auswahlrunden. In den ersten beiden Runden lösen die Teilnehmenden theoretische (und vereinzelt experimentelle) Aufgaben in Hausarbeit. In den folgenden Runden kommen die Teilnehmenden an renommierten Forschungsstandorten in der Bundesrepublik zusammen. Dort besteht – neben den theoretischen und experimentellen Klausuren – jeweils die Möglichkeit, Einblick in das Berufsleben von Forschenden und somit Einblick in die Physik als Wissenschaft zu bekommen.

Stand der Forschung

Untersuchungen von Lind (2001) zeigen, dass Teilnehmende der Physikolympiade ein überdurchschnittliches fachbezogenes Interesse und Selbstkonzept haben. Der sozioökonomische Status der Eltern ist hoch, zudem unterstützen sie ihre Kinder stark (Lind & Friege, 2004). Auffällig ist weiterhin, dass Teilnehmende im Wesentlichen männlich sind (Lind & Friege, 2004). Die Teilnehmendenstatistik der Physikolympiade zeigt, dass von 2009 bis 2014 im Schnitt 14 Prozent der Teilnehmenden in der ersten Runde Schülerinnen waren. Der Anteil von Schülerinnen am Nationalteam betrug in diesem Zeitraum weniger als 4 Prozent. Auch über die Auswahlrunden hinweg verlassen also überproportional viele Schülerinnen die Physikolympiade.

Als Ursachen für die geringe Beteiligung von Schülerinnen an der Physikolympiade konnten in Befragungen die Erwartungshaltungen von Eltern und Peers, die ungleiche Auswahl potentieller Teilnehmender durch Physiklehrkräfte aber auch eine geringe Passung des Wettbewerbs zu den Erwartungen und Vorstellungen von Schülerinnen identifiziert werden (Feng, Campbell, & Verna, 2005; Lengfelder & Heller, 2002). Bisher ist dabei unklar, aus welchen Motiven Schülerinnen an der Physikolympiade teilnehmen und warum sie gegebenenfalls über mehrere Runden hinweg dabeibleiben. Im vorliegenden Projekt sollten daher zunächst die beiden folgenden Fragen bearbeitet werden: (1) Welche Motive geben Schülerinnen an in der Physikolympiade teilzunehmen? und (2) welche Erfahrungen bewegen Schülerinnen dazu weiter an der Physikolympiade teilzunehmen? Die Beantwortung dieser Forschungsfragen kann helfen, besser zu verstehen, welche Aspekte des Wettbewerbs gestärkt werden müssten, um die Attraktivität der Physikolympiade für Schülerinnen zu erhöhen.

Forschungsparadigma und -design

Die Physikolympiade als soziale Umgebung (vgl. Lamnek, 2010) bietet Schülerinnen und Schülern bestimmte Handlungsmöglichkeiten. Schülerinnen und Schüler nehmen diese Handlungsmöglichkeiten (bspw. Bearbeitung der ersten Aufgaben) wahlweise auf der Basis bestimmter – durch Interesse, Selbstkonzept, u.a. moderierter – Motive wahr. In der Auseinandersetzung mit der sozialen Umgebung entstehen dann Erfahrungen, die die originären Motive festigen – wenn erwartete und mögliche Handlungen zusammenpassen. Zur authentischen Erfassung solcher Motive, die zur fortgesetzten Teilnahme an der

Physikolympiade beitragen, wurden die Teilnehmerinnen der dritten Auswahlrunde 2015 befragt.
Die Befragung der Schülerinnen erfolgte mittels semi-strukturierter, fragengestützter Interviews. Gefragt wurde beispielsweise wie und warum die Teilnehmerinnen das erste Mal mit der Physikolympiade in Kontakt gekommen sind, welche positiven Erfahrungen sie in der dritten Runde gemacht haben und was man ihrer Meinung nach im Auswahlprozess verändern könnte. Zur Charakterisierung der Teilnehmenden wurden zudem soziökonomische Variablen in einem Fragebogen erfasst (nach Frey et al., 2009). Die vier Teilnehmerinnen der dritten Runde der Physikolympiade sind zwischen 17 und 18 Jahren alt. Alle besuchen Gymnasien und belegen einen Mathematik-Leistungskurs, zwei dazu einen Physik-Leistungskurs. Die Noten sind mit einem Mittelwert von 1,2 über alle Fächer und 1,1 für die MINT-Fächer überdurchschnittlich. Die Eltern arbeiten überwiegend im naturwissenschaftlichen Bereich (Medizin eingeschlossen). Zwei der Teilnehmerinnen geben Medizin als Berufswunsch an, die anderen beiden physikalische Berufe (zum Zeitpunkt der Abfassung studiert eine Teilnehmerin bereits Physik).

Die Transkripte wurden mittels *Constant Comparative Analysis* kodiert (Corbin & Strauss, 1990). Zunächst sind dazu zwei große Kategorien kreiert worden, die den Forschungsfragen entsprechen: (1) Motive teilzunehmen und dabeizubleiben und (2) Erfahrungen während der Physikolympiade. Anschließend wurden in diesen Kategorien übergreifende Pattern aller Transkripte identifiziert.

Ergebnisse

Bezogen auf die erste Forschungsfrage ergaben sich drei Kategorien: Gefühl (oder nicht) kompetent genug zu sein, um bei der IPhO teilzunehmen; intensive Beschäftigung mit den Physikaufgaben der 1. Runde und Ermunterung durch Lehrer und Peers[1]. Im Folgenden wird auf die letzte Kategorie fokussiert, da diese den sozialen Charakter der Physikolympiade zum Gegenstand hat. In dieser Kategorie beschreiben die Teilnehmerinnen Interaktionen mit Lehrern, Mentoren, Peers oder Familienangehörigen, welche ihre Teilnahme mit angeregt oder verhindert haben. Neben obenstehendem Textauszug ist folgender Auszug exemplarisch für alle vier Teilnehmerinnen: "*und da hab ich halt auch schon son paar Leute kennengelernt* […] *aber ich kannte halt auch noch Leute, also zum Beispiel kannte ich Teilnehmer, die schon bei der IPhO* [Internationale Physikolympiade, Verf.] *teilgenommen haben und jetzt auch noch teilnehmen und die haben halt auch, also die haben halt erzählt, dass es eigentlich auch ganz schön ist, und ich hab dann auch gedacht, dass es dieses Jahr eigentlich auch ganz schön ist und mein Lehrer hat mich auch gefragt, ob ich mitmachen möchte, und ähm dann hab ich das dieses Jahr mal noch versucht.*" (TN 1)

Für die zweite Forschungsfrage ergaben sich zwei Kategorien: Engagement mit Physikaufgaben und Soziale Umgebung IPhO. Auch hier wird aus den genannten Gründen zunächst auf letztere Kategorie fokussiert. In dieser beschreiben die Teilnehmerinnen Interaktionen, die sie mit anderen Teenagern haben, wenn sie in der Physikolympiade teilnehmen, oder mit Erwachsenen im Wettbewerb (Mentoren, Organisatoren etc.). Beispielhaft seien hier folgende zwei Auszüge angeführt: "*Also ich glaube das Beste ist eigentlich, dass man hier so viele andere Leute kennenlernt, die halt auch so gerne Mathe/Physik machen und wo man dann mal nicht so der absolute Außenseiter ist.*" (TN 4)

[1] In der Redaktion dieses Textes betonte eine Teilnehmerin nochmals, dass Peers bei ihr ausschließlich Teilnehmende anderer Olympiaden und Akademien waren. Bei der Anerkennung ihren Engagements in der Physikolympiade durch ihren Physiklehrer auf einer sozialen Plattform hat die Teilnehmerin gemerkt, dass gerade Mitschülerinnen und Mitschüler dieses Engagement kritisch kommentierten.

und "*Also was ich ganz spannend finde ist sich mit Gleichgesinnten auszutauschen, welche Erfahrungen die so gemacht haben.*" (TN 2)

Diskussion und Ausblick

Obwohl die Teilnehmerinnenzahl gering war (und die Ergebnisse nicht generalisierbar sind), deuten sich Befunde an, die konsistent mit anderen Forschungsergebnissen sind. Bezogen auf die Forschungsfragen erscheinen soziale Unterstützungsnetzwerke für die Teilnahme und Persistenz als bedeutsam. Bezüglich der ersten Forschungsfrage zeigt sich, dass für die vier Teilnehmerinnen eine initiale Motivation durch Lehrer oder Peers gegeben war, an der Physikolympiade teilzunehmen. Bezogen auf die zweite Forschungsfrage betonen die Teilnehmerinnen die persönliche Bedeutung sozialer Interaktion während der Physikolympiade. Die Unterstützungsnetzwerke in der Schule und im Wettbewerb ergänzen sich hierbei gegenseitig, da die Teilnehmerinnen in beiden sozialen Umgebungen agieren. Abbildung 1 verdeutlicht die gegenseitige Abhängigkeit von Unterstützungsnetzwerken vor und während der Physikolympiade, die die Teilnahme und Persistenz der befragten Teilnehmerinnen begünstigte.

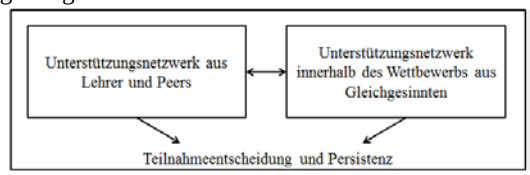


Abbildung 1: *Rekonstruktion der Entscheidung zur Teilnahme und Persistenz junger Frauen in der Physikolympiade (Modell reflektiert nur Teilaspekte der Ergebnisse).*

Unterstützungsmaßnahmen zur Erhöhung des Anteils von Schülerinnen in der Physikolympiade betreffen einerseits die Lehrkräfte an den Schulen. Diese müssen gezielt Schülerinnen dazu ermuntern an Physikkursen und der Physikolympiade teilzunehmen (Lengfelder & Heller, 2002). Von Seiten der Wettbewerbsorganisation können zusätzliche Anstrengungen, die den Teilnehmerinnen während der Physikolympiade ein Gefühl sozialer Unterstützung vermitteln, dazu beitragen, dass Teilnehmerinnen positive Erfahrungen mit Physik machen.

Literatur

Campbell, J. R., Wagner, H., & Walberg, H. J. (2000). Academic Competitions and Programs Designed to Challenge the Exceptionally Talented. In K. Heller, F. Monks, R. Sternberg, & R. Subotnik (Eds.), *International handbook of giftedness and talent* (2nd ed., pp. 523–535). Oxford, UK: Pergamon.

Corbin, J., & Strauss, A. (1990). *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*: SAGE Publications.

Feng, A. X., Campbell, J. R., & Verna, M. A. (2005). *Understanding Gender Inequity in America: Interviews with Academic Olympians*. Retrieved from http://www.olympiadprojects.com/v2/pubs_web%5Cch5_SS.pdf

Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., . . . Pekrun, R. (2009). *PISA 2006 Skalenhandbuch: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Lamnek, S. (2010). *Qualitative Sozialforschung*: Beltz. [sub verbo: Interpretatives Paradigma]

Lengfelder, A., & Heller, K. A. (2002). German Olympiad Studies: Findings from a Retrospective Evaluation and from In-Depth Interviews. Where Have all the Gifted Females Gone? *Journal of Research in Education, 12*(1), 86–92.

Lind, G. (2001). *Herausforderung, Selbstbestätigung durch Erfolg, Erfahrung der eigenen Grenzen: Eine Befragung ehemaliger Teilnehmer der Physikolympiade*. Kiel.

Lind, G., & Friege, G. (2004). The Personality of a Successful PhO-Participant: An Investigation. *Physics Competitions, 6*(1), 81–89.

Kathrin Steckenmesser-Sander Justus-Liebig-Universität Gießen
Claudia von Aufschnaiter

Geschlechtsspezifische Unterschiede beim Experimentieren

Studien zur Interessensforschung zeigen ein unterschiedlich hoch ausgeprägtes Sachinteresse an Physik von Mädchen (niedriger) und Jungen (höher). Das Sachinteresse der Mädchen sinkt zudem in der Sekundarstufe I stärker ab als das der Jungen (Baumert et al., 1997; Brotman & Moore, 2008; Buccheri, Gürber & Brühwiler, 2011; Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998). Anknüpfend an diese Befunde wurde innerhalb unserer Studie untersucht, ob sich Mädchen und Jungen auch im Prozess der Bearbeitung von physikbezogenem Lernmaterial unterscheiden. Es wurde ferner analysiert, ob es Zusammenhänge zwischen dispositionalen Personenmerkmalen und den Prozessen des Erlebens und Lernens gibt. Die Dispositionen, zu denen das individuelle themenspezifische Sachinteresse an Physik, das individuelle allgemeine physikbezogene Sachinteresse und die physikbezogene Selbsteinschätzung zählen, wurden mit einem Fragebogen erfasst. Die Prozessfaktoren wurden mit Hilfe von Videos untersucht und dabei unterteilt in Persistenz, soziale und kognitive Dynamiken sowie emotional-motivationale Erfahrungen (siehe Abb. 2). Die sozialen Dynamiken umfassen u. a. die Aktivitäten der Schülerinnen[1], die kognitiven Dynamiken beinhalten die Zuweisung von Konzeptualisierungsniveaus und der fachlichen Angemessenheit. Zu den emotional-motivationalen Erfahrungen zählt u. a. die Gruppendynamik der Schülerinnen.

Forschungsfragen

- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede weisen Mädchen und Jungen in Bezug auf …
  …ihr individuelles themenspezifisches Sachinteresse an Physik,
  …ihr allgemeines physikbezogenes Sachinteresse und
  …ihre physikbezogene Selbsteinschätzung auf?
- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede gibt es zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf ihre…
  …sozialen Dynamiken?
  …kognitiven Dynamiken?
  …motivational-emotionalen Erfahrungen?
- Weisen Schülerinnen mit einer hohen Ausprägung in den einzelnen Dispositionen andere Ausprägungen in den Prozessfaktoren auf als Schülerinnen mit einer niedrigen Ausprägung?

Design und Datenauswahl

Die Daten wurden im Schülerlabor PiA (Physik in Aktion) an der JLU Gießen erfasst. Innerhalb des ersten Besuchsteils eines Besuchstages im Schülerlabor wurden die Schülerinnen zunächst zu ihren Dispositionen mit einem Fragebogen befragt (ca. zehn Minuten) und danach über ca. 70 Minuten während der Bearbeitung des Lern- und Experimentiermaterials videographiert. Die Schülerinnen bearbeiteten das Lernmaterial dabei in geschlechtshomogenen Zweiergruppen, deren Zusammensetzung sie frei wählen konnten. Der Fragebogen wurde von insgesamt 1430 Schülerinnen der Klassen 5 bis 11 ausgefüllt, wobei 267 Schülerinnen der Klasse 6 angehörten und 437 der Klasse 8. Die Skalen des Fragebogens weisen eine mittlere bis hohe Reliabilität auf (.80 – .91). Aus den Klassen 6 und 8 wurden jeweils sechs Videos von Mädchen- und sechs Videos von Jungengruppen – insgesamt 48 Schülerinnen – bei der Bearbeitung des Themas Schwimmen und Sinken analysiert. Zur

[1] Schülerinnen steht stellvertretend für Schülerinnen und Schüler

Analyse der Videodaten wurde ein ausführlicher Kodierleitfaden entwickelt (für Details s. Steckenmesser-Sander, 2015, sowie Abb. 2 für eine Übersicht über die Kodiervariablen).

Ergebnisse der Fragebogen und Videoanalysen

In Bezug auf die Dispositionen der Schülerinnen konnte wie erwartet festgestellt werden, dass Mädchen im Vergleich zu Jungen ein signifikant niedrigeres allgemeines physikbezogenes Sachinteresse (t = 6.07; p = .000; d = 0.46; Abb. 1 links) und eine signifikant niedrigere physikbezogene Selbsteinschätzung (t = 5.47; p = .000; d = 0.41; Abb. 1 rechts) aufweisen (u. a. Baumert et al., 1997; Brotman & Moore, 2008; Buccheri et al., 2011; Hoffmann, 2002; Hoffmann et al., 1998; OECD, 2007; Schilling et al., 2006). Entgegen der Erwartung weisen die Mädchen signifikant höhere Werte beim themenspezifischen Sachinteresse an Physik auf (t = 4.71; p = .000; d = 0.36; Abb. 1 mittig). In Bezug auf die Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen zeigen sich in den Klassenstufen 5, 7 und 9-11 tendenziell ähnliche Ergebnisse bei den drei Skalen des Fragebogens. Der Vergleich der Klassenstufen 6 und 8 zeigt, dass die Schülerinnen der Klasse 6 erwartungsgemäß ein signifikant höheres themenspezifisches Sachinteresse an Physik (t = 3.67; p = .000; d = 0.29) und ein signifikant höheres allgemeines physikbezogenes Sachinteresse (t = 6.26; p = .000; d = 0.49) aufweisen. Kein Unterschied zeigt sich in der physikbezogenen Selbsteinschätzung (t = 0.29; p = .769; d = 0.02).

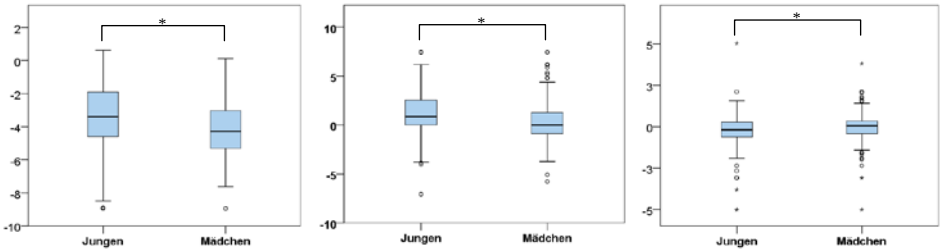


*Abb. 1: links: allgemeines physikbezogenes Sachinteresse; mittig: physikbezogene Selbsteinschätzung; rechts: themenspezifisches Sachinteresse an Physik (*p < .05)*

Im Prozess konnten entgegen der Erwartung nur relativ wenige Unterschiede zwischen den Geschlechtern festgestellt werden. Bei der Variablen „Aktivitäten“ weisen Mädchen signifikant länger den Wert *Zuschauen und Zuhören* auf (t = 2.71; p = .003; d = 0.78), verhalten sich also in der Tendenz eher passiv (s. a. Rogge, 2010). Bei den kognitiven Dynamiken können keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern bei der Variablen „Fachliche Angemessenheit“ festgestellt werden. Bei der Variablen „Konzeptualisierung“ zeigt sich hingegen, dass Jungen (vor-) signifikant mehr *explizit regelbasierte* Äußerungen tätigen (t = 2.20; p = .033; d = 0.63), insbesondere mehr V*erallgemeinerungen* (t = 1.83; p = .075; d = 0.53). Mädchen tätigen (vor-)signifikant mehr *explorative* Äußerungen (t = 1.78; p = .081; d = 0.51) und dabei insbesondere mehr *Beschreibungen mit Vorlage* (t = 1.71; p = .094; d = 0.49) und mehr *Beschreibungen ohne Vorlage* (t = 1.71; p = .094; d = 0.49). Trotz ähnlicher Zeitanteile für fachliche Beiträge (im Mittel ca. 5%), unterscheidet sich also die Qualität der Äußerungen zwischen den Geschlechtern. In Bezug auf die Variable „Gruppendynamik“ wurde ermittelt, dass die Mädchen (vor-)signifikant höhere Werte in der Oberkategorie *Kooperativ* (t = 2.02; p = .049; d = 0.58) aufweisen. Bei Betrachtung der einzelnen Werte zeigt sich, dass die Mädchen mehr *Absicherungen* (U = 121.5; z = 3.14; p = .002; r = 0.46), mehr *Zustimmungen* (U = 179.5; z = 2.24; p = .025; r = 0.32) und mehr *Ablehnungen* tätigen (t = 1.77; p = .083; d = 0.51), wobei der letzte Wert der Oberkategorie *Konfrontativ* zugeordnet wird. Insgesamt weisen die Mädchen damit eine stärkere sprachliche Bezugnahme aufeinander auf.

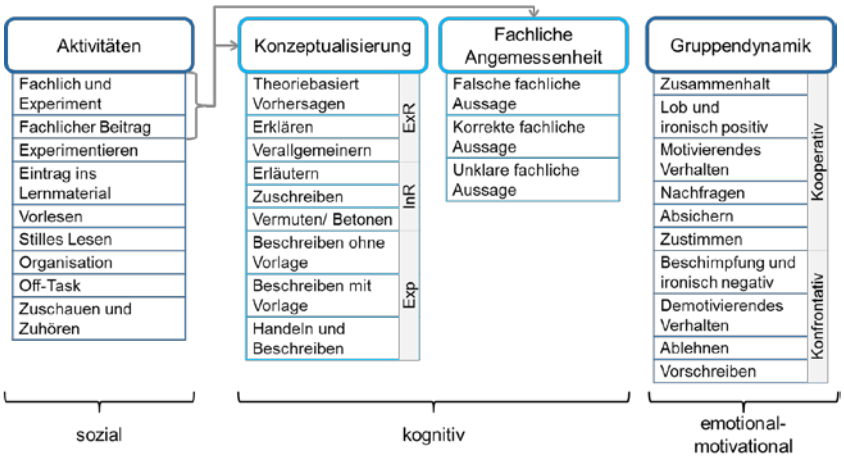


Abb. 2: Auszug aus dem Kodiersystem (Schülerinnenebene)
Exp: Explorativ; InR: Intuitiv regelbasiert; ExR: Explorativ regelbasiert

Im Kontrast von Klasse 6 und Klasse 8 konnten mehr Unterschiede bei der Variablen „Aktivitäten“ festgestellt werden. Jüngere Schülerinnen scheinen bei vielen organisatorischen Tätigkeiten häufiger gedanklich auszusteigen. Die Schülerinnen der Klasse 6 äußern weniger korrekte fachliche Beiträge, wohingegen sich fast keine Unterschiede bei der Variablen „Konzeptualisierung“ zeigen. Die vorliegenden Unterschiede bei der Variablen „Gruppendynamik“ deuten darauf hin, dass sich die jüngeren Schülerinnen der Klassen 6 weniger diszipliniert verhalten (für genauere Informationen s. Steckenmesser-Sander, 2015).

Die Analyse von Unterschieden in den Prozessfaktoren zwischen Schülerinnen mit hoher Ausprägung im Vergleich zu Schülerinnen mit niedriger Ausprägung in den Dispositionen ergab, dass ein höheres allgemeines Sachinteresse einhergeht mit weniger Zeit für fachliche und organisatorische Tätigkeiten und eher höheren Konzeptualisierungsniveaus. Ein höheres themenspezifisches Sachinteresse geht einher mit niedrigerer Interaktivität.

Literatur

Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Claudsen, M., Hosenfeld, I., . . . Neubrand, J. (1997). TIMSS. Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Opladen: Leske+Budrich.

Brotman, J. S., & Moore, F. M. (2008). Girls and science: A review of four themes in the science education literature. Journal of Research in Science Teaching, 45(9), 971-1002.

Buccheri, G., Gürber, N. A., & Brühwiler, C. (2011). The impact of gender on interest in science topics and the choice of scientific and technical vocations. Int. Journal of Science Education, 33(1), 159-178.

Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. Learning and Instruction, 12(4), 447-465.

Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.

OECD (2007). PISA 2006. Schulleistungen im internationalen Vergleich. Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen. Paris: OECD.

Rogge, C. (2010). Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen. Berlin: Logos.

Schilling, S., Sparfeldt, J., & Rost, D. (2006). Facetten schulischen Selbstkonzepts. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 20(1/2), 9-18.

Steckenmesser-Sander, K. (2015). Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen. Berlin: Logos.

Alexander Molz[1]
Jochen Kuhn[1]
Andreas Müller[2]

[1]TU Kaiserslautern
[2]Universität Genf

Lehren, Lernen & Forschen im Physik-Schülerlabor *iPhysicsLab*

Schülerlabore, Science Center und andere außerschulische Lernorte stellen eine fachdidaktisch relevante und lernpsychologisch gut begründete Entwicklung mit großem „Boom“ in den letzten 10 Jahren im deutschsprachigen Raum dar. Lerntheoretische Grundlagen hierzu finden sich sowohl in der Interessenforschung (Person-Object-Theorie of Interest (Krapp, 2003); Fähigkeitsselbstkonzept (Moschner, 2001); Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 1993)), als auch in der Theorie des kontextorientierten Lernens (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007). Hieraus erschließen sich wesentliche Grundzüge des Wirkungspotentials vieler Schülerlabore, wie Authentizität oder Kontextorientierung. Was die Wirksamkeit von Schülerlaboren betrifft, so hat die empirische Forschung der vergangenen Jahre jedoch mehrheitlich nur kurzfristige Catch-Effekte auf Motivation und Interesse der Lernenden diagnostizieren können. Mögliche Auswirkungen auf den Lernerfolg wurden bisher nur in geringem Umfang untersucht. Um nachhaltige Hold-Effekte und damit eine mittel- bis langfristige Steigerung von Interesse und Motivation zu erzielen und darüber hinaus Effekte auf die Lernleistung zu bewirken, fordern nahezu alle derzeit vorliegenden Studien eine bessere Einbindung des außerschulischen Lernortes Schülerlabor in den regulären Physikunterricht (Pawek, 2009; Itzek-Greulich 2015). Aus diesem Grund fokussiert die hier vorgestellte Arbeit auf die Frage einer wirksamen Vor- und Nachbereitung von Schülerlaboren innerhalb des schulischen Physikunterrichtes, zu der erste empirische Ergebnisse dargelegt und diskutiert werden.

Konzeption des Physik-Schülerlabors *iPhysicsLab*

Deutschlandweit haben sich mittlerweile eine Vielzahl von Schülerlaboren etabliert, die sich in Konzeption und Ausrichtung jedoch maßgeblich unterscheiden und bei genauerer Betrachtung verschiedenen Kategorien zuzuordnen sind (Haupt, 2013). Hierbei ist das iPhysicsLab im Wesentlichen als klassisches Schülerlabor anzusehen, das zusätzlich sowohl Aspekte eines Lehr-Lern-Labors beinhaltet, als auch der Wissenskommunikation dienen soll. Die Grundkonzeption ist modulartig angelegt. Im Zentrum eines jeden Themenmoduls steht die Experimentierphase im Schülerlabor an der Universität. Deren Einbettung in den Physikunterricht geschieht in Form von je einer Vor- und einer Nachbereitungsstunde, die in der jeweiligen Schule stattfindet. Hierfür werden eigens konzipierte Materialien zur Verfügung gestellt. Die Hauptfunktion dieser Materialien liegt in der gezielten Vernetzung von Vor- und Nachbereitungsphase mit der Experimentierphase. Die Verbindung dieser drei Phasen (Durchführung, Vor- und Nachbereitung) zu einer zusammenhängenden Lerneinheit soll die Effektivität, aber auch die Nachhaltigkeit des Schülerlabors signifikant erhöhen.

Theoretischer Hintergrund

Theoretische Grundlage der beiden nachfolgend beschriebenen Interventionsstudien bildet die Novelty Space Theory (NST). Sie beschreibt die Unvertrautheit der Lernenden mit einem außerschulischen Lernort in Form des Novelty Space, welcher nach Orion (1989) aus drei Subdimensionen besteht: Kognitive Dimension (fachlicher Inhalt), psychologische Dimension (persönliche Vorerfahrungen) und topographische Dimension (örtliche Gegebenheiten, Organisation). Cors, Müller und Robin (2015) erweitern den Novelty Space um eine vierte `Tinkering´-Dimension (spielend-forschender Umgang mit technischen Geräten). Nach

Anderson & Lucas (1997) sollte ein mittleres Novelty-Niveau zu einem maximalen Lernerfolg seitens der Lernenden führen.

Interventionsstudien

Im Rahmen empirischer Begleitforschung wurden zwei quasi-experimentelle Interventionsstudien im Versuchs-Kontrollgruppen-Design mit Prä-, Post- und Follow-up Test anhand der beiden Themenmodule „Dem Druck auf der Spur“ und „iRadioactivity – Chancen und Risiken radioaktiver Strahlung“ durchgeführt.

Interventionsstudie 1 (Dem Druck auf der Spur):

Hier wurde die Wirkung einer gezielten kognitiven Vor- und Nachbereitung auf Motivation und Lernerfolg untersucht. Die Stichprobe bestand aus 139 Lernenden der 9. Klassenstufe verschiedener rheinland-pfälzischer Gymnasien. Sie unterteilte sich in zwei Treatmentgruppen (TG1, TG2) und eine Kontrollgruppe (KG). Beide Treatmentgruppen besuchten das Schülerlabor der Universität, jedoch erhielt nur die TG1 den eigens dazu konzipierten, laborbezogenen Vor-/Nachbereitungsunterricht, wohingegen die TG2 einen vom zeitlichen Umfang identischen, jedoch konventionellen Physikunterricht besuchte. Die KG erhielt einen zum Schülerlabor inhaltsgleichen Unterricht gleicher Dauer am Lernort Schule samt laborbezogenem Vor-/Nachbereitungsunterricht (s. Abb. 1), denn nur ein Vergleich von schulischem Physikunterricht und Schülerlabor „auf Augenhöhe“ kann Auskunft über die Wirksamkeit und Sinnhaftigkeit von Schülerlaboren geben.

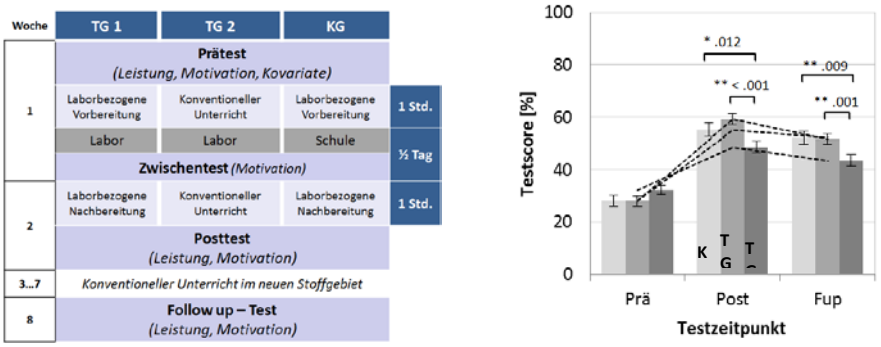


Abb.1: Studiendesign (links) und deskriptive Leistungsdaten (rechts; Mittelwert, Standardfehler des Mittelwertes; Signifikanzniveau 5%) der Interventionsstudie 1.

Abb. 1 zeigt die deskriptiven Daten der untersuchten Variablen Leistung und Motivation. Für die Variable Leistung zeigt die Kovarianzanalyse, dass TG1 und KG signifikant höhere Lernleistungsergebnisse aufweisen als TG2, und dies sowohl zum Post-, als auch Follow up-Zeitpunkt (Post: $F(2,144) = 11,22$, $p < 0,001$, $d = 0,83$; Follow up: $F(2,140) = 6,79$, $p < 0,001$, $d = 0,68$). TG1 und KG unterscheiden sich hingegen nicht signifikant voneinander. Für die Variable Motivation lässt sich am Tag der Schülerexperimente über alle Gruppen hinweg ein signifikanter Anstieg nachweisen. Zwischen den Gruppen treten allerdings zu keinem Testzeitpunkt signifikante Unterschiede auf.

Interventionsstudie 2 (iRadioactivity: Chancen und Risiken ionisierender Strahlung):

Unsere Hypothese ist, dass durch eine gezielte Vorbereitung für die nicht-kognitiven Dimensionen Topographie und Tinkering positive, nachhaltige Effekte auf Motivation und Lernerfolg, sowie auf Neugier und Cognitive Load erzielt werden können. Die Stichprobe bestand aus 78 Lernenden der 12. Jahrgangsstufe verschiedener rheinland-pfälzischer Gymnasien und unterteilte sich in drei Treatmentgruppen (TG1-3). Die Intervention findet in der Vorbereitungsstunde statt. TG1 erhält hier lediglich Basisinformationen, welche zur Durchführung des Schülerlabors essentiell sind. TG2 erhält zusätzlich Informationen zu örtlichen Gegebenheiten, sowie organisatorischem Ablauf des Schülerlabors (Topographie

Dimension). TG3 erhält alle Informationen wie TG2, zudem jedoch noch Informationen zu Umgang und Bedienung der durchzuführenden Experimente (Tinkering Dimension). Alle drei bereitgestellten Informationseinheiten wurden in Form von Video-Tutorials operationalisiert. Darüber hinaus enthält das Studiendesign keine weiteren gruppenspezifischen Treatmentunterschiede. Die Kovarianzanalyse zeigt zu keinem Testzeitpunkt und für keine der erhobenen Variablen signifikante Gruppenunterschiede. Eine mögliche Ursache hierfür könnte die nicht gelungene Novelty-Reduktion innerhalb der Tinkering Dimension sein, was sich in Form einer zwar hypothesenkonformen, aber zu schwach ausgeprägten Novelty-Abstufung zwischen TG2 und TG3 zeigt (Abb. 2).

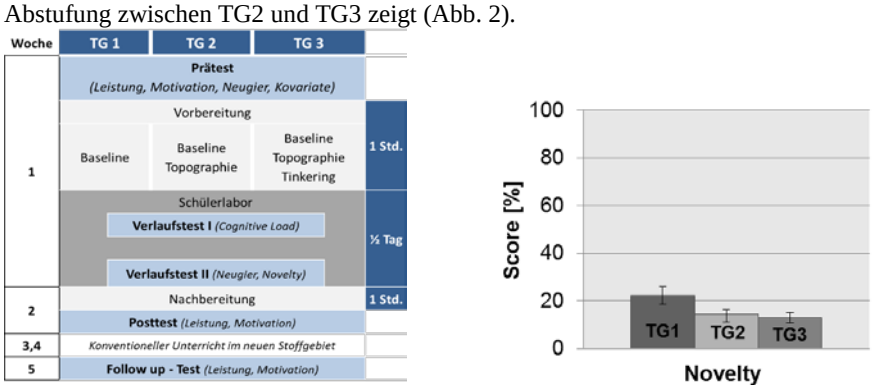


Abb.2: Studiendesign (links) und wahrgenommene Novelty am Labortag (rechts; Mittelwert, Standardfehler des Mittelwertes) der 2. Interventionsstudie.

Zusammenfassung

Das Interesse der empirischen Begleitforschung zum iPhysicsLab der TU Kaiserslautern liegt bei der Untersuchung der Einbettung von Schülerlaboren in den schulischen Physikunterricht und einer damit verbundenen, möglichen Steigerung ihrer Effektivität für Lernen und Motivation. Diesbezüglich konnte in einer Interventionsstudie gezeigt werden, dass die kognitive Einbettung von Schülerlaboren in Form einer Vor-/Nachbereitung deren Lernwirksamkeit signifikant erhöht. Auf motivationaler Ebene lassen sich dadurch jedoch keinerlei Effekte erzielen. Bezüglich einer nicht-kognitiven Einbettung von Schülerlaboren, finden sich in einer weiteren Studie erste Anzeichen, dass diese keinen signifikanten Einfluss auf Lernleistung, Motivation sowie Neugierde und Cognitive Load besitzt. Nicht zuletzt aufgrund der schwachen Novelty-Abstufungen sollte dies im Rahmen weiterführender Studien detaillierter untersucht werden.

Literatur

Krapp, A. (2003). Interest and human development: An educational-psychological perspective, Development and Motivation, 57-84

Moschner, B. (2001). Selbstkonzept. In D. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Weinheim: Beltz PVU, 629-635

Deci, E. & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39(2), 223-238

Pawek,C.(2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler der Mittel-und Oberstufe. http://eldiss.unikiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003669.Kiel.

Haupt, O. et al.(2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU 66/6. Neuss: Seeberger Verlag, 324-330

Orion, N. (1989). Development of a High-School Geology Course Based on Field Trips. Journal of Geological Education, 37, 13-17.

Cors, R., Müller, A., Robin, N. (2015, March 20-21). Advancing Informal MINT Learning: Preparation and Novelty at a Mobile Laboratory. New Perspectives in Science Education, Florence, Italy.

Anderson, D., Lucas, K. (1997). The Effectiveness of Orienting Students to the Physical Features of a Science Museum Prior to Visitation. Research in Science Education, 27(4), 485-495.

Tobias Mühlenbruch
Volkhard Nordmeier
Freie Universität Berlin

Design-Based Research im Praktikum – Untersuchung der Usability und Wirksamkeit einer neuen IBE-Generation

Im Rahmen des Projekts Technology SUPPORTed Labs (TSL) werden bedarfsgerechte Medien für Experimentalpraktika produziert und evaluiert. In diesem Artikel werden die produzierten Medien zweier Praktika sowie ihre Evaluation vorgestellt.

Das Projekt TSL – Ausgangslage

Das Projekt Technology SUPPORTed Labs (TSL) hat den Auftrag, Experimentalpraktika der Freien Universität Berlin (FUB) durch Multimedia zu unterstützen und so zu verbessern. Dabei wird nach dem Design-Based Research-Ansatz (DBR-Ansatz) (vgl. z. B. Reinmann, 2005) vorgegangen. Um den Bedürfnissen der unterschiedlichen Praktika gerecht zu werden, wurde ein Standardvorgehen (vgl. Abb. 1) entwickelt, das neben einer adäquaten Zielgruppenorientierung auch eine hohe Qualität der Interventionen gewährleisten soll. Begonnen wird in jedem Praktikum mit einer Problem- und Bedarfsanalyse. Auf Grundlage dieser werden dann Interventionen entwickelt und in einem iterativen Prozess evaluiert und weiterentwickelt.

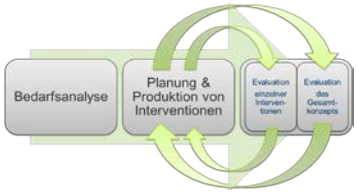


Abb. 1: Standardvorgehen im Projekt TSL gemäß DBR-Ansatz

Die Bedarfsanalysen wurden bereits in zwei Praktika abgeschlossen: dem physikalischen Praktikum für NaturwissenschaftlerInnen (NP) und dem physiologischen Praktikum der Veterinärmedizin (PPV). Die Ergebnisse der Bedarfsanalysen zeigen, obwohl die Praktika sich in ihrem grundsätzlichen Verlauf ähneln, eine unterschiedliche Bedarfslage und damit eine differente Ausgangslage für die Interventionsgestaltung auf (vgl. Mühlenbruch et al., 2014a, 2015; Gutzler et al., 2014; Rehfeldt et al., 2015):

Im NP ist einer der zentralen Befunde, dass die Vorbereitung auf den praktischen Teil des Versuches als nicht ausreichend empfunden wird. In diesem Praktikum wurden bisher noch keine Multimediaelemente eingesetzt, sodass hier mit der grundständigen Entwicklung des Multimediamaterials begonnen werden musste.

Im PPV hingegen gab es schon vor der Bedarfsanalyse Multimediaelemente, die neben einem PDF-Skript über das Learning Management System der FUB bereitgestellt wurden. Diese wurden zwar von den Teilnehmenden als hilfreich, aber teilweise als veraltet empfunden. Weiter bestand der Bedarf, die Gesamtstrukturierung der Vorbereitungsmaterialien zu überarbeiten.

Interventionsbeispiel im physikalischen Praktikum für NaturwissenschaftlerInnen

Informelle Beobachtungen eines Versuchs im NP haben gezeigt, dass die Studierenden Schwierigkeiten haben, Strom- und Spannungsmessungen korrekt durchzuführen. Sie wissen oft nicht, wie man ein Multimeter richtig einstellt und in den Stromkreis integriert.

Um auf diesen praktischen Teil vorzubereiten, wurde ein Interaktives Bildschirmexperiment (IBE) gestaltet, mit dem das Messen von Stromstärken und Spannungen in einfachen Stromkreisen gelernt werden soll. Das Experiment besteht aus einer Spannungsquelle, einem Steckbrett mit Steckbrücken, Lampen und einem Multimeter. Als Zusatzfunktion bietet das IBE einen interaktiven Stromlaufplan, der sich simultan der gesteckten Schaltung des Experiments anpasst. Weiter kann in diesem IBE die Feinsicherung des Strommessbereichs

‚durchbrennen'. In diesem Fall muss ein Reparaturvideo angeschaut werden, bevor weiterexperimentiert werden kann (vgl. Mühlenbruch et al., 2014b).
Das IBE wurde gemeinsam mit unterschiedlichen interaktiven Aufgaben in eine Lernumgebung als eSkript eingebettet. Gewählt wurde hier das tet.folio (zu finden unter https://tetfolio.fu-berlin.de), ein ePortfoliosystem der FUB, das es ermöglicht, alle Elemente ohne großen Aufwand miteinander zu verbinden. In dem so entstandenen interaktiven Lernmodul durchlaufen die Lernenden zunächst zwei Seiten, auf denen sie das Experiment kennenlernen. Dann üben sie die ersten Messungen am Experiment und müssen die Schaltung hinterher im interaktiven Stromlaufplan zusammenbauen. Auf den nächsten beiden Seiten werden die Schaltung komplexer und die Messaufgaben schwieriger. Zur Hilfe gibt es eine Rückmeldung zu den eingetragenen Messwerten und Seiten, auf denen das Messen erklärt wird.

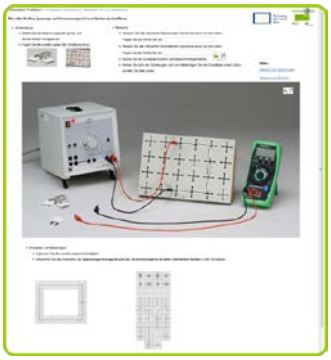


Abb. 2: Beispielseite des interaktiven Lernmoduls

Evaluation des Moduls

Die Evaluation soll Informationen über 1. die Gebrauchbarkeit (Usabillity) und 2. die Wirkung der Intervention liefern. Dazu wird die Intervention in den Praktikumsverlauf integriert. Die Probanden werden beim vorangehenden Versuch geworben und können so wärend ihrer Vorbereitung auf den entsprechenden Versuch das interaktive Lernmodul nutzen. Dabei wird ein *Eye Tracking* in Kombination mit einem *Think Aloud* durchgeführt. Dies soll vor allem Aufschluss über die Gebrauchbarkeit der Intervention geben. Zu identifizierende Kategorien sind dabei *fachliche Schwierigkeiten und fehlendes Vorwissen, Bedienbarkeit des IBE und der Software, Nutzung und Nutzen einzelner Funktionen, neue Anforderungen an die Weiterentwicklung* und *Programmfehler*.
Sowoh zur Aufnahme als auch zur Auswertung wird die Software OGAMA (http://www.ogama.net/) verwendet. Als Erweiterung, um mit OGAMA auch html5-fähige Browser aufnehmen zu können, wurde eine Benutzeroberfläche gestaltet, die ein voreingestelltes tracking startet. Die Auswertung geschieht u. a. videoanalytisch mit Hilfe des *Replay Moduls* und des *Fixations Moduls*, außerdem soll eine teilstatistische Auswertung mit Hilfe des *Areas of Interest Moduls* geschehen. Da das IBE aber veränderlich und die gesamte Seite scrollbar ist, musste das Modul zu diesem Zwecke erweitert werden. Durch den Erweiterungspatch ist es möglich, Slides im Nachhinein zu unterteilen und so temporäre *Areas of Interest* zu erstellen.
Nachdem die Studierenden den Praktikumsversuch durchgeführt haben, wird ein Interview mit ihnen durchgeführt, das aus zwei Teilen besteht. Der erste Teil ist ein themenzentriertes narratives Interview, in dem die Studierenden ihre Eindrücke und Erfahrungen schildern sollen. Dieser Teil soll hypothesengenerierend ausgewertet werden. Der zweite Teil fragt explizit die erlebte Veränderung der experimentbezogenen Selbstwirksamkeitserwartung ab. Zur Auswertung wurde von Wille et al. (in diesem Tagungsband) ein Kodierleitfaden entwickelt und validiert.

Interventionsbeispiel im Nebenfachpraktikum Physik

Im PPV gab es bereits multimediale Elemente, die neben dem Skript zur Versuchsvorbereitung zur Verfügung standen. Ziel war es, diese – da sie gemäß Bedarfsanalyse seitens der Studierenden teilweise als veraltet empfunden wurden – zu überarbeiten, und in eine neue Gesamtstruktur zu integrieren. Einige der vorhandenen Simulationen, die vorher im flash-Format vorlagen, wurden in html5 übersetzt und nur geringfügig geändert. Weitere Elemen-

te, wie ein Selbsttest, Videos und Audiomaterialien wurde überarbeitet und gemeinsam in den Skripttext integriert. Auch hier wurde für das so entstandene neue eSkript das tet.folio als Grundlage genutzt.

Evaluation des Medienpakets

Da die einzelnen Simulationen mit ihren Aufgabenstellungen bereits erprobt waren, wurden zwei Fokusgruppen durchgeführt, die Aufschlüsse über die Akzeptanz des neuen eSkriptes, sowie seine Gebrauchbarkeit geben sollten. Die Fokusgruppen fanden unmittelbar nach der Durchführung des Versuchs statt, auf den die Studierenden sich mit dem neuen eSkript vorbereiten konnten. Die Fokusgruppen bestanden aus 11 Teilnehmenden (10w, 1m) und 13 Teilnehmenden (10w, 3m). Den Fokusgruppen lagen fünf Leitfragen zu Grunde:

- Welche grundlegenden Eindrücke zum neuen eSkript liegen vor?
- Wo gab es Probleme oder Schwierigkeiten beim Gebrauch der Software?
- Gibt es Verbesserungsvorschläge für die Gestaltung des eSkripts?
- Was wird als besonderer Mehrwert beim neuen eSkript empfunden?
- Was wird als Nachteil zum bisherigen Skript empfunden (unter Voraussetzung, dass alle Fehler und Nutzerschwierigkeiten behoben wurden)?

Als zentrale Ergebnisse der Fokusgruppen geht hervor, dass die Studierenden einen besonderen Mehrwert in der zusammenhängenden Darstellung des Skriptes mit den integrierten Medien sehen. Die Studierenden wünschen sich, dass weitere Skripte zu Versuchen des Praktikums auf diese Art umgesetzt werden. Außerdem geht aus den Fokusgruppen hervor, dass die Studierenden sich zusätzliche Funktionen wünschen bzw. das Fehlen bestimmter Funktionen bemängeln.

Die von den Studierenden genannten Funktionen sind alle bereits im tet-folio vorhanden. Die meisten von ihnen werden auch auf einer dem eSkript vorangestellten Seite eingeführt, die die Studierenden jedoch in der Regel nicht gelesen haben. Hier wünschten sich die Studierenden Videotutorials.

Weiter können kleine Verbesserungen am eSkript vorgenommen werden, die einzelne Funktionen betreffen.

Das Projekt SUPPORT wird im Rahmen des Hochschulpaktes durch das BMBF gefördert.

Literatur

Gutzler, Tobias; Rehfeldt, Daniel; Nordmeier, Volkhard (2014): TSL: Bedarfsanalyse in Praktika: Ein „neues“ Werkzeug zur Strukturerfassung. In: Sascha Bernholt (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) Jahrestagung. München, 2013. Münster, S. 100–102. Online verfügbar unter http://www.gdcp.de/images/tb2014/TB2014_100_Gutzler.pdf, zuletzt geprüft am 10.10.2014.

Mühlenbruch, Tobias; Rehfeldt, Daniel; Nordmeier, Volkhard (2014a): Qualitative Bedarfsanalyse im physiologischen Praktikum der Veterinärmedizin. In: Sascha Bernholt (Hg.): Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2014. Bremen. Münster: LIT, S. 217–419. Online verfügbar unter http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band35.pdf, zuletzt geprüft am 05.10.2015.

Mühlenbruch, Tobias; Rehfeldt, Daniel; Nordmeier, Volkhard (2014b): TSL: Interventionsgestaltung im Nebenfachpraktikum. In: Volkhard Nordmeier und Helmuth Grötzebauch (Hg.): PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. DPG Frühjahrstagung. Frankfurt. Online verfügbar unter http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/581/641, zuletzt geprüft am 05.10.2015.

Mühlenbruch, Tobias; Rehfeldt, Daniel; Nordmeier, Volkhard (2015): TSL: Bedarfsanalyse im physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler. GRAFCET: Ein „neues“ Werkzeug zur Strukturerfassung von Lehrveranstaltungen. In: Jurik Stiller (Hg.): Berlin- Brandenburgische Beiträge zur Bildungsforschung. Berlin, 7.-8-10.2013. IZBF.

Rehfeldt, Daniel; Mühlenbruch, Tobias; Nordmeier, Volkhard (2015): TSL: Ergebnisse einer quantitativen Studie zur Problemanalyse im Physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler. In: Jurik Stiller (Hg.): Berlin- Brandenburgische Beiträge zur Bildungsforschung. Berlin, 7.-8-10.2013. IZBF.

Reinmann, Gabi (2005): Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. In: Unterrichtswissenschaft 33 (1), S. 52–69.

Thomas Wilhelm Goethe-Universität Frankfurt am Main
Marlene Schiel

Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule

Unterrichtsrelevanz

Das Thema „Wolken“ kommt zwar in den meisten Bundesländern in der Sekundarstufe nicht vor, aber in der Grundschule ist es ein Standardthema. Die „Synopse der Lehrpläne der deutschen Bundesländer für das Fach Sachunterricht in der Grundschule“ von Efler-Mikat (2009) zeigt, dass in fast allen Bundesländern das Thema „Wetter“ vorgeschrieben ist, wozu auch Wolken gehören. Außerdem ist in allen Bundesländern das Thema „Wasser“ vorgegeben. Fast immer werden dabei explizit Aggregatszustandsänderungen genannt und fast immer auch der Wasserkreislauf in der Natur, womit das Verdunsten von Wasser, dessen Aufsteigen, die Wolkenbildung und das Regnen gemeint ist.

Nach der konstruktivistischen Auffassung ist das Vorwissen der Lernenden entscheidend. Im Unterricht aktivieren Schüler aber oft ungeeignete Vorstellungen. So besteht heute weitgehend Konsens darin, dass es für ein erfolgreiches Unterrichten von Physik wichtig ist, die Alltagsvorstellungen der Schüler zu kennen und zu berücksichtigen. Sonst ist die Gefahr groß, dass Lehrkraft und Lernende aneinander vorbeireden und sich missverstehen. Eine Lehrkraft muss diese Vorstellungen einerseits kennen, um im Unterrichtsgespräch den Schüler richtig zu verstehen, und anderseits, um den Unterricht angemessen zu planen. Dies gilt sowohl dann, wenn eine Konfliktstrategie geplant wird, als auch wenn ein kontinuierlicher Lernweg mittels Anknüpfen oder Umdeuten geplant ist. In vielen Gebieten der Physik sind diese Präkonzepte gut untersucht und heute ein Standardthema in der Lehrerausbildung. Dennoch gibt es einige kleine Randthemen, zu denen kaum publizierte Erhebungen vorliegen, wie z.B. das Thema „Wolken“.

Fachlicher Hintergrund

Fachlich gesehen sind Wolken eine sichtbare, in der Erdatmosphäre schwebende Ansammlung von Wassertröpfchen oder Eiskristallen. Da mit zunehmender Höhe der Luftdruck sinkt, sinkt auch die Temperatur. Steigt feuchte Luft auf, kann der Wasserdampf kondensieren oder resublimieren, falls Kondensationskeime bzw. Eiskeime z.B. in Form von Aerosolen vorliegen. Luft kann durch Konvektion, durch orographische Hebung an Gebirgen oder durch die Dynamik von Fronten, bei der sich unterschiedlich warme Luftmassen übereinander schieben, aufsteigen. Wolken befinden sich in 2 bis 10 km Höhe, in Bodennähe nennt man sie Nebel. Da Wolken Licht wellenlängenunabhängig streuen, erscheinen sie weiß oder grau. Nur bei dünnen Wolken (Cirrus, Cirrostratus) scheint der blaue Himmel durch. Die Wassertröpfchen in den Wolken haben einen Durchmesser von nur ca. 0,02 mm, während Regentropfen einen Durchmesser von 0,5 bis 5 mm haben. Für die Regenentstehung werden der Bergeron-Effekt, bei dem Eiskristalle Feuchtigkeit aus der Umgebung aufnehmen, und die Koaleszenz, bei der Eiskristalle sich beim Fallen vereinen, genannt.

Hinweise auf Fehlvorstellungen

Um sich dem Thema zu nähern, kann man sich Bilder von Wolken ansehen. Man findet dabei Bilder, in denen Wolken als etwas Festes, Stabiles dargestellt werden, auf denen man stehen kann. Außerdem werden Wolken als kuschelig weich und in blau dargestellt. Manchmal sind sie unrealistisch tief oder haben einen dicken, festen Rand. Offen bleibt, inwieweit Lernenden klar ist, dass solche Bilder nicht der Realität entsprechen oder sie davon beeinflusst werden.

In der unveröffentlichten Staatsexamensarbeit von Schieder (1997) zum Thema „Wetter“

wurden Schüler der 3. Jgst. interviewt und ihnen u.a. wenige Fragen zu Wolken und Kondensation gestellt. Bei der Kondensation von Luftfeuchtigkeit auf einem kalten Metallbecher meinten fast 50 %, dass das Wasser durch den Becher hindurchsickert. Ganz verschiedene Vorstellungen gab es zur Frage, aus was Wolken bestehen. Genannt wurden Nebel, Wasser, Schnee, Wasserdampf, Luft und Rauch. Praktisch keine Vorstellung gab es allerdings dazu, wie Wolken entstehen. Zur Frage, warum es regnet, gab es unterschiedliche Antworten: weil die Hülle einer Wolke platzt, weil eine Wolke schmilzt oder weil „sich das Wasser in den Wolken nicht mehr halten kann".

Forschungsdesign

Ziel der hier vorgestellten Untersuchung war, qualitativ festzustellen, welche Vorstellungen zu Wolken es bei Kindern gibt. Des Weiteren war die Frage, ob es bei Lehramtsstudierenden und Sachunterrichtslehrkräften Parallelen zu den Vorstellungen gibt. Dazu wurde bei den Schülern ein halboffenes Leitfadeninterview, z.T. in der Form eines „Experimentalinterviews", durchgeführt und ein Multiple-Choice-Fragebogen für Lehramtsstudierende und Sachunterrichtslehrkräfte erstellt. Diese Untersuchung fand im Rahmen einer Staatsexamensarbeit statt, für die nur zwölf Wochen Arbeitszeit vorgesehen war. So konnten nur ausgewählte, grundlegende Aspekte erfragt werden.

Leitfadeninterview

Interviewt wurden 16 hessische Kinder (2 Kindergartenkinder, 3 Erstklässler, 4 Zweitklässler, 4 Drittklässler und 3 Viertklässler). Die Interviews dauerten ca. zehn Minuten, wurden dann transkribiert und ausgewertet (Schiel 2015). Begonnen wurde mit einem Gespräch über ein vorgeführtes Experiment. Dann sollten die Kinder eine Wolke auf Papier malen und es folgte das Leitfadeninterview. Im Experiment wurde ein Glaszylinder mit heißem Wasser ausgewaschen, ein Streichholz darin ausgeblasen und das Gefäß mit einem aufgelegten Kühlpack abgekühlt, so dass Nebel entstand. Im Folgenden wird angegeben, welche Vorstellungen im Interview geäußert wurden. Aus Platzgründen kann dies nicht mit Zitaten belegt und nicht in allen Aspekten diskutiert werden. In Klammern wird jeweils angegeben, wie viele der 16 Kinder sich entsprechend äußerten.

Bei der Beschreibung des verwendeten Einstiegsexperiments wurde zwar auch von Dampf gesprochen (4 x), aber häufiger von Rauch (7 x Rauch bzw. Rauchwolke, 3 x Qualm, 1 x kleiner Nebel wie beim Kerzeausblasen und 3 x „Wolke" im Sinne von „Rauchwolke"). Die Hälfte gab eine Erklärung mit Temperaturen oder Temperaturunterschieden (8 x), wenige (2 x) aber auch Erklärungen, in denen nur das Streichholz als Ursache genannt wurde. Ein Drittel (5 x) nannte beides. Daraus ist zu folgern, dass dieses Experiment eher problematisch ist, da es Fehlvorstellungen unterstützt, wenn das Streichholzausblasen sichtbar ist.

Bei den gemalten Wolkenbildern haben die meisten (14 x) nur den Rand einer Wolke gezeichnet. Cumulus-Wolken sind tatsächlich scharf abgegrenzt, aber überall weiß vor blauem Himmel. Teilweise wurden beliebige Farben für Papier und Wolke gewählt, die Mehrheit (10 x) malte aber blaue Wolken. Wenige (2 x) haben die Wolken mit einer glatten Unterkante gezeichnet, wie man es auch von Cumulus-Wolken kennt.

Auf die Frage, woraus Wolken bestehen, wurden neben Formen von Wasser (Regen, Dampf, sichtbaren Wasserschleiern, Nebel, 4 x Wasser bzw. Wassertröpfchen) auch Gase genannt (4 x Luft, 1 x Luftwatte, 1 x Sauerstoff) und einmal mit Watte etwas Festes. Praktisch allen (15 x) war klar, dass man auf einer Wolke nicht stehen kann, wobei die Erklärung nicht unbedingt richtig war. Die Hälfte (7 x) glaubte, dass man dort eine gute Aussicht hätte, die andere Hälfte (7 x) denkt, dass man keine Aussicht hätte, sondern es wie im Nebel ist. In einer Wolke zu sein, wurde von der Hälfte (9 x) als unangenehm beschrieben (8 x nass, 3 x kalt) und von der Hälfte (9 x) mit angenehmen Eigenschaften (weich/sanft, kuschelig, sanft, schön). Interessant war auch die Vorstellung, dass man da selbst leicht ist und schwebt (2 x).

Die Hälfte (7 x) beschrieb Wolken als blau, bläulich oder weiß-blau, die andere Hälfte (8 x) als weiß, wobei auch grau und schwarz genannt wurde (3 x). Dunkle Wolken wurden auf Nachfrage mit Gewitter bzw. Regen in Verbindung gebracht (11 x). Wie das Wasser in die Wolken kommt, wurde nur von Viertklässlern gut beschrieben, während die anderen kaum Vorstellungen hatten. Einige meinten, dass das nichts mit der Sonne zu tun hat (5 x), andere (4 x) meinten, dass die Sonne aktiv das Wasser hochzieht. Da das alle Viertklässler sagten, ist das als ein durch den Unterricht erzeugtes Misskonzept zu deuten. Es regnet, weil zu viel Wasser/Regen in der Wolke ist (5 x), die Wolke selbst zu schwer ist (4 x) oder die Wolke aufgeht (1 x). Außerdem gab es religiöse Antworten (3 x) und finale Antworten (2 x), aber nur ein Kind sagte, es regnet wenn die Tropfen schwerer werden.

Fragebögen

Der Fragebogen war ein Multiple-Choice-Test, der aus Zeitgründen nur zehn Items hatte. Die Antwortalternativen wurden z.T. aus Schülerinterviews oder aus früheren Antworten in Klausuren übernommen. Teilgenommen haben 87 Lehramtsstudierende (86 % weiblich, 14 % männlich), die alle Sachunterricht studierten (aber nicht unbedingt Schwerpunkt Physik). Die Umfrage fand in einer einführenden Veranstaltung zu Beginn des Studiums statt, denn die Umfrage sollte sein, bevor das Thema im Studium behandelt wurde. Tatsächlich wurden die Themen Luftfeuchtigkeit, Kondensation und Wolkenbildung aber kurz vorher besprochen – für viele zum letzten Mal im Studium. Die 26 hessischen Sachunterrichtslehrkräfte erhielten den gleichen Fragebogen, ergänzt durch offene Fragen zu Unterrichtsinhalten (88 % weiblich, 12 % männlich, 26 – 64 Jahre alt). Als wichtig angesehene Inhalte wurden häufig die Entstehung von Wolken, Wolkenarten und Wolkenformen sowie die Auswirkungen von Wolken auf das Wetter bzw. Wolken zur Wettervorhersage genannt. In Klammern werden im Folgenden die Prozentsätze bei Studierenden und Lehrkräften angegeben.

Die meisten wussten, dass Wasser immer als Gas in der Atmosphäre aufsteigt (87 %, 96 %), nicht nur wenn es heiß ist (11 %, 4 %). Das wurde auch korrekt als Verdunsten bezeichnet (91 %, 96 %), selten als Verdampfen (8 %, 4 %). Einige wählten aber aus, dass Wolken außen eine Hülle haben (8 %, 8 %) oder innen einen Kern (8 %, 23 %) anstatt, dass sie innen und außen gleich sind (84 %, 69 %). Für viele bestehen Wolken nur aus gasförmigem Wasserdampf (35 %, 50 %) oder nur aus flüssigen Wassertropfen (22 %, 23 %) statt aus flüssigem Wasser und Eis (43 %, 27 %). „Wasser kondensiert“ bedeutet für viele schon, es regnet (27 %, 7 %) statt nur den Übergang von gasförmig in flüssige Tropfen (64 %, 81 %). Für die Bildung von Wassertropfen aus Wasserdampf geben die meisten korrekt die Abkühlung an (59 %, 73 %), während andere vereinfacht nur „genügend Feuchtigkeit“ auswählen (34 %, 23 %). Es regnet angeblich, wenn die Wolke zu schwer ist (14 %, 15 %), zu viele Tropfen in der Luft sind (37 %, 15 %) oder fachlich korrekter die Tropfen zu schwer sind (49 %, 62 %). Sehr viele glauben, dass man in einer Wolke sehr nass wird (36 %, 58 %), obwohl meist nur die Sichtweite geringer ist (62 %, 42 %). Die meisten wissen zwar, dass es Wolken in unterschiedlichen Höhen gibt (77 %, 88 %), aber bis in welcher Höhe sich Wolken befinden, ist eher unbekannt (bis 10 km: 36 %, 42 %).

Daraus folgt, dass in der Lehre mehr zu betonen ist, dass Wolken nichts anderes als Nebel sind und kein Objekt mit einer Hülle. Sie bestehen aus Wassertropfen und/oder Eiskristallen. Außerdem regnet es, wenn die einzelnen Tropfen zu schwer sind.

Literatur

Efler-Mikat, D. (2009). Synopse der Lehrpläne der deutschen Bundesländer für das Fach Sachunterricht in der Grundschule, IPN Kiel, urn:nbn:de:0111-opus-18135

Schiel, M. (2015). Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule, Staatsexamensarbeit Universität Frankfurt am Main, http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Wolken.pdf

Schieder, M.; Wiesner, H. (1997). Vorstellungen und Lernprozesse zum Thema Wetter in der Primarstufe. In: Behrendt, H. (Hrsg.). Zur Didaktik der Physik und Chemie, Alsbach: Leuchtturmverlag. S. 167-169

Daniel Laumann Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Stefan Heusler

Welche Stoffe sind „nicht“ magnetisch?

Die ersten Erfahrungen mit magnetischen Phänomenen sammeln Schülerinnen und Schüler bereits im Alltag sowie in der Grundschule. Typische Experimente zur Einführung in den Magnetismus untersuchen die Anziehung von Alltagsgegenständen durch einen Permanentmagneten (z. B. Appel et al., 2009). Während entsprechende Experimente im Sinne eines phänomenorientierten Zuganges geeignet erscheinen, um eine aktive Auseinandersetzung von Schülerinnen und Schülern mit den magnetischen Eigenschaften unserer Umwelt zu initiieren, sind die typischerweise resultierenden Schlüsse aus fachlicher und fachdidaktischer Perspektive problematisch. Typische Schlüsse weisen den untersuchten Gegenständen Attribute wie „wird (nicht) vom Magneten angezogen“ oder „ist (nicht) magnetisch“ zu.

Eine solche Kategorisierung in z. B. „magnetische“ und „nicht magnetische“ Stoffe widerspricht der fachlichen Tatsache, dass sämtliche Materie magnetische Eigenschaften besitzt und dementsprechend mit magnetischen Feldern wechselwirkt. Das beschriebene Experiment fokussiert in seiner dichotomen Unterteilung jedoch nur die Frage, welche der untersuchten Objekte ferromagnetische Eigenschaften besitzen, da nur diese magnetische Erscheinungsform auf Grund großer Effektstärken im beschriebenen Experiment beobachtet werden kann. Sämtliche in obigem Sinne „nicht magnetischen“ Stoffe unterliegen dem Dia- oder Paramagnetismus und müssen somit grundsätzlich auch als „magnetisch“ bezeichnet werden. Die typischen Effekte der Wechselwirkung zwischen dia- bzw. paramagnetischer Materie und magnetischen Feldern ist häufig jedoch um ein Vielfaches geringer, sodass diese Erscheinungen zunächst nicht direkt beobachtbar sind. Aus dieser Einschränkung ergibt sich, dass sowohl im Alltag als auch im Physikunterricht die Begriffe Magnetismus und Ferromagnetismus häufig synonym verwendet werden. Eine Analyse der magnetischen Eigenschaften der Elemente der Periodensystems offenbart jedoch, dass die überwiegende Mehrheit der Elemente dia- oder paramagnetische Eigenschaften aufweist und lediglich drei Elemente dem Ferromagnetismus zuzuordnen sind (Lide, 2005). Eine Reduktion der behandelten Phänomene und Fachinhalte im Bereich Magnetismus ist somit nicht kongruent mit den magnetischen Eigenschaften fast aller Stoffe unserer Umwelt.

Weiterhin lässt sich feststellen, dass neben den zahlreichen Anwendungen ferromagnetischer Stoffe, u. a. im Bereich der digitalen Datenspeicherung, auch die beiden anderen magnetischen Erscheinungsformen praktischen Nutzen aufweisen. Während Paramagnetismus u. a. in der Medizin die Magnetresonanztomographie (MRT) ermöglicht, stellen Supraleiter ideale Diamagneten dar. Eine aktuelle Fragebogenuntersuchung unter Lehrerinnen und Lehrern (N=113) im Rahmen des hier auszugsweise vorgestellten Projektes untersucht u. a. die Frage welchen Themenbereichen die Lehrenden den größten Bedarf an geeignetem Unterrichtsmaterial zuweisen. Bei einer Auswahl dreizehn unterschiedlicher Anwendungen und Naturphänomene ergibt sich vorläufig der größte Bedarf zu den Themen „Polarlichter“, „Diamagnetische Levitation“ sowie „MRT“. Die häufige Nennung der beiden letztgenannten Themen und weitere Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen weisen dia- und paramagnetischen Phänomenen somit auch aus Sicht von Lehrerinnen und Lehrern die Notwendigkeit einer für die Schule geeigneten Aufbereitung zu.

Obwohl die Bedeutung von Magnetismus für die Forschung in der Physik und im Allgemeinen auch für die Lehre unstrittig ist, weisen Studien Lernenden von der Grundschule (Barrow, 1987; Kopp & Martschinke, 2010) bis zur Universität (Maloney et al., 2001; Tanel & Erol, 2008) ein geringeres konzeptuelles Verständnis im Bereich

Magnetismus zu. Zusätzlich zeigt sich, dass die traditionellen Modelle zur Vermittlung von Magnetismus häufig fachliche Mängel aufweisen (z. B. Kuhn, 1995) und aktuellere Überarbeitungen oder Alternativen eben dieser (z. B. Waltner et al. 2011) insbesondere das Potential einer anschlussfähigen Vermittlung von Magnetismus beim Übergang zur Hochschule vermissen lassen.
Für eine Strukturierung und Modellierung der Fachinhalte im Bereich Magnetismus in der Hochschule ist es notwendig neben Ferromagnetismus auch dia- und paramagnetische Erscheinungen zu berücksichtigen. Alle genannten magnetischen Erscheinungsformen lassen sich auf der Ebene einzelner Atome ohne Quantenphysik nicht fundiert erklären. Als Grundlage für diese mikroskopischen Erklärungen ist es zunächst notwendig, einen phänomenologischen Zugang zu den Fachinhalten zu erlangen.
Die nachfolgend beschriebenen Experimente ermöglichen diesen phänomenologischen Zugang zu allen drei grundlegenden Ausprägungsformen von Magnetismus. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Experimente sich auf Grund preislich erschwinglicher Supermagnete und somit stark reduzierter technischer Voraussetzungen sowie der direkten Interpretation des Erfahrbaren auch zur Durchführung in der Sekundarstufe I und II eignen. Bei einer frühzeitigen Heranführung von Lernenden an die Phänomene des Dia- und Paramagnetismus in Ergänzung zu den bereits existierenden Ansätzen im Bereich Ferromagnetismus (z. B. Möller et al., 2013; von Aufschnaiter & Wodzinski, 2013) wird eine Reduktion von Magnetismus auf Ferromagnetismus vermieden, was sowohl für das Verständnis dia- und paramagnetischer technologischer Anwendungen, als auch für ein an die Hochschullehre anschlussfähiges Lehrkonzept von großer Bedeutung ist.

Konzeption des phänomenologischen Zugangs

Zur Untersuchung der magnetischen Eigenschaften eines Objektes wird zunächst mit Hilfe eines dünnen Fadens ein Pendel mit zwei Aufhängepunkten konstruiert. Das zu untersuchende Objekt bildet die Pendelmasse. Nähert man sich diesem Objekt mit einem starken Neodym-Magneten an, zeigt sich bei einem diamagnetischen Objekt eine Abstoßung und bei einem para- bzw. ferromagnetischen Gegenstand eine Anziehung im Vergleich zur ursprünglichen Ruhelage. Dieses Experiment schließt direkt an das zu Beginn erläuterte Einführungsexperiment an und ermöglicht über die Variation der Sensitivität der Messung durch die empfindliche Pendelkonstruktion sowie das starke Magnetfeld einen qualitativen Zugang zu Dia- und Paramagnetismus. Das Experiment eignet sich zur Demonstration der diamagnetischen Abstoßung von (pyrolytischem) Graphit oder der paramagnetischen Anziehung von Aluminium durch einen starken Neodym-Magneten und kann auf beliebige Materialien erweitert werden deren magnetische Eigenschaften näherungsweise der Größenordnung von Aluminium entsprechen.
Das zweite Experiment ermöglicht im Gegensatz zum vorherigen auf einfache Art und Weise eine quantitative Bestimmung magnetischer Eigenschaften. Bei diesem Experiment wird ein starker Neodym-Magnet auf einer elektronischen Waage (Genauigkeit 0,01 g) positioniert. Nach dem Austarieren der Waage wird ein zu untersuchendes Objekt in geringem Abstand oberhalb des Neodym-Magneten positioniert. Die Wechselwirkung zwischen Objekt und Magnet wirkt sich als Massenunterschied aus. Bei diamagnetischen Objekten stoßen sich Gegenstand und Magnet ab, sodass die Waage zusätzlich belastet wird und sich ein positiver Massenunterschied einstellt. Für die Anziehung zwischen einem paramagnetischen Objekte und dem Neodym-Magneten ergibt sich ein positiver Massenunterschied. Das Experiment eignet sich in seiner Konzeption zur Demonstration und Messung der magnetischen Eigenschaften von Wasser, Salz, (pyrolytischem) Graphit, Aluminium oder Glas.
Die Auswahl der Materialien beider Experimente berücksichtigt ausschließlich Gegenstände mit direktem Bezug zum Alltag der Lernenden. Während jedem Lernenden Graphit in Form

einer Bleistiftmine bekannt ist und auch Alufolie nahezu täglich genutzt wird, offenbaren die Experimente jedoch die ansonsten unbeobachteten magnetischen Eigenschaften. Die Verwendung von Materialien mit direktem Alltagsbezug ist von großer Bedeutung, da fehlende Bezüge zur Lebenswelt der Lernenden einen Hauptfaktor für geringen Erfolg naturwissenschaftlicher Lehre ausmachen (z. B. Rehm & Stäudel, 2010).

Die Experimente eignen sich zur grundlegenden Vermittlung der Phänomenologie unterschiedlicher magnetischer Ausprägungen, da sowohl die Wechselwirkung mit einem äußeren Magnetfeld unmittelbar demonstriert werden kann. Nutzt man zusätzlich einen Kompass zur Messung der Erhaltung einer möglichen Magnetisierung kann auch die im Gegensatz zum Ferromagnetismus nichtexistente Remanenz dia- und paramagnetischer Materie experimentell beobachtet werden. Die Magnetisierung eignet sich darüberhinaus als physikalische Größe zur Modellierung des Erfahrbaren und Übertragung der Experimente in einen theoretischen Rahmen, da sie einerseits die Beschreibung aller makroskopischen Beobachtungen ermöglicht und andererseits gemäß ihrer typischen Definition als Gesamtdipolmoment pro Volumen einen direkten Übergang zu den mikroskopischen magnetischen Momenten ermöglicht. Neben diesen fachlichen Gesichtspunkten können beide Experimente auch zur Diskussion typischer Fehlvorstellung im Bereich der Natur der Naturwissenschaften eingesetzt werden (McComas, 2002). Insbesondere ist an dieser Stelle das eingangs beschriebenen Einführungsexperiment zur Frage „Welche Stoffe sind *nicht* magnetisch?“ im Vergleich zum Ergebnis des Experimentes und der daraus resultierenden Folgerung zu unterscheiden.

Literatur

Appel, T., Küchenberg, F., Lohmann, D., Müller, M., Peters, G., Stumpf, R. & Voß, M. (2009). Spektrum Physik 5/6 Nordrhein-Westfalen. Braunschweig: Schroedel

Barrow, L.H. (1987). Magnet Concepts and Elementary Students’ Misconceptions. In J.D. Novak (Ed.), Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca, NY: University Press, 441-465

Kopp, B. & Martschinke, S. (2010). In K.-H. Arnold, K. Hauenschild, B. Schmidt & B. Ziegenmeyer (Hrsg.), Zwischen Fachdidaktik und Stufendidaktik. Wiesbaden: Springer VS, 189-192

Kuhn, W. (1995). Das Elementarmagneten-Modell, Praxis der Naturwissenschaften, 8 (44), 4-10

Lide, D.R. (2005). CRC Handbook of Chemistry and Physics. Boca Raton, FL: CRC Press

Maloney, D.P., O’Kuma, T.L., Hieggelke, C.J. & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. American Journal of Physics, 69 (7), 12-23

McComas, W.F., Clough, M.P. & Almazroa, H. (1998). The Role and Character of the Nature of Science in Science Education. In W.F. McComas (Ed.), The Nature of Science in Science Education – Rationales and Strategies. New York, NY: Kluwer Academic, 3-39

Möller, K., Bohrmann, M., Hirschmann, A., Wilke, T. & Wyssen, H.-P. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen - Primarbereich (Bd. 2). Seelze: Friedrich

Rehm, M. & Stäudel, L. (2010). Nature of Science – Erwartungen und Ansätze. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 21 (118/119), 14-15

Tanel, Z. & Erol, M. (2008). Students’ Difficulties in Understanding the Concepts of Magnetic Field Strength, Magnetic Flux Density and Magnetization. Latin American Journal of Physics Education, 2 (3), 184-191

Von Aufschnaiter, C. & Wodzinski, R. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen - Sekundarbereich (Bd. 3). Seelze: Friedrich

Waltner, C., Heran-Doerr, E., Rachel, A. & Wiesner, H. (2011). How iron becomes magnetized – the introduction of a model of ferromagnetism in secondary school physics. Physics Education, 46 (3), 259-264

Susanne Metzger
Maja Brückmann
Eva Kölbach

Pädagogische Hochschule Zürich

ESPri: Energiestudie zu Vorstellungen und Kontexten in der Primarstufe

In der Schweiz soll das Thema Energie gemäß dem neuen Lehrplan schon ab der 1. Klasse thematisiert werden. Daher stellt sich die Frage, welche intuitiven Vorstellungen Kinder in der Primarschule mit dem Energiekonzept verbinden und welche lebensweltlichen Bezüge (Kontexte) sie dabei interessant finden. Das Projekt ESPri (Energiestudie in der Primarstufe) widmet sich diesen Fragestellungen.

Vorstellungen zur Energie

In der Literatur (z. B. Duit, 1986, 1999; Solomon, 2008; Starauschek, 2008; Watts, 1993) gibt es Hinweise, dass junge Kinder Umwandlungsprozesse im Sinne einer Veränderung in Zusammenhang mit Bewegungen und Wärme erkennen, mengenartige Vorstellungen jedoch kaum vorhanden sind und das Erhaltungsprinzip zugunsten des Umwandlungsprozesses aufgegeben wird. Konkrete Ergebnisse für Kinder der ersten beiden Schuljahre liegen jedoch nicht vor.

Im Rahmen von ESPri1+2 soll deshalb der Frage nachgegangen werden, welches intuitive Energieverständnis Schülerinnen und Schüler der 1. und 2. Klassenstufe haben. Damit verbunden ist die Frage, wie das Verständnis solch junger Kinder getestet werden kann. Zur Beantwortung wurde ein Fragebogeninstrument entwickelt, bei dem das Multiple-Choice-Format hauptsächlich grafisch gestaltet ist und sich auf alltagsnahe Situationen aus der Lebenswelt der Kinder bezieht. Thematisiert werden verschiedene Energieformen und Energieumwandlungen: Lageenergie, Bewegungsenergie (z. T. sichtbar in Deformation beim Aufprall), elektrische Energie, chemische Energie (in Form von Nahrung) und thermische Energie. Der Fragebogen wurde mittels einer Interviewstudie mit „lautem Denken“ mit 6 Kindern vorpilotiert.

Nach einer entsprechenden Überarbeitung wurde der Fragebogen bei 221 Schülerinnen und Schülern im Kanton Zürich eingesetzt. Von den 105 Jungen und 116 Mädchen besuchten 142 die 1. und 79 die 2. Klasse. Die Kinder waren zwischen 6 und 9 Jahren alt (M = 7.3 Jahre, SD = 0.7 Jahre). Die Testzeit betrug jeweils 20 Minuten und der Test wurde durch eine Testleitung instruiert. Konkret bedeutete dies, dass jede Frage einzeln vorgelesen und auf einem Plakat gezeigt wurde. Spielzeuge oder Experimentiermaterialien, die in einer Aufgabe vorkamen, wurden jeweils demonstriert. Beispielsweise wurde ein Flüssigkeitsthermometer gezeigt und erklärt, was es bedeutet, wenn der „rote Strich“ (die Flüssigkeitssäule) höher oder weniger hoch ist. Die Antwortmöglichkeiten waren ausschließlich grafisch dargestellt, die Antworten konnten mittels Ankreuzen, Einkreisen oder Zuordnen einzelner Buchstaben oder Zahlen getätigt werden.

Während die Aufgaben zu mechanischen Phänomenen jeweils von sehr vielen Kindern beider Klassenstufen richtig gelöst wurden (siehe z. B. Abb. 1), traf dies für die Aufgaben zu thermodynamischen Prozessen nicht zu (siehe z. B. Abb. 2). Insgesamt kann aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass bei der untersuchten Stichprobe ein intuitives Verständnis für Energieumwandlungen vorhanden ist (mit Ausnahme des Bereichs der thermodynamischen Prozesse). Als Ausgangspunkt für Unterrichtseinheiten zum Thema

Energie bietet sich deshalb die Betrachtung von Energieumwandlungen an: Dort, wo sich etwas verändert, ist Energie im Spiel.

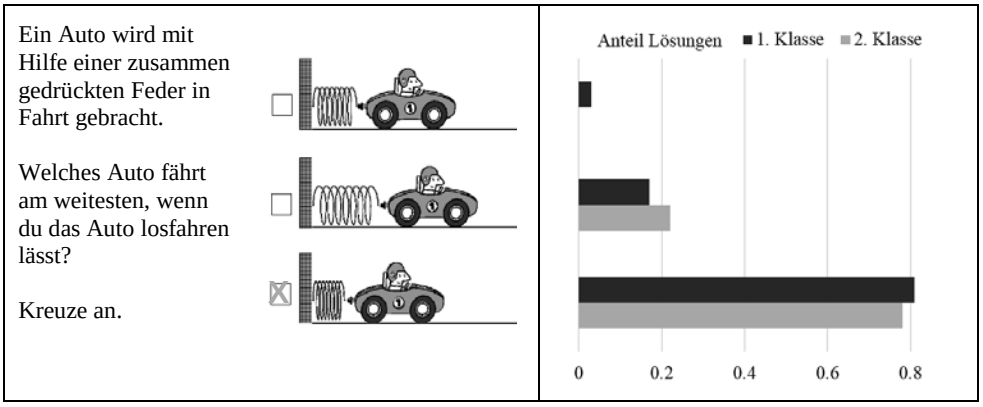


Abb. 1: Beispiel einer Aufgabe zur Umwandlung von Spann- in Bewegungsenergie inkl. Ergebnis der Testung (für richtige Lösung: $M_1 = 0.78$, $SD_1 = .42$; $M_2 = 0.81$, $SD_2 = .40$; $t(221) = -.497$, $p = .620$).

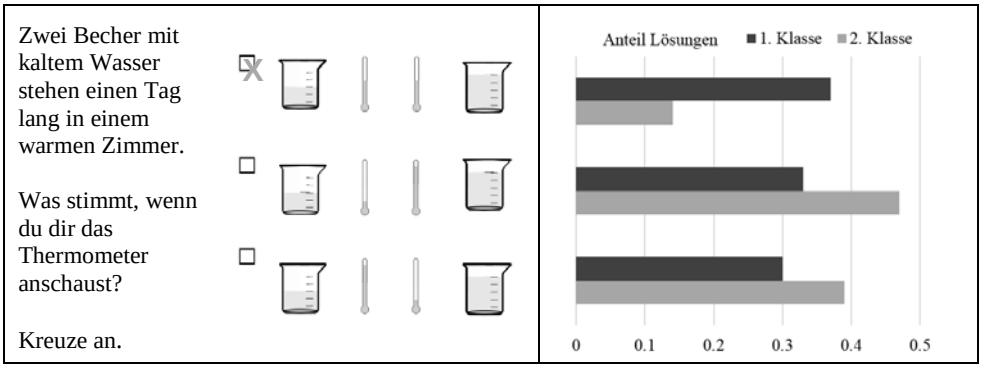


Abb. 2: Beispiel einer Aufgabe zu thermodynamischen Prozessen inkl. Ergebnis der Testung (für richtige Lösung: $M_1 = 0.37$, $SD_1 = .48$; $M_2 = 0.14$, $SD_2 = .35$; $t(214) = 3.625$, $p = .001$).

Kontextorientiertes Lernen beim Thema Energie

Ziele des kontextorientierten Lernens allgemein sind, Interesse zu wecken (z. B. Bennett et al., 2005), die Anwendbarkeit von Wissen zu verdeutlichen (z. B. Kuhn, 2010), Sinn zu stiften (z. B. Duit & Mikelskis-Seifert, 2007) und die Lernwirksamkeit zu erhöhen (z. B. Bennett & Holmann, 2002). Tatsächlich konnte gezeigt werden, dass kontextorientierter Unterricht die Lernmotivation und das Interesse steigert (Demuth et al., 2008; Osborne & Collins, 2001; Yager & Weld, 1999). Darüber hinaus haben Kontexte, die als persönlich relevant eingestuft werden, einen mediierenden Effekt auf das Interesse (Kölbach, 2011) und Kontexte, die das Merkmal Besonderheit aufweisen, werden als interessanter eingestuft als Kontexte, die alltäglich sind (van Vorst, 2012). Ähnlich wie zu den Vorstellungen liegen auch hier konkrete Ergebnisse nur für höhere Schulklassen vor.

Im Rahmen von ESPri^{K} wird deshalb untersucht, welche lebensweltlichen Kontexte Schülerinnen und Schüler der Primarstufe interessant finden. Darüber hinaus soll herausgefunden werden, welche Merkmale Kontexte aufweisen, die als besonders interessant

eingestuft wurden, und inwiefern es Unterschiede zwischen den Klassenstufen (3. bis 6. Schuljahr) oder den Geschlechtern gibt. Zu diesem Zweck wurden zunächst die beiden Kontextmerkmale Alltagsbezug und Besonderheit durch umschreibende, „kindgerechte“, adjektivische Schlüsselwörter operationalisiert (insgesamt ergaben sich acht Adjektivpaare für Alltagsbezug/Besonderheit). Zu 20 ausgearbeiteten Kontexten in biologischen, chemischen und physikalischen Bereichen wurden 16 Expertinnen und Experten gebeten, entsprechende Adjektive zuzuordnen. Darüber hinaus schätzen diese die Verständlichkeit der Kontexte und Adjektive für Primarschulkinder ein.

Durch die Auswertung der Expertenbefragung konnten 18 Kontexte mit (relativ) eindeutiger Merkmalszuordnung ausgewählt werden und daraus verschiedene Testhefte à 6 Items zusammengestellt werden. Diese werden aktuell in einer Stichprobe von ca. 350 Schülerinnen und Schülern der 3. bis 6. Jahrgangsstufe eingesetzt. Die Interessantheit der Kontexte wird dabei mithilfe eines Interessenfragebogens bewertet und die Merkmalszuordnung mittels Einkreisen von Wörtern vorgenommen. Die Befragung ist im Dezember 2015 abgeschlossen.

Literatur

Bennett, J., Gräsel, C., Parchmann, I. & Waddington, D. (2005). Context-based and conventional approaches to teaching chemistry: Comparing teachers‘ views. International Journal of Science Education, 27 (13), 1521–1547.

Bennett, J. & Holman, J. (2002). Context-based approaches to the teaching of chemistry: What are they and what are their effects? (Science & Technology Education Library). In J.K. Gilbert, O. Jong, R. Justi, D.F. Treagust & J. van Driel (Hrsg.), Chemical Education: Towards Research-based Practice (S. 165–184). Dordrecht: Kluwer.

Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (Hrsg.). (2008). Chemie im Kontext – Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts. Münster: Waxmann.

Duit, R. (1986). Untersuchungen zum Erlernen des Energiebegriffs. In R. Duit (Hrsg.), Der Energiebegriff im Physikunterricht (S. 168–255). Kiel: IPN.

Duit, R. (1999). Die physikalische Sicht von Wärme und Energie verstehen. Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, 10 (53), 10–12.

Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (2007). Kontextorientierter Unterricht. Wie man es einbettet, so wird es gelernt. Naturwissenschaften im Unterricht. Physik, 18 (98), 4–8.

Kölbach, E. (2011). *Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen*. Berlin: Logos

Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, *94* (5), 810–824. doi:10.1002/sce.20395

Osborne, J. & Collins, S. (2001). Pupils‘ views of the role and value of science curriculum: A focus-group study. *International Journal of Science Education*, *23* (5), 441–468.

Solomon, J. (1983). Learning about energy: how pupils think in two domains. *International Journal of Science Education*, *5* (1), 49–59. doi:10.1080/0140528830050105

Starauschek, E. (2008). Das Thema „Energie“ in der Grundschule. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung der GDCP in Essen 2007* (S. 167–169). Berlin: Lit.

van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H. & Sumfleth, E. (2014). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–11. doi:10.1007/s40573-014-0021-5

Watts, D.M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, *19*, 213–217.

Yager, R.E. & Weld, J.D. (1999). Scope, sequence and coordination: The Iowa Project, a national reform effort in the USA. *International Journal of Science Education*, *21* (2), 169–194.

Markus Peschel Universität des Saarlandes

Energie als Perspektivenvernetzender Themenbereich im Sachunterricht

Energie wird inzwischen auch im Sachunterricht der Grundschule behandelt, wobei das Thema in den verschiedenen Lehrplänen der Länder sehr unterschiedlich gewichtet ist. Meist geht es um einen phänomenorientierten Zugang, bei dem die Kinder Auswirkungen eines Energieeinsatzes, z.B. in Form von Erwärmung von Wasser oder bei Verbrennungsvorgängen, erfahren können. Oder es wird unter Themen, wie „Energiesparen", „Stromdetektive", etc. versucht, eine Umweltbildung zu vermitteln. Das eigentliche Potential, das dem Thema innewohnt, wird dabei allerdings meist nicht genutzt: Energie als fachliche Grundkonzeption zu verstehen, oder eine mehrperspektivische Betrachtung der vielfältigen Aspekte bei diesem umfassenden Thema findet zumeist nicht statt. Vielmehr wird Energie in der Grundschule innerhalb einer bestimmten Perspektive des Sachunterrichts (meist die naturwissenschaftliche P. oder die technische P.) zu einzelnen Aspekten erarbeitet. Beim Thema Energie „geht es auch um die Entwicklung von Einstellungen und Haltungen (vgl. z.B. Zografakis, Menegaki & Tsagarakis, 2008). Dazu gehört die grundlegende Aufgeschlossenheit, sich mit Fragen der Energie und Energieversorgung auseinanderzusetzen und eine eigene Position reflektiert und begründet zu vertreten (vgl. z.B. Dias, Mattos & Balestieri, 2004)." (Brückmann, Euler 2015). Der mehr- bzw. vielperspektivische Sachunterricht bietet hierfür viele Möglichkeiten an.

Der vielperspektivische Sachunterricht wird seit den ersten konzeptionellen Entwicklungen des Sachunterrichts Ende der 1970er Jahre einstimmig als zentrales Element der Gestaltung von Sachwissen betrachtet (vgl. Kaiser 2009). Die große Chance liegt darin, den Sachunterricht in übergreifenden Perspektivbereichen zu verstehen, die eben nicht die Fächer der Sekundarstufe oder die universitären Fakultäten abbilden, sondern die kindliche Sichtweise auf die Welt als Ausgangspunkt für eine sachbezogene Auseinandersetzung zu setzen. Dies rückt die Dialektik zwischen Fachlichkeit und Kindorientierung in den Mittelpunkt der didaktischen Auseinandersetzung und erfordert in der Konsequenz einen phänomenorientierten Zugang für die Entwicklung von Welt- bzw. Sachwissen (vgl. Köhnlein 2014, Wagenschein 1968). Es wurden aus fachdidaktischer Sicht fünf zentrale Perspektiven entwickelt, die in Hinblick auf die Vorbereitung auf die weiterführenden Fächer propädeutische Grundlagen schaffen sollen und gleichzeitig eine überfachliche Sichtweise der Kinder auf die Welt adaptieren. Diese Perspektiven wurden seitdem weiterentwickelt und finden sich weiterhin zentral, allerdings unter fachbezogeneren Bezeichnungen, wie „Geographische Perspektive" statt „Raumbezogenes Lernen", im aktuellen Perspektivrahmen der GDSU (2013).

Eine **Übersicht über die Fachinhalte des Sachunterrichts** bzw. die weiterführenden Fächer, auf die der Sachunterricht vorbereiten soll, zeigt die Abb. 1. Es ist leicht zu erkennen, dass hier die besondere Aufgabe des Sachunterrichts liegt, und ein Thema – vor allem komplexe Themen wie Energie – eben nicht nur aus (einer) fachlichen Perspektive behandelt werden können.
Die Entwicklung von Perspektiven und die Berücksichtigung kindlicher Kompetenzen ist eine große Errungenschaft des Sachunterrichts und rückt das kindliche Handeln – in der naturwissenschaftlichen Perspektive bildet dies oftmals das kindorientierte Experimentieren – in den Mittelpunkt des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Oftmals stehen naive Darstellungen oder erzieherische Maßnahmen („Duschen statt baden") diesem

Abb. 1: Sachunterricht und weiterführende Fächer

Vermittlungskonzept entgegen, finden sich aber noch in vielfältiger Weise in Handreichungen für Schulen und Kindergärten.

Das **Beispiel „Was ist Energie?“** aus einem Schulbuch für die dritte Klasse zeigt die Schwierigkeit und problematische Behandlung des Themas – trotz expliziter Überschrift – exemplarisch auf: *„Die Energie auf der Erde stammt von der Sonne. Die Sonne strahlt auf die Erde und erwärmt sie. Die Menge der Sonnenenergie, die auf der Erde ankommt, ist abhängig vom Wetter, der Jahreszeit, der Tageszeit und der Lage eines Ortes auf der Erdkugel. Pflanzen wachsen mit Sonnenenergie. Dabei entsteht zum Beispiel Holz. Das Holz können wir verbrennen. So entsteht Wärmeenergie. Auch Kohle, Erdöl und Erdgas nutzen wir als Brennstoffe.“* (Bausteine 3./4. Klasse). In diesem Beispiel wird einerseits auf die zentrale Funktion der Sonne in Bezug auf (sämtliche) Energieformen auf der Erde verwiesen. Dies wird allerdings nicht konsequent fortgeführt und die Verbindung verschiedener fossiler Energieträger oder weiterer Auswirkungen der Sonneneinstrahlung, wie die Entstehung von Wind, wird nicht thematisiert.[1] Obwohl Energieformen angesprochen werden, werden diese nicht explizit erläutert. Es wird also nicht die Chance genutzt, zwischen Energie und Energieträger zu differenzieren – was dann allerdings eine Definition von „Energie“ notwendig machen würde. Die Gewinnung von Energie wird ebenfalls nicht expliziert. So ist Verbrennung in einem kindlichen Verständnis nicht unbedingt eine Form von Energie und die Wandlungsprozesse, die dabei einher gehen, werden nicht behandelt. Dies deckt sich mit Analysen von Trauschke & Gropengießer (2015): „Es finden sich zudem Darstellungen, nach denen Energie durch Umwandlungen verschiedene Formen einnehmen kann. Die Idee der Umwandlung geht oftmals einher mit einer Vermischung stofflicher und energetischer Betrachtungsebenen“.

Verschiedene Lehrpläne decken das Thema nur rudimentär ab. So ist z.B. im Teillehrplan Sachunterricht in Rheinland-Pfalz der Begriff Energie nur unter „Einen respektvollen Umgang mit der Natur anstreben“ als „Energiequelle Natur kennen lernen (z.B. Wasserkraft, Windrad ...)“ zu finden, was mitnichten den fachlichen und mehrperspektivischen Ansprüchen an dieses Thema genügt.

Wenn „Energie“ als ein zentrales naturwissenschaftliches Konzept (Grundkonzept) (Friebe 1982) verstanden werden soll, müssen die Grundlagen einer energetischen Betrachtung schon in der Grundschule gelegt werden. Allerdings erfordert dies neu zu konzipierende Lernumgebungen und Unterrichtsmaterialien, wie wir dies z.B. im Grundschullabor für Offenes Experimentieren (GOFEX) anstreben. Im GOFEX werden SchülerInnen verschiedener Klassenstufen auf unterschiedlichen Niveaus (Klassenstufe -1 bis +2, Klasse 3/4, Klasse 5/6) mit unterschiedlichen Methoden (beobachten, betrachten, sammeln, ordnen, einschätzen,

[1] Fachliche Schwierigkeiten werden hier nicht weiter erörtert. So ist die Frage des Energieflusses in Richtung Erde konstant und nur die Wirkung aufgrund des Ortes variabel. Pflanzen wachsen nicht nur mit Sonnenenergie usw. Die verschiedenen Verkürzungen zeigen, dass die Schwierigkeiten differenzierter angegangen werden müssen.

experimentieren, messen etc.) mit Teilaspekten des Themas Energie konfrontiert. In dem Beispiel des Schulbuches wäre es somit erforderlich zwischen dem Energiespeicher (hier stofflich), den Wandlungsprozessen (Verbrennung) und der Nutzung (Licht und Wärme) zu differenzieren und dann – jeweils bezogen auf die Niveaustufen – zunächst zu beobachten und beschreiben, was beim Experimentieren passiert. Eine umfassendere Betrachtung (Wem gehört der Wald? Was passiert im Braunkohletagebau? Wie kommen die Windräder an ihren Standort?) erschließt das Thema auf mehreren Ebenen bzw. aus mehreren Perspektiven.

Die Chancen, die mit dem neuen Perspektivrahmen der GDSU (2013) einher gehen, liegen m.E. vor allem in den Perspektivenvernetzenden Themenbereichen (PVT), die in der Lage sind – bzw. sein sollen – anhand verschiedener Themenbereiche vielfältige Perspektiven mit ihren spezifischen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen zu erschließen bzw. zu verbinden. Inwieweit dieses Modell Themen wie „Energie“ abbilden kann, ist Bestandteil aktueller Analysen. In einem alternativen Modell (Peschel 2015 i.D.) (s. Abb. 2) haben wir diese PVT in den Mittelpunkt gerückt und mit Teilthemen, die sich aus dem Bereich Energieeffizienz ergeben, so behandelt, dass sie perspektivenaufschließend sind und eine übergeordnete Fragestellung erlauben (vgl. Schmid et al. 2013).

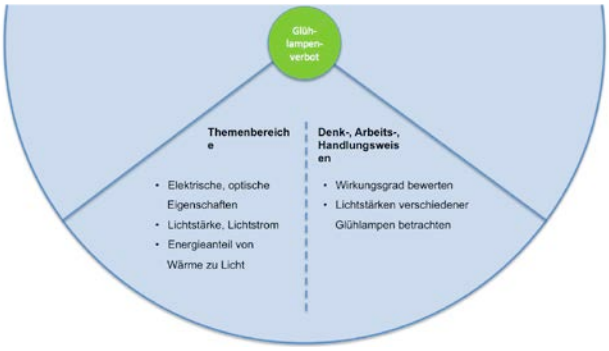


Abb. 2: Themenbereich Glühlampenverbot

Die weitere Prüfung, ob es über die bisher skizzierten PVT (Medien, Nachhaltige Entwicklung, Mobilität, Gesundheit und Gesundheitsprophylaxe) hinaus weitere Themenbereiche gibt, die sich als beispielhaft für perspektivenvernetzendes Arbeiten im Sachunterricht verstehen, wird Teil der weiteren Analyse sein.

Literatur

Brückmann, M. & Euler, M. (2013). Energiebildung in der Schule – Eine Bestandsaufnahme aus der Praxis. In: S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen (S. 92-94). Kiel: IPN-Verlag.,

Friebe, W. (1982). Genügt der im Physikunterricht der Schule gelehrte Energiebegriff einem zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Unterricht der 80er Jahre?. In: H. Härtel (Hrsg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven (S. 237-240). Alsbach: Leuchtturmverlag.

Köhnlein, Walter (2012). Sachunterricht und Bildung. Klinhardt: Bad Heilbrunn.

Ministerium für Bildung, Frauen und Jugend (2006) (Hrsg.): Rahmenplan Grundschule. Teilrahmenplan Sachunterricht. Grünstadt: Sommer. Abgerufen von www.grundschule.bildung-rp.de (10/2015).

Peschel, Markus (2015): „Mediales Lernen – Eine Modellierung.“ In: Peschel, Markus (Hrsg.): „Mediales Lernen – Beispiele für eine Inklusive Mediendidaktik“. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren, i.D.

Trauschke, M. & Gropengießer, H. (2015). Exergie – nutzbare Energie für Lebewesen - Biologie verstehen: Energie in Ökosystemen. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 513-515). Kiel: IPN.

Schmid, K., Trevisan, P., Künzli David, C., Di Giulio, A. (2013). Die übergeordnete Fragestellung als zentrales Element im Sachunterricht. In: Peschel, M., Favre, P., Mathis, C. (Hrsg.). SaCHen unterriCHten. Beiträge zur Situation der Sachunterrichtsdidaktik in der deutschsprachigen Schweiz. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren. S. 41-53.

Wagenschein, Martin (1968). Verstehen lehren. Genetisch – Sokratisch – Exemplarisch. Weinheim: Beltz

Wolfgang Bleichroth
1923-2014

Wolfgang Bleichroth wurde 1923 in Naumburg geboren. 1942 machte er dort Abitur. Soldatenzeit und Verwundung, Gefangenschaft, Tätigkeit als Landarbeiter und Bergmann unterbrachen seinen Weg für vier Jahre. Dann begann ein berufliches Leben, das wie kaum ein anderes die Entwicklung der Physikdidaktik in Deutschland in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts mitgestaltet und mitgeprägt hat.

1946 konnte er mit dem ersten Nachkriegsjahrgang das Volksschullehrerstudium an der Pädagogischen Hochschule in Göttingen aufnehmen. Einer vierjährigen Lehrerzeit folgte ein zweites Studium, nun für das höhere Lehramt, mit einem Stipendium des Kultusministers (1952-56). Einen dritten Studienabschluss erwarb er 1961 mit einer Promotion in Metallphysik. Parallel zur Promotion war er schon fachdidaktisch tätig, als Assistent bei Hans Mothes, einem der bekanntesten Vertreter der Physik- und Chemiedidaktik in den 1950-er und 1960-er Jahren.

Die damalige Situation der Fachdidaktiken, am Beginn einer Etablierung als Gruppe wissenschaftlicher Disziplinen, spiegelt sich in Bleichroths frühen Arbeiten. In seinem Aufsatz „Die Didaktik des Physik/Chemie-Unterrichts als Wissenschaft“ (1969) wird das Problemfeld der Didaktik in drei wechselseitig aufeinander bezogene Bereiche gegliedert (Theorie der Bildungsaufgaben und Ziele, Theorie der Bildungsinhalte und des Lehrplans, Theorie des Lehrens und Lernens). Der Aufsatz schließt mit einem Abschnitt „Prinzipien und Aufgaben fachdidaktischer Forschung“. Diese fundamentalen Gedanken wurden von Fachdidaktikern unterschiedlicher Fächer als beispielhaft beachtet.

Bleichroth konkretisierte seine Überlegungen dergestalt, dass er in enger Zusammenarbeit mit der Schulpraxis und einer Lehrmittelfirma ein vollständiges Curriculum für den Physik- und Chemieunterricht der Hauptschule, 5. bis 9. Schuljahr, entwickelte (1964-68). Zum Curriculum gehörte ein didaktisch begründeter, zielorientierter Lehrplan, Unterrichts-anleitungen für den Lehrer sowie das vollständige Experimentiergerät für Lehrer und Schüler. Ergebnisse der Unterrichtstheorie und -forschung waren einbezogen. Neue Unterrichtsgebiete, auch solche mit starkem technischem Einschlag, wurden im Curriculum erschlossen. An einigen hundert Schulen fasste das Curriculum Fuß. Für den damals neuen naturwissenschaftlichen Unterricht an Sonderschulen wurde das Hauptschul-Curriculum angepasst und fand ebenfalls Verbreitung. Wie gerufen kam für Bleichroth das 1. IPN-Symposium (1970), mit dem das neugegründete Institut erstmals an die Öffentlichkeit trat. Thema des Symposiums war nämlich „Forschung und Entwicklung naturwissenschaftlicher Curricula“. Unter den eingeladenen deutschen Rednern war Bleichroth der einzige, der ein bereits in Schulen florierendes Werk vorweisen konnte. Früher als alle anderen hatte er die Wichtigkeit curricularer Arbeit erkannt.

Die bald einsetzende, breite Anerkennung für Bleichroths Arbeiten führte dazu, dass er innerhalb einer Dekade fünf Rufe auf physikdidaktische Professuren erhielt. Zunächst wirkte er an der PH in Alfeld (1961-66), dann – als Nachfolger seines Lehrers Mothes – in Göttingen (1966-93).

In Göttingen war es ihm ein zentrales Anliegen, fachdidaktische Forschung aufzubauen. Sämtliche physikdidaktischen Mitarbeiter wurden einbezogen, dazu auch interessierte Studenten. Später verstärkten Lehrer aus dem Göttinger Raum und Doktoranden die

Forschungsgruppe weiter. 1972 gelang es Drittmittel für ein größeres Projekt (mehrere volle Personalstellen für drei Jahre) einzuwerben. Das Projekt untersuchte Lern- und Denkvorgänge bei rund 1000 Schülern der Sekundarstufe I, die nach dem von ihm entwickelten Curriculum unterrichtet wurden.

Das allmähliche Wachsen von Physikdidaktik und Chemiedidaktik an zahlreichen Orten mündete 1973 in einem bundesweiten gemeinsamen Kongress beider Disziplinen. Göttingen war Tagungsort. Die Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde gegründet. Bleichroth wurde zum Sprecher des vierköpfigen Vorstandes gewählt (bis 1977).

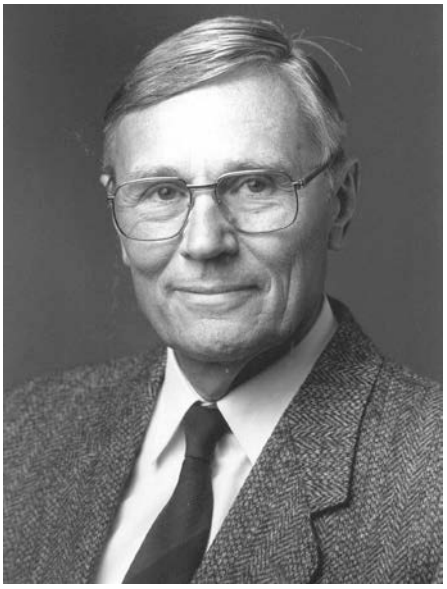


Abb. 1 Wolfgang Bleichroth

Das war damals ein schwieriges Amt, mit hochschulpolitischen Flügelkämpfen und hitzigen Debatten. Bleichroths umgängliches Wesen vermochte es immer wieder, Gegensätze zu mildern und Kompromisse zu finden. Die Erfahrungen aus diesen Auseinandersetzungen kamen ihm zugute, als er 1975 zusätzlich Dekan wurde und die Leitung des Göttinger Hochschulstandortes übernahm.

Verschiedene Verlage gaben Bleichroth Gelegenheit, als Fachdidaktiker vielfältige Verbindungen zur Schule aufzubauen. 1978 übernahm er mit Schmidkunz zusammen die Leitung im Herausgeberkreis der Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie“ (bis 1994). Den Herausgebern gelang es, die Zeitschrift zu einem geachteten Organ und einem wichtigen Mittler zwischen Lehrern und wissenschaftlicher Fachdidaktik zu machen. Für die „Wissenschaftliche Buchgesellschaft“ konnte Bleichroth in der Reihe „Wege der Forschung“ den Band zur Physikdidaktik herausgeben (1978). Für den Westermann-Verlag verfasste er mit Kollegen zusammen ein Schulbuch „Physik/Chemie ab 7“. Synchron mit dem Schülerband erschienen ein umfangreicher Lehrerband und ein Heft Kopiervorlagen für Schülermaterialien (1980). Dieses Schulbuchprojekt gab Anstoß, die fachdidaktische Forschung in Göttingen zunehmend auf den Bereich „Schulbuch – Unterrichtssprache – Kommunikation“ auszurichten.

1991 erschien dann das Lehrbuch „Fachdidaktik Physik“. Bleichroth zog darin zusammen mit fünf Kollegen Bilanz über das bis dahin Erreichte und legte Grund für die Weiterentwicklung der Disziplin. 1999 kam das Werk in wesentlich überarbeiteter und erweiterter Neuauflage heraus.

Zum Abschied aus seinem Professorenamt (1993) wurde Bleichroth zweifach hoch geehrt: mit der Ehrenmitgliedschaft der GDCP und mit einer Ehrenpromotion in Kiel.

Am 26. Okt. 2014 starb Prof. Dr. Dr. h.c. Wolfgang Bleichroth, 91 Jahre alt, in seinem Haus in Göttingen. Wir haben ihm viel zu verdanken.

Gottfried Merzyn

Elke Sumfleth Universität Duisburg-Essen
Detlev Leutner

Akademisches Lernen und Studienerfolg (FG-ALSTER)

Einleitung

Zu Beginn des Jahres 2015 wurde an der Universität Duisburg-Essen eine neue DFG-Forschergruppe (FOR 2242) ***A**kademisches **L**ernen und **St**udien**er**folg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen* (ALSTER) eingerichtet, in der in fünf Teilprojekten Bedingungen des Studienerfolgs untersucht werden. Der Schwerpunkt liegt auf der Fachausbildung in den naturwissenschaftlich-technischen Fachstudiengängen. Es werden zunächst relevante, den Studienerfolg beeinflussende Parameter identifiziert und ein Modell zum Beziehungsgefüge überprüft, um dann in einer möglichen zweiten Phase bedeutsame Zusammenhänge auf ihre Generalisierbarkeit zu prüfen und Interventionsmöglichkeiten zur Verringerung der Abbrecherquoten auf ihre Wirksamkeit zu untersuchen.

Hintergrund und Teilprojekte

In Deutschland wird seit einiger Zeit vor einem steigenden Fachkräftemangel gewarnt, auch mit Blick auf Akademiker in den Natur- und Ingenieurwissenschaften. Abgesehen von der Studienanfängerzahl scheint eine wichtige Ursache die hohe Abbrecherquote zu sein. Hierfür wird eine Diskrepanz zwischen den Erwartungen der universitären Seite und den Voraussetzungen der Studierenden verantwortlich gemacht. Diese Schnittstelle wird aus den verschiedenen Blickwinkeln der Bildungswissenschaften, der Natur- und Ingenieurwissenschaften und der entsprechenden Didaktiken untersucht. Es sei betont, dass in der Forschergruppe Vertreter der Bildungswissenschaften, der Fachdidaktiken und der entsprechenden Fachwissenschaften eng zusammenarbeiten. Diese Zusammenarbeit wird schon von Helmke und Schrader gefordert (2006, S. 246), die „für eine leistungsfähige Hochschuldidaktik … die Verflechtung allgemeiner Erkenntnisse zum Lehren und Lernen (Instruktionspsychologie) mit fachlichen und fachdidaktischen Gesichtspunkten“ verlangen.

Die einzelnen Teilprojekte der Forschergruppe ergänzen sich in ihren Beiträgen bei der Aufklärung von Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg zu Studienbeginn. Im Projekt der zentralen Datenerhebung werden die fachunabhängigen Daten wie kognitive Fähigkeiten, Interessens- und Motivationsdaten erhoben. Diese werden durch das Projekt der Lehr-Lernpsychologie ergänzt, in dem fächerübergreifende Fragestellungen zu Lernstrategien, Selbstregulationsfähigkeiten und Ressourcenmanagement thematisiert werden. In den drei fachspezifischen Projekten werden jeweils im Vergleich von zwei Studiengängen zentrale naturwissenschafts- und technikspezifische Einflussgrößen auf den Studienerfolg untersucht. Neben dem Vorwissen zählen hierzu die Mathematisierung (Physik und Bauingenieurwesen), die Visualisierung von Modellvorstellungen (Chemie und Bauingenieurwesen) und die Strukturierung von Fachwissen (Biologie und Physik). In allen Projekten gemeinsam werden die fachspezifischen Daten für eine längsschnittliche Betrachtung des Studienerfolgs im ersten Studienjahr erhoben. Die Ergebnisse der Teilprojekte werden zusammengeführt, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Fachstudiengängen im Gefüge der Bedingungsfaktoren analysieren und das Modell zum akademischen Lernen prüfen zu können.

Literatur

Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2006). Hochschuldidaktik. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 246-252). Weinheim: Beltz

Theresa Dicke Universität Duisburg-Essen
Daniel Averbeck
Elke Sumfleth
Detlev Leutner
Matthias Brand

Zentrale Datenerhebung und fächervergleichende Auswertung

Ausgangslage

Vor dem Hintergrund steigender Studierendenzahlen bei gleichzeitig hohen Quoten an Studienabbrüchen (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012) kommt der Studieneignungsdiagnostik eine zunehmend wichtiger werdende Rolle zu (vgl. Schmitt, 2005; Schuler & Hell, 2008). Hierfür ist die Kenntnis von Prädiktoren des Studienerfolgs bedeutsam, z. B. im Hinblick auf die Voraussetzungen der Studierenden und die „Passung" zwischen Person und Studienfach (Trapmann, 2008). In vielen empirischen Arbeiten werden allgemeine, fachunspezifische Prädiktoren des Studienerfolgs untersucht, der wiederum an sehr unterschiedlichen Erfolgskriterien wie Studiennoten, Studiendauer oder auch Studienzufriedenheit gemessen wird. Unterschiedliche Studienerfolgskriterien führen zu unterschiedlichen Ergebnissen solcher Studien.

Theoretischer Hintergrund

Die mittlerweile unüberschaubare Vielzahl an Forschungsergebnissen zur fachunspezifischen Studienerfolgsprognosen wurde in verschiedenen Modellen zusammengefasst (z. B. Rindermann & Oubaid, 1999; Thiel, Veit, Blüthmann, Lepa & Ficzko, 2008; Heublein & Wolter, 2010). Die Gemeinsamkeit der Modelle besteht in der Verwendung von Studieneingangsvoraussetzungen und Studienbedingungen als Prädiktoren von Studienerfolg. Hinzu kommen allgemeine Bedingungen, die das Leben der Studierenden maßgeblich prägen, wie deren finanzielle und familiäre Situation.

Neben dem Studienfach und der mit ihm verbundenen Fachkultur, inklusive Prüfungs- und Lernanforderungen sowie Lernmaterialien, beeinflussen die individuellen kognitiven Lernvoraussetzungen wie insbesondere das bereichsspezifische Vorwissen den Lernerfolg. Dadurch kommt der Diagnose der Eingangsvoraussetzungen und der Anpassung der Lehre an unzureichende Lernvoraussetzungen eine besondere Bedeutung zu. In Modelle dieser Art sind Ergebnisse einer Vielzahl verschiedener Studien eingegangen. Abiturgesamtnote und/ oder fachspezifische Schulnoten (Trapmann, Hell, Weigand & Schuler, 2007; Pixner & Schüpbach, 2008) zählen genauso zu den Prädiktoren wie kognitive Fähigkeiten (Trapmann, 2008; Heine, Briedis, Didi, Haase & Trost, 2006), Beherrschung der deutschen Sprache (Lewin & Lischka, 2004) sowie Persönlichkeitsvariablen und deren Interaktion mit allgemeiner Studienmotivation oder persönlicher Zielsetzung (Steinmayr, Ziegler & Träuble, 2010; Ziegler,Danay, Schölmerich & Bühner, 2010).

Die höchste Prognosekraft für Studienerfolg wird der Abiturgesamtnote zugeschrieben, die mit Prüfungsleistungen für alle Studienfächer im Mittel zu r = .53 (kriterium- und validitätskorrigiert) korreliert (Trapmann et al., 2007). Ihre Validität als Prädiktor wird allerdings in Frage gestellt, weil die Notengebung vom Bundesland, von der Schule und der Lehrkraft abhängt (Rindermann, 2005). Die prognostische Güte des mit Fachwissenstests erhobenen Vorwissens nimmt mit steigender inhaltlicher Übereinstimmung von Test- und Studieninhalt zu (Heine et al., 2006). Zudem beeinflusst die Art des Vorwissens die Studiengeschwindigkeit und die Tendenz zum Abbruch (Hailikari & Nevgi, 2010). Studierende, die ihr Wissen anwenden können, erreichen nicht nur bessere Studiennoten, sondern schließen den Kurs auch eher in der regulären Zeit ab. Auch der Besuch eines

fachaffinen Leistungskurses in der Schule hat einen positiven Einfluss auf den Studienerfolg im entsprechenden Fach (Gold & Souvignier, 2005). Der Einfluss des Geschlechts (Taasoobshirazi & Carr, 2008) und des Interesses (Gold & Souvignier, 2005; Giesen, Gold, Hummer & Jansen, 1986) auf den Studienerfolg ist allerdings noch unklar. Dagegen gilt die Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten als guter Prädiktor (Giesen et al., 1986). Hinzu kommt eine ganze Bandbreite möglicher weiterer demografischer Faktoren und Persönlichkeitsvariablen (z. B. Wagner, Sasser & DiBiase, 2002).

Längsschnittliche Studienerfolgsmessungen sind bisher allerdings nur vereinzelt durchgeführt worden (Jiang, Xu, Garcia & Lewis, 2010; Kennepohl, Guay & Thomas, 2010). Begründete Konsequenzen für Studienberatung oder Fördermaßnahmen sind aus diesen diversen, methodisch verschiedenen und mit unterschiedlichen Zielen verfolgten Studien kaum abzuleiten. Ein Vergleich der Bedeutungen der einzelnen Variablen ist auch nicht möglich.

Was bisher fehlt, ist eine systematisch angelegte fachspezifische Modellierung des Studienerfolgs. Dies ist wegen der hohen Abbrecherquoten insbesondere in den naturwissenschaftlich-technischen Fächern ein spezifisches Desiderat.

Studiendesign

Ziel des hier beschriebenen Teilprojektes der DFG-Forschergruppe „ALSTER“ ist es deshalb, die Ergebnisse aller anderen Teilprojekte zusammenzuführen und übergreifend eine systematisch angelegte fachspezifische Modellierung des Studienerfolgs zu entwickeln. Dabei sollen relevante Einflussgrößen des Studienerfolgs identifiziert und ein Modell zum Beziehungsgefüge überprüft werden.

In diesem Moderated-Mediation-Modell wird Studienerfolg in den naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen anhand von Studienleistungen wie Klausur- und Modulnoten und dem mit Fachwissenstests gemessenen Wissenszuwachs operationalisiert. Zur Vorhersage des Studienerfolgs dienen Prädiktoren, die sowohl stabile Merkmale (z.B. kognitive Fähigkeiten inklusive der Abiturgesamtnote und der relevanten Fachnoten, grundlegende Persönlichkeitseigenschaften im Sinne der „Big Five“) betreffen als auch variable Merkmale wie Wissen über Metakognition und Lernstrategien, fachliches Vorwissen, akademisches Selbstkonzept und Erwartungen an das Studienfach sowie fachliches Interesse und allgemeine Lern- und Studienmotivation. Es wird angenommen, dass diese Variablen direkt auf den Studienerfolg wirken, aber auch mediiert über spezifische Lernstrategien, ein geeignetes Ressourcenmanagement sowie über die Studienzufriedenheit. Außerdem wird angenommen, dass die direkten Effekte der Prädiktoren auf den Studienerfolg durch die spezifischen Anforderungen des jeweiligen Studienfaches in den Bereichen Mathematisierung, Visualisierung und Wissenstypen moderiert werden.

Mit anderen Worten: Während in der bisherigen Forschung vergleichsweise einfache, überwiegend fachunspezifische Modelle des Studienerfolgs entwickelt und untersucht worden sind, geht es im übergreifenden Forschungsprogramm der hier vorgestellten Forschergruppe um ein Modell, welches zum einen fachspezifisch auf den Studienerfolg in naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen fokussiert und entsprechende fachspezifische Studienanforderungen unterscheidet. Zum anderen bildet es komplexe Zusammenhänge (Mediation und Moderation) zwischen Prädiktoren und Kriterien des Studienerfolgs ab. Insgesamt wird eine Teilnehmeranzahl von ca. 1300 Studierenden erwartet.

Die Pilotstudie wird im Wintersemester 2015/2016 durchgeführt. Die Variablen werden dabei lediglich an zwei Messzeitpunkten zum Anfang des ersten und zum Ende des ersten Semesters erhoben. Der erste Messzeitpunkt der Hauptstudie liegt zu Beginn des ersten Studiensemesters (Oktober 2016), der zweite Messzeitpunkt am Ende des ersten

Studiensemesters (Februar/ März 2017) und der dritte Messzeitpunkt am Ende des zweiten Studiensemesters (August 2017).

Relevanz der Studie und Ausblick

Die Ausbildung von Fachkräften in den naturwissenschaftlich-technischen Bereichen wird durch die geringe Anzahl Erstsemesterstudierender bei zusätzlich sehr hohen Studienabbruchquoten zunehmend erschwert. Anhand einer Analyse von Studienerfolgsprädiktoren gewinnt das hier vorgestellte Forschungsvorhaben Erkenntnisse, die sich nachfolgend nutzen lassen, um Studienabbruchquoten zu reduzieren und das Lehren und Lernen im Hochschulbereich zu verbessern.

Literatur

Blüthmann, I., Lepa, S. & Thiel, F. (2008). Studienabbruch und -wechsel in den neuen Bachelorstudiengängen. Untersuchung und Analyse von Abbruchgründen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 11, 406-429.

Giesen, H., Gold, A., Hummer, A. & Jansen, R. (1986). Prognose des Studienerfolgs. Ergebnisse aus Längsschnittuntersuchungen. Frankfurt a. M.: Institut für Pädagogische Psychologie.

Gold, A. & Souvignier, E. (2005) Prognose der Studierfähigkeit: Ergebnisse aus Längsschnittanalysen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 37, 214-222.

Hailikari, T. K. & Nevgi, A. (2010). How to diagnose at-risk students in chemistry: The case of prior knowledge assessment. International Journal of Science Education, 32, 2079-2095.

Heine, C., Briedis, K., Didi, H.-J., Haase, K. & Trost, G. (2006). Auswahl- und Eignungsfeststellungsverfahren beim Hochschulzugang in Deutschland und ausgewählten Ländern. Eine Bestandsaufnahme. Hannover: HIS GmbH.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Universitäten. Hannover: HIS GmbH.

Heublein, U. & Wolter, Ä. (2011). Studienabbruch in Deutschland. Zeitschrift für Pädagogik, 57, 214-245.

Jiang, B., Xu, X., Garcia, A. & Lewis, J. E. (2010). Comparing two tests of formal reasoning in a college chemistry context. Journal of Chemical Education, 87, 1430-1437.

Kennepohl, D., Guay, M. & Thomas, V. (2010). Using an online, self-diagnostic test for introductory general chemistry at an open university. Journal of Chemical Education, 87, 1273-1277.

Lewin, D. & Lischka, I. (2004). Passfähigkeit beim Hochschulzugang als Voraussetzung für Qualität und Effizienz von Hochschulbildung. HoF Wittenberg (Hrsg.) Arbeitsbericht 6'04. Halle-Wittenberg: Institut für Hochschulforschung an der Martin-Luther-Universität.

Pixner, J. & Schüpbach, H. (2008). Zur Vorhersagbarkeit von Studienabbrüchen als Kriterium des Studien(miss)erfolgs. In H. Schuler & B. Hell (Hrsg.), Studierendenauswahl und Studienentscheidung (S. 122-128). Göttingen: Hogrefe

Rindermann, H. (2005). Für ein bundesweites Auswahlverfahren von Studienanfängern über Fähigkeitsmessung. Psychologische Rundschau, 56, 127-129.

Schmitt, M. (2005). Auswahl von Studierenden: Historie, Zweck und Aufbau dieses Diskussionsforums. Psychologische Rundschau, 56, 123-124.

Schuler, H. & Hell, B. (2008). Studierendenauswahl und Studienentscheidung aus eignungsdiagnostischer Sicht. In H. Schuler & B. Hell (Hrsg.), Studierendenauswahl und Studienentscheidung (S. 11-17). Göttingen: Hogrefe.

Steinmayr, R., Ziegler, M. & Träuble, B. (2010). Do intelligence and sustained attention interact in predicting academic achievement? Learning and Individual Differences, 20, 14-18.

Taasoobshirazi, G. & Carr, M. (2008). Gender differences in science: An expertise perspective. Educational Psychology Reviews, 20, 149-169.

Thiel, F., Veit, S., Blüthmann, I., Lepa, S., & Ficzko, M. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin - Sommersemester 2008. Verfügbar unter http://www.fu-berlin.de/universitaet/entwicklung/qualitaets-management/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf [18.01.2013].

Trapmann, S. (2008). Mehrdimensionale Studienerfolgsprognose: Die Bedeutung kognitiver, temperamentsbedingter und motivationaler Prädiktoren für verschiedene Kriterien des Studienerfolgs. Berlin: Logos.

Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs - eine Metaanalyse. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 21, 11-27.

Ziegler, M., Danay, E., Schölmerich, F. & Bühner, M. (2010). Predicting academic success from different views on the Big 5. European Journal of Personality, 24, 1-15.

Daniel Averbeck
Theresa Dicke
Elke Sumfleth
Detlev Leutner
Matthias Brand

Universität Duisburg-Essen

Chemiespezifische und fächervergleichende Analysen von Studienerfolgsprädiktoren

Ausgangslage

In der heutigen Zeit ist die Ausbildung von Fachkräften für die globale Wirtschaftlichkeit eines Landes unerlässlich. Gerade im Bereich der MNT-Fächer (mathematisch-naturwissenschaftlich-technisch) zeichnet sich eine stetig wachsende Nachfrage der Industrie nach Ingenieuren und Wissenschaftlern ab.

Demgegenüber zeigen Studien, dass nur ein geringer Teil der Hochschulzugangsberechtigten ein naturwissenschaftlich-technisches Studium aufnimmt. Beispielsweise begannen im Jahr 2004 in den USA lediglich 23,3% aller Studienberechtigten ein Studium in einem der genannten Bereiche (Chen, 2009).

Hinzu kommt, dass die geringe Anzahl der Erstsemesterstudierenden in den genannten Fachdisziplinen durch eine hohe Studienabbruchquote reduziert wird, was die Lage zusätzlich erschwert. Besonders schwerwiegend ist dies in den naturwissenschaftlich-technischen Fächern, die im Vergleich die höchsten Studienabbruchquoten aufweisen (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012). Demnach brechen 48% der Studierenden der Ingenieurwissenschaften das Studium ab, gefolgt von Chemie- (43%) und Physikstudierenden (39%).

Dadurch kommt im Hochschulbereich der Verringerung dieser Abbruchquoten eine besondere Bedeutung zu. Diesbezüglich können aus der Analyse von Prädiktoren für Studienerfolg in den MNT-Fächern wichtige Hinweise auf Faktoren des Studienabbruchs gewonnen werden, um dann Konsequenzen für eine bessere Unterstützung der Erstsemesterstudierenden zu ziehen.

Das Ziel des hier vorgestellten Forschungsvorhabens ist es, chemiespezifische und fächervergleichende Analysen zu Studienerfolgsprädiktoren im Studienfach Chemie durchzuführen. Dabei sollen die Wechselbeziehungen zwischen dem Vorwissen und dem Lernerfolg in den grundlegenden Teilbereichen der Chemie (Allgemeine Chemie, Physikalische Chemie, Organische Chemie und Anorganische Chemie) und dem Studienerfolg von Chemiestudierenden untersucht werden. Ergänzend wird der Einfluss des Vorwissens und des Lernerfolgs in der Allgemeinen Chemie bei Biologiestudierenden analysiert, die Chemie als Nebenfach studieren müssen.

Theoretischer Hintergrund

Bisher existieren Studien, die Prädiktoren für den Studienerfolg in der Chemie untersuchen. Diese fokussieren jedoch überwiegend auf den Einführungskurs der Allgemeinen Chemie, da vermutet wird, dass dieser eine wichtige Rolle in der weiteren Laufbahn von Chemiestudierenden spielt (Tai, Ward & Sadler, 2006). Zusätzlich wird in Modulhandbüchern dieser Einführungsveranstaltung zugesprochen, dass dort die fundamentalen Prinzipien der Chemie vermittelt und die Basis für die weiterführenden spezifischen Teilbereiche der Chemie geschaffen werden sollen (z. B. Universität Duisburg-Essen, 2014). Prädiktoren für Studienerfolg in diesem chemischen Teilbereich sind die kognitive Entwicklung (Goodstein & Howe, 1978), das logische Denken (Bitner, 1991), die mathematische Fähigkeit und die chemische Vorerfahrung (Tai, Ward & Sadler, 2006).

Darüber hinaus stellt das Vorwissen den stärksten Prädiktor für Studienerfolg in der Allgemeinen Chemie dar (Hailikari & Nevgi, 2010).
Studien, die Erfolgsprädiktoren im Bereich der physikalischen Chemie untersuchen, sind hingegen lediglich aus den angelsächsischen Ländern bekannt, in denen diese Veranstaltung zu Beginn des Studiums als eine der schwierigsten bezeichnet wird (Nicoll & Francisco, 2001). Als stärkste Prädiktoren für Studienerfolg in der Physikalischen Chemie gelten neben logischem Denken und der Problemlösekompetenz, mathematische Fähigkeiten (Nicoll & Francisco, 2001) und das Physikwissen (Derrick & Derrick, 2002). Auch das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie beeinflusst den Studienerfolg in der Physikalischen Chemie positiv (Hahn & Polik, 2004).
Untersuchungen in den übrigen Teilbereichen der Chemie sind ebenfalls erheblich seltener als die zur Allgemeinen Chemie und in Deutschland bisher nicht durchgeführt. Darüber hinaus untersuchen die genannten Studien unterschiedliche Studierendengruppen mit jeweils unterschiedlichen Instrumenten, so dass die Ergebnisse nicht vergleichbar oder aufeinander zu beziehen sind. Demzufolge sind die Wechselbeziehungen zwischen dem Vorwissen beziehungsweise dem universitär erworbenen Fachwissen in den unterschiedlichen Teilbereichen der Chemie ebenfalls nicht aufgeklärt.
In dem hier vorgestellten Forschungsvorhaben soll diese Lücke geschlossen werden. Es soll systematisch untersucht werden, welchen Einfluss das Vorwissen im jeweiligen Teilbereich der Chemie auf den universitären Wissenszuwachs innerhalb dieses Bereichs während eines Semesters hat. Des Weiteren soll der Einfluss des Vorwissens in einem der genannten Teilbereiche auf den Wissenszuwachs in den anderen Teilbereichen untersucht werden. Zusätzlich soll die prädiktive Kraft des Lernerfolgs in der Allgemeinen Chemie für den Studienerfolg von Biologiestudierenden untersucht werden, um dem fächerübergreifenden Forschungsschwerpunkt des Projektes ALSTER gerecht zu werden.

Studiendesign

Das hier vorgestellte Forschungsvorhaben wird im Rahmen der DFG-geförderten Forschergruppe „Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen“ („ALSTER“) durchgeführt.
Um das Vorwissen, das universitäre Fachwissen und daraus abgeleitet den Wissenszuwachs der Erstsemesterstudierenden in der Allgemeinen, der Physikalischen, Organischen und Anorganischen Chemie zu erfassen, wird jeweils ein Fachwissenstest zu jedem Teilbereich in einem Prä-Post-Design eingesetzt. Um die Vergleichbarkeit der Themenbereiche sicherzustellen, werden die formalen Rahmenbedingungen aller Tests, wie beispielsweise die Anzahl der Items oder deren Komplexitätsverteilung (siehe komplexitätsbestimmende Dimensionen nach ESNaS: Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010), identisch gestaltet. Aufgrund der curricularen Verortung der einzelnen Teilbereiche beginnen lediglich die Veranstaltungen der Allgemeinen und Physikalischen Chemie im ersten Semester. Die Veranstaltungen der Organischen Chemie und der Anorganik beginnen jeweils im zweiten Fachsemester. Die Präteste werden entsprechend zu Beginn der jeweiligen Veranstaltung durchgeführt und die jeweils erreichte Punktzahl als Vorwissen operationalisiert. Der Posttest wird zum Ende der Veranstaltung kurz vor der jeweiligen Klausur durchgeführt. Die erreichte Punktzahl im jeweiligen Posttest wird als universitäres Fachwissen operationalisiert. Demzufolge wird die Differenz der Punktzahlen zwischen Prä- und Posttest als Wissenszuwachs im jeweiligen chemischen Teilbereich definiert. Nachfolgend soll ebenfalls die prädiktive Kraft der erhobenen Variablen auf den Studienerfolg untersucht werden. Der Erfolg im Studium wird hierbei auf Basis der Faktoren Modulabschlussnote, Wissenszuwachs und Verbleib im Studium operationalisiert.
Im Rahmen des hier vorgestellten Forschungsvorhabens werden Studierende der Chemie der Universität Duisburg-Essen in einer längsschnittlich angelegten Erhebung befragt. Die

Kohorte besteht dabei aus Erstsemesterstudierenden der Studiengänge BA Sc. Chemie, BA Sc. Waterscience (ein interdisziplinärer Studiengang der Fächer Biologie und Chemie) und BA LA Chemie. Zusätzlich wird der Lernerfolg in Chemie von Biologiestudierenden des Bachelors sowie des Lehramtes erhoben. Insgesamt wird eine Teilnehmeranzahl von ca. 400 Studierenden erwartet.

Die Pilotstudie wird im Wintersemester 2015/2016 durchgeführt. Die Variablen werden dabei lediglich an zwei Messzeitpunkten zum Anfang des ersten und zum Ende des ersten Semesters erhoben. Der erste Messzeitpunkt der Hauptstudie verortet sich dann zu Beginn des Wintersemester im Oktober 2016, der zweite Messzeitpunkt am Ende des ersten Semesters und der dritte Messzeitpunkt der Längsschnittstudie am Ende des zweiten Semesters im August 2017.

Relevanz der Studie und Ausblicke

Die Ausbildung von Fachkräften in den naturwissenschaftlich-technischen Bereichen wird durch die geringe Anzahl Erstsemesterstudierender bei zusätzlich sehr hohen Studienabbruchquoten zunehmend erschwert. Entsprechend kommt der Analyse von Studienerfolgsprädiktoren, in dem hier dargestellten Vorhaben fokussiert auf chemiebezogene Einflussfaktoren, eine besondere Bedeutung zu.

Sollten sich Zusammenhänge zwischen dem Wissen in den jeweiligen Teilbereichen der Chemie in der Studie bestätigen, könnten beispielsweise Anhaltspunkte dafür gewonnen werden, ob der Einführungskurs der Allgemeinen Chemie den Zielen gerecht wird, die dieser Veranstaltung in den Modulhandbüchern zugesprochen wird. Weiterhin könnte überprüft werden, ob die curriculare Reihenfolge der einzelnen chemischen Teilbereiche konform gegenüber einem teilbereichsübergreifenden kumulativen Wissenserwerb ist.

Somit kann das hier vorgestellten Forschungsvorhaben zu einer Verringerung der Studienabbruchquoten und der Verbesserung des Lehrens und Lernens im dritten Edukationsbereich beitragen.

Literatur

Bitner, B. L. (1991). Formal operational reasoning modes: Predictors of critical thinking abilities and grades assigned by teachers in science and mathematics for students in grades nine through twelve. *Journal of Research in Science Teaching, 28(3),* 265–274.

Derrick, M. E., & Derrick, F. W. (2002). Predictors of Success in Physical Chemistry. *Journal of Chemical Education, 79(8),* 1013.

Goodstein, M. P., & Howe, A. C. (1978). Application of Piagetian theory to introductory chemistry instruction. *Journal of Chemical Education, 55(3),* 171.

Hahn, K. & Polik, W. (2004). Factors influencing success in physical chemistry. *Journal of Chemical Education, 81(4),* 567.

Hailikari, T. K., & Nevgi, A. (2010). How to Diagnose At-risk Students in Chemistry: The case of prior knowledge assessment. *International Journal of Science Education, 32(15),* 2079–2095.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). *Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010*. Forum Hochschule: Vol. 2012,3. Hannover: HIS

Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16,* 135–153.

Nicoll, G., & Francisco, J. S. (2001). An Investigation of the Factors Influencing Student Performance in Physical Chemistry. *Journal of Chemical Education, 78(1),* 99.

Tai, R. H., Ward, R. B., & Sadler, P. M. (2006). High School Chemistry Content Background of Introductory College Chemistry Students and Its Association with College Chemistry Grades. *Journal of Chemical Education, 83(11),* 1703.

Universität Duisburg-Essen (2014). *Modulhandbuch Bachelor of Science Chemie*. Essen.

Xianglei Chen. (2009). *Stats in Brief: Students Who Study Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Postsecondary Education*. Abgerufen unter: http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED506035.pdf

Julia Waldeyer[1]
Detlev Leutner[1]
Joachim Wirth[2]

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

Ressourcenmanagementstrategien in der Studieneingangsphase ALSTER Teilprojekt B

Theoretischer Hintergrund

Akademisches Lernen an Hochschulen und Universitäten unterscheidet sich maßgeblich vom Lernen an Schulen. Schulisches Lernen ist weitgehend vorstrukturiert, so dass die Lernaktivitäten von Schülerinnen und Schülern nur wenig selbst geplant werden müssen. Schülerinnen und Schüler haben außerdem einen relativ engen Kontakt mit den Lehrenden und erhalten in relativ kurzen Abständen Rückmeldungen über ihren Lernstand. Darüber hinaus können sie pro Fach über eine deutlich höhere Anzahl an Klausuren und mündlichen Leistungen zu ihrer Zeugnisnote beitragen. Zudem ist es in der Regel möglich, eine mangelhafte Leistung in einem Fach durch eine wenigstens befriedigende Leistung in einem anderen Fach auszugleichen. Neben diesen innerschulischen Bedingungen müssen sich Schülerinnen und Schüler meist auch nicht um die Finanzierung ihres Lebensunterhalts kümmern und häusliche Verpflichtungen spielen in aller Regel eine untergeordnete Rolle. Demgegenüber ist Lernen an Hochschulen und Universitäten durch eine deutlich geringere Vorstrukturierung des Lernprozesses charakterisiert. Diese geringe Vorstrukturierung geht in vielen Studienfächern mit relativ wenig Kontakt mit den Lehrenden einher und – damit verbunden – mit einer geringen Anzahl an Rückmeldungen über den aktuellen Lernfortschritt. In vielen Studienfächern müssen Klausuren spätestens beim dritten Versuch bestanden werden, ohne dass eine endgültig nicht bestandene Klausur durch eine andere bestandene Klausur kompensiert werden kann. Abgesehen von diesen innerhochschulischen Bedingungen muss ein Großteil der Studierenden zumindest einen Teil des Lebensunterhalts neben dem Studium selbst erwirtschaften, und viele Studierende stehen zu Beginn des Studiums erstmals vor der Aufgabe, einen eigenen Haushalt zu führen.

Damit stellt akademisches Lernen an Hochschulen und Universitäten deutlich höhere Anforderungen an die Selbstregulation und die strategische Ausrichtung von Lernprozessen im Vergleich zu schulischem Lernen (z.B. Pintrich, 2004; Schiefele, Streblow, Ermgassen & Moschner, 2003; Streblow & Schiefele, 2006; Wild, 2005). Betrachtet man die bisherige Forschung zum selbstregulierten strategischen Lernen, so lag der Fokus hauptsächlich auf kognitiven Lernstrategien, wie zum Beispiel Wiederholungs-, Selektions-, Organisations- und Integrationsstrategien und auf metakognitiven Lernstrategien, wie zum Beispiel Planung, Überwachung und Regulation von Lernprozessen bei Schülerinnen und Schülern – sowie auf deren Förderung (für einen Überblick siehe Leutner & Leopold, 2006). Es läge auf der Hand anzunehmen, dass Lernende, die über ein breites Arsenal an kognitiven und metakognitiven Lernstrategien verfügen, erfolgreicher lernen können und gute bis sehr gute Lernergebnisse erzielen. Diese Annahme lässt sich jedoch nicht ausnahmslos nachweisen. So zeigen bisherige Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Lernstrategien (üblicherweise erfasst mit Fragebögen wie dem LIST; Wild & Schiefele, 1994, oder dem MSLQ; Pintrich, Smith, Garcia & McKeachie, 1991) und Lernerfolg zumeist keine oder nur geringe Korrelationen (für einen Überblick siehe Leutner & Leopold, 2003).

Für die Bewältigung von Anforderungen, die sich aus den beschriebenen Situationen des Lernens an Hochschulen und Universitäten ergeben, sind jedoch vor allem Strategien des Ressourcenmanagements von besonderer Bedeutung. Zu ihnen zählen Zeitmanagementstrategien, Strategien zur Gestaltung der Lern- und Arbeitsumgebung, der Beschaffung von

Informationen und des Hilfesuchens. Zu ihnen zählen aber auch Strategien zur Regulation von Anstrengung und Aufmerksamkeit (Wild & Schiefele, 1994). Vor diesem Hintergrund nehmen ressourcenbezogene Strategien in Bezug auf akademisches Lernen und Studienerfolg eine zunehmend zentrale Rolle in der Forschung ein. Aber auch Persönlichkeitsfaktoren korrelieren in nennenswertem Maß mit Studienerfolg (z.B. Blickle, 1996; DeFeyter, Caers, Vigna & Berings, 2012). Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass Wissen über Lernstrategien oder qualitätsbezogene Defizite des Strategieeinsatzes in der einschlägigen Forschung zum akademischen Lernen bisher noch nicht thematisiert worden sind.

Forschungsfragen und Studiendesign

Da schulisches Lernen geringe Anforderungen an die Verfügbarkeit und den Einsatz von Strategien des Ressourcenmanagements stellt, ist anzunehmen, dass Studierende zu Beginn des Studiums vergleichsweise wenig Erfahrung mit entsprechenden Strategien haben. Dabei handelt es sich jedoch um Strategien, die sie benötigen, um mit den im Vergleich zum schulischen Lernen deutlich gestiegenen Anforderungen des Lernens unter Hochschulbedingungen erfolgreich umgehen zu können. Damit bleibt zu klären, inwieweit Studierende zu Beginn ihres Studiums derartige Strategien überhaupt kennen und inwieweit sie diese, sofern bekannt, für die Bewältigung der Lernanforderungen einsetzen bzw. einsetzen können. Darüber hinaus ist zu klären, inwieweit die Verfügbarkeit und der Einsatz dieser Strategien die Rolle von Mediatoren einnehmen, die den Zusammenhang zwischen Persönlichkeitseigenschaften und Studienerfolg vermitteln. Konkret werden hierfür folgende Forschungsfragen bearbeitet:

FF1: Kompetenzen Studierender im Bereich des Ressourcenmanagements:

- Sind Strategiewissen und Regulationsdefizite der Strategienutzung diagnostizierbar – zum Beispiel Verfügbarkeits-, Produktions- und Nutzungsdefizite?

FF2: Bedeutung von Strategien des Ressourcenmanagements für den Studienerfolg:

- Gibt es Unterschiede in Studienfächern mit unterschiedlichen Leistungsanforderungen (Bauingenieurwesen/Erziehungswissenschaft)?
- Fungieren Verfügbarkeit und Nutzung der Strategien als Mediator zwischen Persönlichkeitsfaktoren (insbesondere Gewissenhaftigkeit) und Studienerfolg?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden insgesamt drei Studien durchgeführt.
Studie 1 konnte im Sommersemester 2015 mittels Fokusdiskussionsgruppen Lernunterschiede zwischen Schule und Hochschule identifizieren, die – im retrospektiv wahrgenommenen Kontrast zur Schule – besondere Anforderungen an das Ressourcenmanagement Studierender stellen sowie Bewältigungsstrategien, die Studierende kennen und nutzen. Die Fokusdiskussionsgruppen wurden anhand eines 2x2x2-Designs gebildet – mit den Faktoren Studienfach (Bauingenieurwesen/Erziehungswissenschaft), Zeitpunkt im Studienverlauf (zweites Studiensemester/viertes Studiensemester) sowie Selbstwirksamkeit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer (niedrig/hoch). Innerhalb jeder dieser acht Zellen wurden jeweils zwei Diskussionsgruppen mit je fünf Teilnehmerinnen und Teilnehmern gebildet, so dass sich insgesamt ein *N* von 5x2x2x2x2=80 ergab. Die Ergebnisse der ersten Studie bilden die Basis für ein Instrument zur Erfassung von Strategiewissen und Regulationsdefiziten, das in Studie 2, im Wintersemester 2015/16, pilotiert wird. Dabei liegt der Fokus auf solchen Lernsituationen, für die Studierende retrospektiv ein geringes Strategiewissen innerhalb ihrer Schulzeit berichten, so dass sie mit entsprechend geringer Strategieerfahrung ihr Studium aufnehmen mussten. Im Gegensatz zu in der Forschung etablierten Instrumenten wie dem LIST (Wild & Schiefele, 1994), bei denen die Probanden lediglich angeben, wie häufig sie Lernstrategien einsetzen, wird das zu entwickelnde Instrument das Format eines „Situational Judgement Questionnaires“ haben. Dadurch wird es erstmals möglich sein, neben Strategiewissen, auch

qualitätsbezogene Defizite des Strategieeinsatzes zu erfassen. Studie 3 überprüft im Wintersemester 2016/17 Hypothesen zur Bedeutsamkeit, zu Defiziten sowie zur mediierenden Rolle von Strategien des Ressourcenmanagements im Studium und kontrastiert dabei die Fächer Bauingenieurwesen und Erziehungswissenschaft.

Erwartete Ergebnisse

Vor dem Hintergrund, dass die Studierenden in der Schule wenig Erfahrung in der Nutzung von Strategien des Ressourcenmanagements sammeln konnten, wird für den Beginn des Studiums folgende Rangfolge der relativen Häufigkeit des Auftretens von Regulationsdefiziten erwartet: Verfügbarkeitsdefizit > Produktionsdefizit > Nutzungsdefizit > kein Defizit. Da der Leistungsdruck während des Semesters jedoch zunehmend dürfte, sind die Studierenden zunehmend mit Problemen des Ressourcenmanagements konfrontiert und dadurch veranlasst, Strategien des Ressourcenmanagements einzuüben. Vor diesem Hintergrund wird erwartet, dass sich die zu Beginn des Studiums angenommenen Unterschiede zwischen den Defiziten im Laufe des Semesters verändern. Diesbezüglich wird angenommen, dass die relative Häufigkeit des Verfügbarkeitsdefizits abnimmt und die relativen Häufigkeiten des Produktions- und des Nutzungsdefizits sowie die relative Besetzungshäufigkeiten ohne Defizit zunehmen. Vor dem Hintergrund, dass im Bauingenieurwesen im ersten Semester ein größerer Klausurendruck besteht als in Erziehungswissenschaft und dem Ressourcenmanagement somit im Bauingenieurwesen eine größere Bedeutung zukommt als in Erziehungswissenschaft, wird erwartet, dass die Korrelation zwischen einer erfolgreichen Strategienutzung und dem Studienerfolg im Bauingenieurswesen größer ist als in Erziehungswissenschaft. Bezüglich des Zusammenhangs von Persönlichkeitseigenschaften und Studienerfolg wird erwartet, dass Gewissenhaftigkeit ein deutlich besserer Prädiktor für den Studienerfolg ist als die anderen Big-Five-Persönlichkeitsdimensionen. Darüber hinaus wird erwartet, dass Gewissenhaftigkeit vermittelt über die Nutzung von Strategien des Ressourcenmanagements auf den Lernerfolg wirkt, wobei diese Mediation nur bei hohem Niveau der Gewissenhaftigkeit nachweisbar sein sollte (moderierte Mediation). Und schließlich wird, wieder vor dem Hintergrund des größeren Klausurendrucks, erwartet, dass die für Gewissenhaftigkeit angenommenen Zusammenhänge im Bauingenieurwesen deutlicher zutage treten als in Erziehungswissenschaft.

Literatur

Blickle, G. (1996). Personality traits, learning strategies, and performance. *European Journal of Personality, 10*, 337-352.

DeFeyter, T., Caers, R., Vigna, C. & Berings, D. (2012). Unraveling the impact of the Big Five personality-traits on academic performance: The moderating and mediating effects of self-efficacy and academic motivation. *Learning and Individual Differences, 22*, 439-448.

Leutner, D. & Leopold, C. (2003). Selbstreguliertes Lernen: Lehr-/lerntheoretische Grundlagen. In U. Witthaus, W. Wittwer & C. Espe (Hrsg.), *Selbst gesteuertes Lernen –Theoretische und praktische Zugänge* (S. 43-67). Bielefeld: Bertelsmann.

Leutner, D. & Leopold, C. (2006). Selbstregulation beim Lernen aus Sachtexten. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), Handbuch Lernstrategien (S. 162-171). Göttingen: Hogrefe.

Pintrich, P. (2004). A conceptual framework for assessing motivation and self-regulated learning in college students. *Educational Psychology Review, 16*, 385-407.

Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T. & McKeachie, W. J. (1991). *The motivated strategies for learning questionaire* (MSLQ). Ann Arbor, MI: NCRIPTAL, The University of Michigan.

Schiefele, U., Streblow, L., Ermgassen, U. & Moschner, B. (2003). Lernmotivation und Lern- strategien als Bedingungen der Studienleistung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 17*, 185-198.

Streblow, L. & Schiefele, U. (2006). Lernstrategien im Studium. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 352-364). Göttingen: Hogrefe.

Wild, K.-P. (2005). Individuelle Lernstrategien von Studierenden. Konsequenzen für die Hochschuldidaktik und die Hochschullehre. *Beitrag zur Lehrerbildung, 23*(2).

Wild, K.-P. & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium. Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 15*, 185-200.

Joachim Müller[1]
Elmar Dammann[1]
Hans E. Fischer[1]
Martin Lang[1]
Andreas Borowski[2]
Axel Lorke[1]
Jochen Menkenhagen[1]

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

Physikalisch-mathematische Modellierung in der Physik und im Bauingenieurwesen als Prädiktor für Studienerfolg

Hintergrund

Um die hohe Abbruch- (36%) und Wechselquote (26%) im Studienfach Physik (Heublein, Schmelzer, Sommer & Wank, 2008) und die bundesweite Abbruchquote von 47% im Bauingenieurwesen (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2012) erklären zu können, soll Studienerfolg in den Studiengängen Physik und Bauingenieurwesen im ersten Studienjahr durch fachliche, soziale und demographische Variablen beschrieben werden. Studienerfolg wird durch den Verbleib im Studium definiert und über den fachlichen Wissenszuwachs und die Klausurnote erfasst. Die Untersuchung wird im Rahmen der DFG-Forschergruppe ALSTER (Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen) durchgeführt.

Für die erfolgreiche Bewältigung eines Studiums der Physik und des Bauingenieurwesens müssen Studierende dieser Studiengänge bereits am Anfang ihres Studiums, beispielsweise in den Grundlagenveranstaltungen *Grundlagen der Physik* (Studiengang Physik) und *Technische Mechanik* (Studiengang Bauingenieurwesen), grundlegende mathematische und physikalische Fähigkeiten erwerben. Der Zusammenhang zwischen Mathematik und diesen beiden Fächern wird deshalb als eine Variable für Studienerfolg gesehen. Mathematik wird in beiden Studiengängen in separaten Lehrveranstaltungen auf eine spezifische, mathematische Weise gelehrt, innerhalb der Grundlagenveranstaltungen hat die Mathematik aber einen fachspezifischen Charakter. Die besondere Rolle der Mathematik für die Physik wird deutlich, indem sie als „Mittel zur Beschreibung von Welt“ (Prediger 2009) und als eine Grundlage der physikalischen Methodik und Erkenntnisgewinnung zu sehen ist (bspw. Pospiech, 2009). Physikalische Prozesse werden mit mathematischen Methoden modelliert, um Phänomene zu beschreiben, Untersuchungen zu designen und um Abläufe und Ergebnisse physikalischer Prozesse zu prognostizieren (bspw. Angell, Kind, Henriksen, & Guttersrud, 2008).

Nach ersten curricularen Analysen von Klausuren in beiden Grundlagenveranstaltungen wird angenommen, dass Studierende der Physik und des Bauingenieurwesens dann erfolgreich sind, wenn es ihnen gelingt, gegebene fachliche Modelle in mathematische Modelle sowie mathematische Modelle in mathematische Ergebnisse zu überführen und diese Ergebnisse fachlich zu interpretieren und zu bewerten. Wir nehmen an, dass Studierende, die diese Fähigkeiten im ersten Studienjahr entwickeln können, im Studium erfolgreich sind. Die genannten Schritte der Aufgabenbearbeitung lassen sich nach Borromeo-Ferri, Grünewald und Kaiser (2013) als mathematische bzw. physikalisch-mathematische Modellierung in folgende Teilkompetenzen operationalisieren:

- die Kompetenz zum Aufstellen eines mathematischen Modells aus einem Realmodell,
- die Kompetenz zur Interpretation mathematischer Resultate in der Realität und
- die Kompetenz zur Validierung des Ergebnisses.

Sie werden als Teile einer globalen Modellierungskompetenz gesehen, die als die Fähigkeit beschrieben werden kann, „Prozessschritte problemadäquat ausführen zu können sowie gegebene Modelle analysieren und vergleichen zu können“ (Blum, 2007).
Trump (2015) spezifiziert den von Blum in Anlehnung an Pollak (1979) genannten „Rest der Welt“ als Ausgangs- und Zielpunkt des Modellierungskreislaufs, mit Inhaltsbereichen der Physik. Damit entsteht ein Modell zur physikalisch-mathematischen Modellierung (siehe Abb. 1), das den Anforderungen Blums zur mathematischen Modellierung genügt, jedoch auf den Inhaltsbereich der Physik und des Bauingenieurwesens bezogen werden kann.

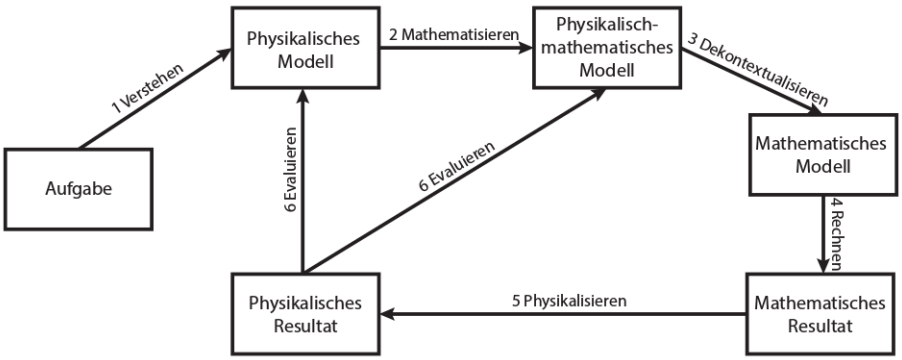


Abb.1: Modell der physikalisch-mathematischen Modellierung angepasst von Trump (2015)

Dieses Modell umfasst die Prozessschritte 1) Verstehen, 2) Mathematisieren, 3) Dekontextualisieren, 4) Rechnen, 5) Physikalisieren und 6) Evaluieren. Für die von uns fokussierten Grundlagenveranstaltungen müssen Studierende vor allem für die Bewältigung der Schritte 2, 3, 4, 5 und 6 Fähigkeiten entwickeln, wobei unsere curricularen Analysen zeigen, dass in den entsprechenden Klausuren die Schritte 5 und 6 nur sehr selten explizit gefordert sind.

Methode

Die untersuchte Stichprobe umfasst Studierende der Physik und des Bauingenieurwesens an der Universität Duisburg-Essen im ersten Studienjahr. Wir betrachten die oben beschriebenen Fähigkeiten und Eigenschaften der Studierenden in einer längsschnittlichen Studie und setzen dafür fachspezifische und psychologische Testinstrumente zu drei Messzeitpunkten vor und nach dem ersten Semester (WiSe 2016/17) und nach dem zweiten Semester (SoSe 2017) ein. Im Wintersemester 2015/16 werden unsere entwickelten Testinstrumente pilotiert. Die erwartete Anfangsstichprobe liegt für die Physik bei etwa 180 und für das Bauingenieurwesen bei etwa 300 Studierenden.
Es werden ein fachspezifischer Wissenstest, ein fachspezifischer Modellierungstest und ein Rechentest entwickelt. Die Modellierungstests umfassen Items zu den oben beschriebenen Schritten 2, 3, 5 und 6. Schritt 4 wird separat im Rechentest operationalisiert. Für die Entwicklung der Items in den Modellierungstests wurden in dieser Untersuchung Operatoren entwickelt. Diese Operatoren beschreiben die jeweiligen, für die Bewältigung der Items benötigten Fähigkeiten und konnten den Modellierungsschritten in Tab. 1 zugeordnet werden.

Schritt im Modell	Operatoren zur Aufgabenkonstruktion
2 Mathematisieren	(A) Identifizieren eines phys. Konzeptes in einer Situation

3 Dekontextualisieren	(B) Aufstellen von mathematischen Gleichungen auf Basis fachspezifischer Konzepte
5 Physikalisieren	(C) Erkennen von fachspezifischen Zusammenhängen in einer mathematischen Struktur, (D) Interpretation von Graphen, (E) Interpretation einer Gleichung (z. B. als Messvorschrift)
6 Evaluieren	(F) Ziehen von Schlussfolgerungen aus fachspezifischen Ergebnissen

Tab.1: Operatoren zur Entwicklung von Items für den Modellierungstest

Schritt 1 des Modellierungskreislaufs wird in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt, da er in den Grundlagenveranstaltungen nicht explizit curricular verankert ist.
Als psychologische Merkmale werden das metakognitive Wissen, das Wissen über Lernstrategien, das akademisches Selbstkonzept, die allgemeine Lern- und Studienmotivation, die Erwartungen an das Studienfach und das fachliche Interesse erhoben. Wir vermuten, dass sowohl diese außerfachlichen Determinanten als auch das fachspezifische Vorwissen und die fachspezifische, physikalisch-mathematische Modellierungsfähigkeit Prädiktoren für Studienerfolg sind.

Literatur

Angell, C., Kind P.M., Henriksen, E.K. & Guttersrud, Ø. (2008). An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics. 2008 Phys. Educ. Vol. 43. http://iopscience.iop.org/0031-9120/43/3/001 Zugegriffen: 11.10.2015.

Blum, W. (2007). Mathematisches Modellieren – zu schwer für Schüler und Lehrer? In: Beiträge zum Mathematikunterricht. www.mathematik.tu-dortmund.de/ieem/ Zugegriffen: 11.10.2015.

Borromeo-Ferri, R., Grünewald, S. & Kaiser, G. (2013). Effekte kurzzeitiger Interventionen auf die Entwicklung von Modellierungskompetenzen. In: Borromeo-Ferri R., Greefrath, G. & Kaiser, G. (Hrsg.) (2013). Mathematisches Modellieren für Schule und Hochschule. (S. 41–56). Wiesbaden: Springer Spektrum.

Heublein, U., Schmelzer, R., Sommer, D., & Wank, J. (2008). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Hannover: HIS GmbH.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010. Hannover: HIS GmbH.

Pollak, H. (1979). The Interaction between Mathematics and Other School Subjects. In: UNESCO (Hrsg.): New Trends in Mathematics Teaching IV. (S. 232 – 248). Paris.

Pospiech, G. (2009). Die Rolle der Mathematik im Physikunterricht der Sekundarstufe I. In: D. Höttecke, Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. (S.164 - 166). Berlin: LIT-Verlag.

Prediger, S. (2010). „Aber wie sag ich es mathematisch?“ – Empirische Befunde und Konsequenzen zum Lernen von Mathematik als Mittel zur Beschreibung von Welt. In: D. Höttecke (Hrsg.): Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Jahrestagung in Dresden 2009. (S. 6-20). Berlin: LIT-Verlag.

Trump, S. (vor. 2015). Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II !? Eine systematische Analyse zur notwendigen Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II sowie eine Benennung notwendiger mathematischer Fertigkeiten für einen flexiblen Umgang mit Mathematik beim Lösen physikalisch-mathematischer Probleme im Rahmen der Schul- und Hochschulbildung. Berlin: Logos.

Thomas Dickmann Universität Duisburg-Essen
Maria Opfermann
Stefan Rumann
Elmar Dammann
Martin Lang
Carsten Schmuck

Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie

In der Lehr-Lern-Forschung werden Visualisierungen als Ergänzung zu Text spätestens seit Paivio (1986) und seiner Theorie der doppelten Kodierung als besonders lernförderlich angesehen. Auch fachspezifisch wird der lernförderliche Charakter unterstrichen. Nach Ainsworth (2006, 2008) lassen sich Text-Bild-Kombinationen als multiple externale Repräsentationen (MER) auffassen. Diese können drei Funktionen einnehmen, um das Erlernen von neuen Informationen zu erleichtern. Zum einen können MER demnach komplementäre (ergänzende) Funktionen besitzen, sie können die Interpretationsfreiheit der jeweils anderen Repräsentationsform einschränken, und sie können somit zur Konstruktion von tieferem Verständnis führen.
In seiner Kognitiven Theorie Multimedialen Lernens weist Mayer (2009) allerdings auch darauf hin, dass Visualisierungen nur unter bestimmten Voraussetzungen lernförderlich sind. So zählt er verschiedene Prinzipien (Multimedia-, Modalitäts-, Kontiguitäts-, Kohärenz- und Redundanzprinzip sowie das Prinzip der individuellen Unterschiede) auf, welche beachtet werden müssen, um Text-Bild-Kombinationen optimal zu gestalten.
Diese Prinzipien sind im Blick auf die Cognitive Load Theory (van Merriënboer & Sweller, 2005) von eminenter Bedeutung, da Misserfolg beim Lernen auch mit der suboptimalen Gestaltung von Lernmaterialien erklärt werden kann, welche insbesondere bei Lernenden mit niedrigem Vorwissen das Arbeitsgedächtnis überlasten und so den Wissenszuwachs verhindern können.
Basierend auf den oben genannten Theorien sollte gutes Lernmaterial demnach unter anderem so gestaltet sein, dass dieses erstens optimal am Vorwissen der Lernenden anknüpft, zweitens ausschließlich auf den Lerninhalt fokussiert und drittens auch individuelle Lernvoraussetzungen berücksichtigt.

Diese Überlegungen führen nun zu konkreten Forschungsfragen, die das Teilprojekt D der DFG-Forschergruppe ALSTER(Akademisches Lernen und Studienerfolg in der Eingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen) fokussiert:

- Welche Formen von Visualisierungen dominieren in gängigen Lehrmaterialien für das Studium der Chemie und den Ingenieurwissenschaften, insbesondere zu Beginn des Studiums?
- Über welche individuellen Voraussetzungen verfügen Studierende zu Beginn ihres Studium der Chemie und den Ingenieurwissenschaften?
- Welche der individuellen Eigenschaften und Voraussetzungen der Lernenden sagen den erfolgreichen Umgang mit Visualisierungen verschiedener Art vorher?

Unser Ziel ist es dabei insbesondere, herauszufinden, welche Prädiktoren visuelles Modellverständnis beeinflussen und inwiefern visuelles Modellverständnis Studienerfolg prädiktiert.

Die Beantwortung der Forschungsfragen erfolgt in zwei Stufen. Die Klassifizierung und Quantifizierung der Visualisierungen wird in einem ersten Schritt mittels einer Lehrbuchanalyse durchgeführt. In einem zweiten Schritt werden die Ergebnisse aus der

Lehrbuchanalyse genutzt, um ein geeignetes Testinstrument zu entwickeln, welches visuelles Modellverständnis erfassen kann.
Die angesprochene Lehrbuchanalyse ist angelehnt an die Einteilung von Visualisierungen nach Schnotz (2005) und Niegemann et al (2008). Visualisierungen können demnach entweder dekorativen oder instruktionalen Charakter besitzen. Dekorativ bedeutet, dass diese Visualisierungen illustrative Eigenschaften besitzen, welche nicht unmittelbar das Verständnis fördern, während instruktionale Visualisierungen sich direkt auf den Inhalt beziehen und demnach verständnisfördernd wirken. Deswegen werden ausschließlich instruktionale Visualisierungen auf einer zweiten Ebene erneut untergliedert in die Kategorien: Symbolisch, Ikonisch und Mischformen. Schnotz (2005) versteht unter ikonischen Visualisierungen, dass diese strukturelle Gemeinsamkeiten bzw. deutliche Ähnlichkeiten zum Referenzobjekt aufweisen (Molekülmodelle, Apparaturen etc.), wohingegen symbolische Visualisierungen keinerlei strukturelle Ähnlichkeiten zum Referenzobjekt (Reaktionsgleichungen, Summenformel, etc.) besitzen. Falls die Visualisierung beide der o.g. Charakteristika aufweist, so wird sie der Kategorie „Mischform“ zugeordnet. Abbildung 1 zeigt das Kategoriensystem der Lehrbuchanalyse.

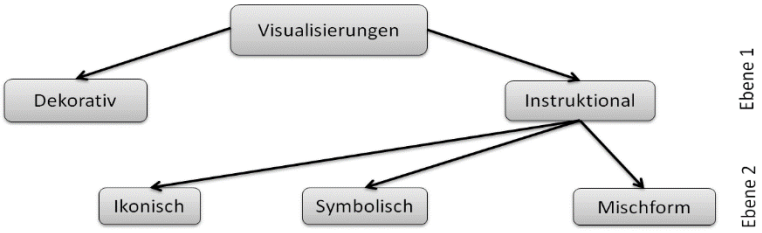


Abbildung 1: Übersichtsdarstellung des Kategoriensystems der Lehrbuchanalyse

Für die Klärung der weiteren Forschungsfragen wird anhand der Ergebnisse der Lehrbuchanalyse ein Testinstrument entwickelt, welches explizit das visuelle Modellverständnis von Chemie- und Bauingenieurstudierenden erfassen soll. Es wird angenommen, dass visuelles Modellverständnis von unterschiedlichen fachspezifischen Charakteristika prädiktiert wird. So wird vermutet, dass das räumliche Vorstellungsvermögen, insbesondere das visuelle Modellverständnis, bei den Chemikern vorhersagt, während das formal-logische Denken ein wesentlicher Prädiktor für visuelles Modellverständnis bei den Ingenieuren sein soll. Um diese Hypothesen zu erfassen und die unterschiedlichen fachspezifischen Charakteristika abzugrenzen, wird der Test zur Erhebung des visuellen Modellverständnis in drei Teile untergliedert: einen chemiespezifischen, einen allgemeinen und einen ingenieurspezifischen Teil. Um die beiden Gruppen miteinander vergleichen zu können, werden im allgemeinen Teil fachunspezifischen Items eingesetzt. Die einzelnen Teile des Tests werden so konzipiert, dass prinzipiell jeder Proband alle Items auch ohne spezifisches Fachwissen beantworten kann. Im Allgemeinen sollte sich zeigen, dass jemand, der im Ingenieurteil gut abschneidet, auch in den beiden anderen Teilen überdurchschnittliche Werte erzielt.
Der Test wird innerhalb des ALSTER-Projekts eingesetzt, welches als eine Längsschnittstudie über die ersten beiden Semester naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge angelegt ist und drei Messzeitpunkte beinhaltet: Anfang und Ende des Wintersemesters sowie das Ende des Sommersemesters. Die Pilotierung des Modellverständnistests erfolgt im Wintersemester 2015/2016.
Im Folgenden wird auf Ergebnisauszüge der Lehrbuchanalyse eingegangen. Die Tabellen 1 und 2 geben eine Übersicht über die in den gängigen Lehrbüchern der Chemie Ebene (AC =

Allgemeine Chemie; OC = Organische Chemie und PC = Physikalische Chemie) dominierenden Visualisierungen, insbesondere zu Beginn des Studiums.

Variablen	Abbildungen Gesamt	Physikalische Chemie	Organische Chemie	Allgemeine Chemie	Cohens κ
Dekorativ	137	0,0%	2,2%	4,2%	.96-1.0
Instruktional	6991	100%	97,2%	95,7%	.96-1.0

Tabelle 1: Lehrbuchanalysenergebnisse auf der ersten Ebene

Variablen	Abbildungen Gesamt	Physikalische Chemie	Organische Chemie	Allgemeine Chemie	Cohens κ
Ikonisch	670	9,9%	9,7%	8,3%	.93-.98
Symbolisch	5495	83,6%	71,5%	75,3%	.93-.96
Mischform	840	6,6%	17,1%	12,0%	.89-.96

Tabelle 2: Lehrbuchanalysenergebnisse auf der zweiten Ebene

Den beiden Tabellen kann entnommen werden, dass in allen Teilgebieten der Chemie instruktionale Abbildungen auf der ersten Ebene und symbolische Abbildungen auf der zweiten Ebene überwiegen. Dies überrascht ein wenig, da vermutet werden könnte, dass Molekülmodelle als typische ikonische Abbildungen in den Lehrbüchern vorherrschen. Es zeigt sich jedoch, dass insbesondere Reaktionsgleichungen und sonstige symbolische Abbildungen in den Lehrbüchern der Chemie verwendet werden.

Abschließend ist zu sagen, dass multimediales Lernen zunehmend in den Blickpunkt der Forschung gerückt ist, aber dass die Facette des visuellen Modellverständnisses bisher kaum in der Literatur behandelt wurde. Diese Forschungsarbeit versucht diese Lücke zu schließen, indem in einem ersten Schritt die dominierenden Visualisierungen in den gängigen Lehrmaterialen klassifiziert und quantifiziert werden und in einem zweiten Schritt ein geeignetes Testinstrument zur Erhebung von visuellem Modellverständnis entwickelt wird, um die prädiktive Kraft eben jener für Studienerfolg zu messen und andererseits die Prädiktoren von visuellem Modellverständnis zu erforschen.

Literatur

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

Ainsworth, S. E. (2008). The educational value of multiple representations when learning complex scientific concpets. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhel (Eds.), Visualization: Theory and Practice in Science Education (pp. 191-208). New York: Springer.

Atkins, P. W., Trapp, C. A., De Paula, J. & Giunta, C. (2013). Physikalische Chemie, 5th edition, Weinheim: Wiley-VCH.

Bruice, P. Y. (2011). Organische Chemie, 5th edition, München: Pearson.

Mayer, R. E. (2009). Multimedia Learning. 2nd edition. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Mortimer, C. E., & Müller, U. (2014). Chemie: Das Basiswissen der Chemie, 12th edition. Stuttgart: Thieme.

Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, a., Hupfer, M., & Zobel, A. (2008). Kompendium multimediales Lernen. Heidelberg: Springer.

Paivio, A. (1986). Mental Representations: A Dual-Coding Approach. Oxford University Press, New York.

Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press.

Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. Educational Psychology Review, 17, 147-177.

Torsten Binder
Philipp Schmiemann
Heike Theyßen
Angela Sandmann
Bernd Sures

Universität Duisburg-Essen

Fachspezifisches Vorwissen und Studienerfolg in Biologie und Physik

Ausgangslage

Jahr für Jahr beginnen immer mehr Jugendliche ein Studium. Zwischen 2012-2020 werden deutlich über 450.000 neue Studienanfänger pro Jahr erwartet (KMK, 2012). Mit diesen erheblich steigenden Studierendenzahlen geht allerdings auch ein erhöhter Studienabbruch einher. Besonders in den naturwissenschaftlichen Fächern hat ein Großteil der Studierenden sein Studium bereits nach durchschnittlich 2,3 Semestern abgebrochen (Heublein et al., 2012). In den Fächern Physik und Biologie stiegen die Abbruchquoten an Hochschulen von 39% auf 41% bzw. von 20% auf 27% in nur zwei Jahren (Heublein et al., 2012, 2014). Die Suche nach Erfolgsfaktoren für ein naturwissenschaftliches Studium ist deshalb unerlässlich. Besonders fachunspezifische Größen, wie z.B. die Abiturdurchschnittsnote, Einzelnoten in fachunspezifischen Fächern oder Persönlichkeitsmerkmale rückten bereits verstärkt in den Fokus der Forschung. Die hier vorgestellte Studie nimmt einen fachspezifischen Erfolgsfaktor in den Blick, das fachspezifische Vorwissen. Mit diesem Fokus fügt sich die Studie in das Rahmenmodell des DFG-geförderten ALSTER-Projekts ein.

Theoretischer Hintergrund

Vorwissen gilt grundsätzlich als stärkster Prädiktor für Lernerfolg (Dochy, Segers & Bühl, 1999). Für alles neu erworbene Wissen ist letztendlich das Vorwissen eines Lernenden der Ausgangspunkt (Dochy, 1992, Ausubel, 1980). Es stellt die Basis für die Assimilation neuen Wissens; auch im Studium. Durch diese prominente Rolle von Vorwissen für den Erwerb von Wissen ist die Erfassung von Vorwissen von zentraler Bedeutung, um eine möglichst lernförderliche Lernumgebung zu schaffen (Renkl, 1996). Für die Erfassung des Vorwissens von Studierenden finden sich darüber hinaus viele weitere Gründe, u.a. kann nur über eine möglichst genaue Bestimmung des bisherigen Wissens geeignete individuelle Unterstützung für Studierende ermöglicht werden.

Aus logischen Gesichtspunkten sollte für die Prädiktion von Studienerfolg nicht das ganze Vorwissen eine Rolle spielen. Viel eher sollte das im Fach benötigte Wissen (fachspezifisches Vorwissen) ausschlaggebend für den späteren Erfolg sein. Empirische Hinweise darauf finden sich beispielsweise in Studieneingangstests. So ist der SATII, der fachspezifische Teil des Scholastic Assessment Tests, über fachunspezifische Faktoren hinaus prädiktiv für den Erfolg im Studium (Formazin, 2010). Bei den wenigen deutschen Studieneingangstests finden sich ähnliche Ergebnisse. So zeigt der TMS, der Vortest für medizinische Studiengänge, inkrementelle Validität über die Abiturnote als Einzelprädiktor hinaus (Trapmann et al., 2007). Durch das Vorwissen in Verbindung mit anderen wesentlichen fachunspezifischen Faktoren von Studienerfolg wird so eine Varianzaufklärung über einzelne Faktoren hinaus erreicht.

Übereinstimmend berichten Tobias (1995) und Dochy (1992, 1996), dass es besonders auf die differenzierte Messung von verschiedenen Typen des Vorwissens mit unterschiedlichen Testinstrumenten ankommt. Jeder eingesetzte Test zur Erfassung des Vorwissens erfasst nur einen Teil des tatsächlichen Vorwissens einer Versuchsperson. Gleiches gilt auch für das fachspezifische Vorwissen. So berichten Hailikari et al. (2009), dass es für die differenzierte Erfassung von fachspezifischem Vorwissen förderlich ist, mehrere verschiedene Methoden

einzusetzen. Hailikari et al. (2009) untergliedern das Vorwissen dazu in vier unterschiedliche Vorwissenstypen (Abb.1): *Knowledge of facts*, *Knowledge of meaning*, *Integration of knowledge* und *Application of knowledge*.
Diese vier Vorwissenstypen weisen unterschiedlich starke Anteile an deklarativem bzw. prozeduralem Wissen auf und unterscheiden sich somit hinsichtlich der geforderten kognitiven Anforderungen und der Komplexität des Wissens.
Hailikari (2007) geht auf Basis des theoretischen Modells von einer unterschiedlichen Prädiktionskraft der einzelnen Vorwissenstypen in verschiedenen Fächern aus.
Diese Annahme wurde bereits in verschiedenen Studien bestätigt. So ist in Chemie

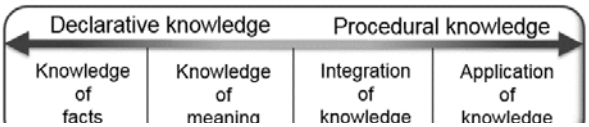


Abb. 1: Vorwissenstypen nach Hailikari (2007) in Anlehnung an Dochy (1992), Anderson & Krathwohl (2001) und Biggs (2003), verändert

besonders *Application of knowledge* prädiktiv für die spätere Kursnoten, in Mathematik ist *Integration of knowledge* über alle anderen Vorwissenstypen prädiktiv für die Kursnote und in organischer Chemie sind besonders *Knowledge of facts*, *Knowledge of meaning* und *Integration of knowledge* prädiktiv für einen erfolgreichen Kursabschluss (Hailikari et al. 2007, 2009, 2010). Für Biologie und Physik bestehen bislang keine Erkenntnisse über die Prädiktionskraft dieser Vorwissenstypen.
Aus diesen Befunden lässt sich ableiten, dass aufgrund der unterschiedlichen Struktur der Studiengänge auch für Physik und Biologie verschiedene Vorwissenstypen des fachspezifischen Vorwissens unterschiedlich prädiktiv für späteren Studienerfolg sein könnten.

Zielsetzung und Fragestellungen

Ziel der Studie ist es, die Stärke des fachspezifischen Vorwissens als Prädiktor für späteren Studienerfolg im Anfangsstadium von Biologie- und Physikstudierenden zu untersuchen. In diesem Zusammenhang sind sowohl der allgemeine Einfluss, der Einfluss der verschiedenen Vorwissenstypen sowie die fachlichen Unterschiede von Interesse. Daraus ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

- Wie stark prädiktiert das fachspezifische Vorwissen den Studienerfolg in Physik bzw. Biologie in der Studieneingangsphase?
- Wie stark prädiktieren die verschiedenen Typen des fachspezifischen Vorwissens den Studienerfolg in Physik bzw. Biologie in der Studieneingangsphase?
- Welche Unterschiede bestehen in den Fächern Physik und Biologie hinsichtlich der Prädiktionskraft verschiedener Typen des fachspezifischen Vorwissens für den Studienerfolg?

Studiendesign und Stichprobe

Erhoben wird das fachspezifische Vorwissen, getrennt nach den Vorwissenstypen (s.o.), und der Studienerfolg zu drei Messzeitpunkten: vor dem ersten Fachsemester, nach dem ersten Fachsemester und nach dem zweiten Fachsemester. Für jeden der vier Vorwissenstypen wird ein spezifisches Testinstrument eingesetzt, das den jeweiligen Wissenstyp adäquat erfasst. So beinhaltet beispielsweise *Knowledge of facts* das Wiedererkennen und die Reproduktion spezifischer, alleinstehender Fakten des Fachs (Hailikari et al., 2007). Aufgrund dessen wurde ein multiple-choice Test für die adäquate Erfassung des *Knowledge of facts* konstruiert. *Integration of knowledge* hingegen beschreibt die Fähigkeit, Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Konzepten des Fachs darzustellen (Hailikari, 2009) und

verlangt somit einen hohen Grad an Wissensvernetzung. Eine geeignete Methode, diese Vernetzung abzubilden, ist die Concept Map. In dieser Studie wird daher eine Concept Map, bestehend aus acht Knoten, verwendet, bei der Relationen zwischen den biologischen bzw. physikalischen Konzepten gebildet werden sollen. Entsprechend der Charakteristika der anderen beiden Wissenstypen kommen des Weiteren ein offenes Antwortformat sowie ein Problemschematest (Friege, 2001) zum Einsatz.

Der Studienerfolg wird als Verbleib im Studiengang, Prüfungsnote und Wissenszuwachs operationalisiert und ebenfalls zu den drei Messzeitpunkten erhoben. Als Kontrollvariablen werden die mathematischen und die kognitiven Fähigkeiten (KFT-14) sowie u.a. motivationale Konstrukte und Studienzufriedenheit erhoben.

Der Testinhalt wird über die verschiedenen Messzeitpunkte dem fachlichen Inhalt der jeweiligen universitären Veranstaltungen im Semester angepasst. Dadurch kann die curriculare Validität der Tests sichergestellt werden. Um das Vorwissen der Studierenden längsschnittlich abzubilden, verbleiben einige Ankeritems über alle Messzeitpunkte im Test.

Erwartete Ergebnisse und Relevanz

Im Rahmen dieses Projekts werden in erster Linie Erkenntnisse über den Vorwissensstand, sowie die Veränderung des Vorwissens bei Studierenden in Physik und Biologie zu Studienbeginn erwartet. Es wird die Frage geklärt, welche Vorwissenstypen den Studienerfolg in diesen Fächern über fachunspezifische Prädiktoren hinaus vorhersagen. Auf Basis dieser Kenntnisse wird die Planung von Interventionsstudien zur Optimierung der Studieneingangsphase möglich.

Literatur

Ausubel, D. P. (1980). Schemata, cognitive structure, and advance organizers: A reply to Anderson, Spiro, and Anderson. American Educational Research Journal, 17(3), 400-404.

Dochy, F. J. (1992). Assessment of prior knowledge as a determinant for future learning: The use of prior knowledge state tests and knowledge profiles. Utrecht: Lemma BV.

Dochy, F. J., Moerkerke, G., & Martens, R. (1996). Integrating assessment, learning and instruction: Assessment of domain-specific and domaintranscending prior knowledge and progress. Studies in educational evaluation, 22(4), 309-339.

Dochy, F. R. C., Segers, M., & Buehl, M. M. (1999). The relation between assessment practices and outcomes of Studies: The case of research on prior knowledge. Review of Educational Research, 69(2), 145–186.

Formazin, M. (2010). Schlussfolgerndes Denken und fachspezifisches Vorwissen als Prädiktoren der Studienleistung im Fach Psychologie. Kovač.

Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen. Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. Berlin: Logos-Verlag.

Hailikari, T. K., & Nevgi, A. (2010). How to diagnose at-risk students in chemistry: The case of prior knowledge assessment. International Journal of Science Education, 32(15), 2079–2095.

Hailikari, T. (2009). Assessing University Students' Prior Knowledge. Implications for Theory and Practice. University of Helsinki Department of Education Research Report, 227.

Hailikari, T. K., Nevgi, A., & Lindblom-Ylänne, S. (2007). Exploring alternative ways of assessing prior knowledge, its components and their relation to student achievement: A mathematics based case study. Studies in Educational Evaluation, 33(3-4), 320–337.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2014). Die Entwicklung der Studienabbruchquote an den deutschen Hochschulen. HIS–Projektbericht. Hannover.

HIS. (2013). HIS-Pressemitteilung zur Publikation HIS:Forum Hochschule 10/2013. Retrieved from http://www.his.de/presse/news/ganze_pm?pm_nr=1253 (01.09.2013)

KMK (2005). Prognose der Studienanfänger bis 2025. Statischtische Veröffentlichungen der KMK, Dokumentation Nr. 200.

Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistung. Emotionen, Kognitionen und Schulleistung, 175-190.

Tobias, S. (1995). Interest and metacognitive word knowledge. Journal of educational psychology, 87(3), 399.

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.

Leonard Büsch RWTH Aachen University
Heidrun Heinke

Auf dem Weg zu attraktiven interaktiven Versuchsanleitungen

Eine Befragung unter Studierenden des Maschinenbaus an der RWTH Aachen (N=125, WS14/15) bestätigt die rasante Zunahme der multimedialen Ausstattung von Studierenden (vgl. JIM-Studie 2014). Die jetzt erreichte Geräteausstattung der Studierenden mit Laptops, Tablets und Smartphones bietet aus infrastruktureller Sicht die Voraussetzung für einen breiten Einsatz multimedialer interaktiver Lehr-Lern-Materialien in der universitären Lehre. Dies wird zum Anlass genommen, die Anleitungen für ein physikalisches Praktikum am Beispiel einer Veranstaltung für Maschinenbau-Studierende unter Einbindung multimedialer interaktiver Elemente neu zu konzipieren. Die Konzeption der interaktiven Versuchsanleitungen (IVA) steht am Anfang eines iterativen Entwicklungsprozesses und basiert dabei auf zwei Eingangsuntersuchungen (Abb. 1): Zum einen wurde im WS 2014/15 eine Umfrage unter Maschinenbau-Studierenden an der RWTH Aachen durchgeführt, in der neben den Daten zur medialen Ausstattung auch die Erwartungen der Studierenden an multimediale IVA erhoben wurden (vgl. Büsch & Heinke, 2015). Zum anderen wurden im SS 2015 für einen exemplarischen Versuch die studentischen Praktikumsteilnehmer sowie der Versuchsbetreuer mit Smartpens ausgestattet und so die Prozesse während der Vorbereitung und Durchführung der Messungen sowie bei der Auswertung der Messdaten detailliert untersucht. Dies kann zu einem tieferen Verständnis der konkreten experimentellen Abläufe führen und bei der Offenlegung von Problemen helfen, die im Verlauf des Experiments auftreten, wie im Kontext interaktiver Bildschirmexperimente (IBE) bereits berichtet wurde (Fraß et al., 2014). In der hier vorgestellten Studie bleiben die Schlussfolgerungen aus den Smartpen-Daten nicht auf das Design der IBE als wichtigem Element der interaktiven Versuchsanleitungen beschränkt, sondern fließen darüber hinaus auch in die Gesamtkonzeption der Anleitung ein. Die Studie unterscheidet sich vom Ansatz von Fraß et al. zudem durch die zusätzliche Ausstattung des Versuchsbetreuers mit einem separaten Smartpen und einem unterstützenden Protokollformular. Dadurch werden gezielt die Interaktionen zwischen den Studierenden und dem Betreuer erfasst und bewertet und damit die Lernerschwierigkeiten bei der Versuchsdurchführung und -auswertung konzentriert in den Blick genommen.

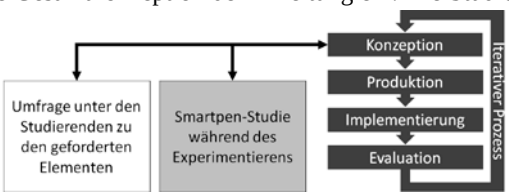


Abb. 1: Iterativer Prozess der Erstellung der IVA sowie Details der Konzeption

Studie

Untersuchungsgegenstand: In dem betrachteten Versuch zur *Radioaktivität* messen die Studierenden die Aktivität eines radioaktiven Präparates mithilfe eines Geiger-Müller-Zählrohres bei verschiedenen Abständen und mit verschiedenen Absorptionsmaterialien zwischen Quelle und Zählrohr. Sie dokumentieren ihre Messungen in einem Protokoll und überprüfen (vor Ort) das Abstands- und das Absorptionsgesetz anhand einer geeigneten Auswertung. Insgesamt wurden 33 Studierende beim Experimentieren beobachtet, die in 15 Zweiergruppen und drei Einzelgruppen arbeiteten.

Methode: Analog zur Studie von Fraß et al. wurden der Versuchsablauf, die Studierendengespräche, die Entstehung des Messprotokolls und der Auswertung mittels

eines von den Studierenden am Versuchsplatz verwendeten Smartpens erhoben. Diese Erhebungsperspektive wurde durch ein vom Betreuer geführtes Interaktionsprotokoll ergänzt, auf dem - ebenfalls mit einem Smartpen - die während der Versuchsdurchführung von Studierenden gestellten Fragen protokolliert und bewertet wurden.

Ergebnisse zur Versuchsdauer: In 13 Fällen liegen für die Versuchsgruppe sowohl die Smartpen-Daten der Studierenden als auch des Betreuers vollständig für die gesamte Versuchsdauer vor. Nur diese vollständigen Datensätze wurden für die nachfolgend beschriebenen Analysen berücksichtigt. Die Gesamtdauer der Versuchsdurchführung, Messdatenaufnahme und –auswertung kann mit dem Start und dem Beenden der Aufzeichnung des Smartpens der jeweiligen Gruppe abgeschätzt werden (Abb. 2). Im Durchschnitt brauchen die Studierenden 100 Minuten für den Versuch.

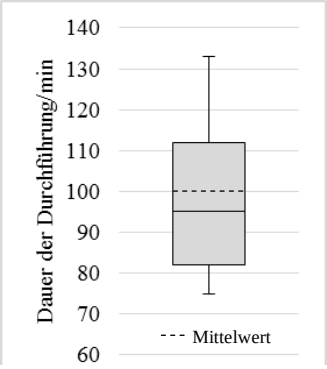


Abb. 2: Dauer der Versuchsdurchführung und -auswertung

Ergebnisse zu Betreuer-Studierenden-Interaktionen: Das Interaktionsprotokoll lässt einen Rückschluss auf die Zahl der Interaktionen zwischen den Studierenden und dem Betreuer zu. Dabei gelten einzelne Sprechhandlungen zwischen Betreuer und Studierenden - sowohl Fragen der Studierenden zusammen mit der Antwort des Betreuers als auch Hinweise von Seiten des Betreuers - als eine Interaktion. Insgesamt wurden 220 solcher Interaktionen aufgenommen, was einen Durchschnitt von etwa 16 Interaktionen pro Gruppe ergibt. Eine Korrelation zwischen der Anzahl der Interaktionen und der benötigten Versuchsdauer ist nicht erkennbar.

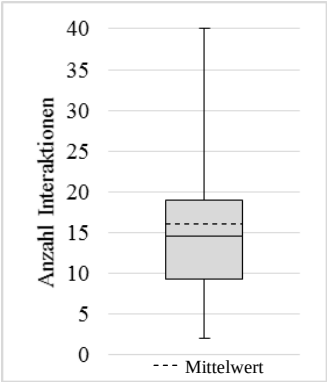


Abb. 3: Anzahl der Interaktionen

Aus der inhaltlichen Analyse lassen sich für diesen Versuch die folgenden drei Problembereiche erkennen. Exemplarisch werden dazu einige Interaktionen diesen Bereichen zugeordnet:

a) Versuchsaufbau: Die Studierenden hatten Schwierigkeiten, sich den Versuchsaufbau vorzustellen und lernten ihn daher erst während der Durchführung kennen. Die Funktionsweisen des Geiger-Müller-Zählrohres und der Einstellungen des Abstandes sowie der Absorberplättchen wurden an jedem Termin in der Vorbesprechung gezeigt und dennoch kam es zu folgenden Fragen: „Ist das Ding jetzt auf 60 oder auf 10 Sekunden eingestellt?“ „Sollen wir jeweils die einzelnen Platten reinschieben, oder sollen wir die aufaddieren?“ „Sind die [Plättchen] unterschiedlich dick?“ „Wo müssen wir genau schauen, ob wir auf 6 sind?“ „Welche Länge bei dem Detektor?“

b) Mathematische Berechnungen: Die Studierenden haben Schwierigkeiten mit mathematischen Berechnungen und Überlegungen. So fielen einigen von ihnen das Zeichnen von Ausgleichsgeraden und die Interpretation ihrer Steigungen schwer, obwohl auch das in der Vorbesprechung thematisiert wurde. Die Berechnung von Messunsicherheiten stellte ebenfalls ein Problem dar und erfolgte ausschließlich mit Unterstützung des Betreuers. „Wie mache ich denn jetzt die lineare Regression?“ „Wir sind uns nicht ganz sicher, wie man das hier aufträgt.“ „Sollen wir dann Fehlerfortpflanzung machen?“ „Was für eine Einheit hat denn C eigentlich?“ „Was ist überhaupt *dN nach dt*?“

c) Beurteilung der Ergebnisse: Es gab einige Unklarheiten darüber, ob die eigene Datenaufnahme vollständig oder die Auswertung korrekt waren. Den Studierenden war nicht

immer ersichtlich, ob bereits alle Aufgaben bearbeitet wurden und wie diese zu bewerten waren. Der Hinweis des Betreuers, welche Versuchsteile noch fehlten, obwohl die Studierenden meinten „... wir sind fertig soweit“ fällt in diesen Bereich ebenso wie die folgenden Fragen und Aussagen: „Ist dieser Wert richtig?“ „Gibt das Sinn von der Zahl her?“ „Also wir bekommen da ehrlich einen unglaublichen Wert raus...“ „Irgendwas stimmt mit diesen beiden Werten nicht.“ „Passt das ungefähr?“

Konsequenzen für die Konzeption der IVA

Die Studie hat gezeigt, dass die vom Betreuer erhobenen Smartpen-Interaktionsprotokolle in Verbindung mit den Smartpen-Aufzeichnungen der Studierenden in konzentrierter Weise die Probleme, die während des Versuches aufgetreten sind, offenlegen. Aus diesen aufgedeckten Problembereichen können Rückschlüsse für die Konzeption der zu gestaltenden IVA gezogen werden. Zudem können die quantitativen Ergebnisse für die Versuchsdauer und die Anzahl der Interaktionen aufschlussreich für weiterführende Studien sein.

Die Daten legen beispielsweise nahe, den Versuchsaufbau in der Vorbereitung in stärkerem Maße zu präsentieren als dies in den bisherigen Skriptanleitungen der Fall ist. Diese Forderung wird auch durch eine Untersuchung von Fricke et al. unterstützt, in der nach Einschätzung der Studierenden eine hypermediale Umgebung in der Vorbereitung „zu einem besseren Verständnis des Zusammenhangs von Formeln und Versuch, einer besseren Vorstellung der Versuchsanordnung sowie einer besseren Klarheit der Teilschritte des Versuchsablaufs“ führen kann (Fricke, Schecker & Rückmann, 2011). In der IVA soll die Darstellung des Versuchsaufbaus daher mit einem Video sowie einem IBE ergänzt werden. Zudem sollen Micro-Teaching-Videos (max. 2 Minuten) zum Einsatz kommen, um den Problemen beim Verständnis der Theorie zu begegnen und eine bessere Verknüpfung mit dem Experiment herzustellen. Die Ergebnisse der o.g. Umfrage (Abb. 1) besagen, dass sich auch über 85% der Maschinenbau-Studierenden die Elemente IBE und Video als (eher) hilfreich in einer IVA vorstellen (Büsch & Heinke, 2015). Ein weiteres interaktives Element, das zu 75% als (eher) hilfreich erachtet wurde, war eine Checkliste zur Versuchs-durchführung und –auswertung. Diese soll in der IVA durch eine kleinschrittige Durchführungsanleitung angeboten werden. Sie verspricht eine effizientere Nutzung der Praktikumszeit (vgl. Theyßen, 1999). Neben einer klareren Vorstellung über den Ablauf des Experimentes sollen den Studierenden insbesondere Vorgehensweisen zu einer stärkeren Selbstkontrolle mit an die Hand gegeben werden, die sie zu einer eigenständigen Reflexion und Beurteilung der Versuchsdurchführung, der Datenaufnahme und der ermittelten Ergebnisse anhalten und sie dabei anleiten sollen.

Literatur

Büsch, L. & Heinke, H. (in Druck). Wie kann die Attraktivität von web-basierten interaktiven Praktikumsanleitungen gesteigert werden?. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Wuppertal.

Feierabend, S. et al. (2014). JIM-Studie 2014. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hrsg.), Stuttgart. Online-Quelle: http://www.mpfs.de/filead-min/JIM-pdf14/JIM-Studie_2014.pdf (Stand: 10/2015).

Fraß, S., Lammertz, I. Magdans, U. & Heinke, H. (2014). Erhebung von Daten für IBE mit Smartpens. In: S. Bernholt (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013. Münster: Lit.

Fricke, A. & Schecker, H. & Rückmann, I. (2011). Hypermedia in der Vorbereitung auf das Physikalische Praktikum. PhyDid B, DPG – Münster 2011, Didaktik der Physik.

Theyßen, H. (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. In Niedderer & Fischler (Hrsg.), Studien zum Physiklernen, Bd. 9. Berlin: Logos Verlag.

Michael Urbanger Universität Erlangen-Nürnberg
Andreas Kometz

Mobiles Lernen im Chemieunterricht – Eine Einführung

Einführung

Chemie gilt unter heutigen Lernenden als eher unbeliebtes Unterrichtsfach und ist damit auch für die Lehrenden meist schwierig zu unterrichten. Oft hören die Lehrkräfte, es sei „einfach zu schwierig“ oder „man sieht ja nichts“. Hinter diesen Aussagen liegt fast immer das Problem der fehlenden Abstraktionsfähigkeit, die aber notwendig ist, um Hintergründe und Abläufe der makroskopisch nicht sichtbaren chemischen Prozesse zu verstehen. Nur wer in der Lage ist, sich mit Modellvorstellungen und den dazu notwendigen Hilfsmitteln aus der submikroskopischen Ebene heraus zu bewegen und für sich die Prozesse sichtbar zu machen, hat die Möglichkeit, Chemie zu verstehen und als das wahrzunehmen, was sie ist: eine Grundlagenwissenschaft, die Erklärungen für viele Alltagsphänomene bereithält. Die Abstraktionsfähigkeit aufzubauen, ist eine der zentralen Anforderungen an die Lehrenden und trotz des Einsatzes verschiedener vorgegebener Modelle und Medien und einer sich von der Alltagssprache abhebenden Fachsprache, sehr schwierig. Daher ist, um den Lernenden des 21. Jahrhunderts gerecht werden zu können, ein Umdenken in der Vermittlung chemischer Zusammenhänge erforderlich. Medien zur Beschreibung chemischer Sachverhalte sind für den Chemieunterricht natürlich essentiell. Dazu gehören aber neben den Altbewährten wie Tafel, Overhead, Filme, Modelle und dem Experiment, auch moderne und heute wohl erfolgreichste Medien, die digitalen – sei es PC, Smartphone oder Tablet. Jeder Lernende kennt sich als sogenannter „Digital Native“ mit den verschiedenen Geräten bestens aus, sind sie doch zentraler Bestandteil des jugendlichen Lebens. Basierend auf der JIM Studie 2014 stehen digitale Freizeitaktivitäten an erster Stelle (Internet 73 %, Smartphone 81 %, TV 62 %), Bücher (23 %) und Zeitschriften (22 %) werden nur noch gering genutzt. Auch ist der Besitzanteil digital tauglicher Geräte unter heutigen Jugendlichen sehr hoch: Handy (96 %), Smartphone (72 %) und Tablet-PC (36 %) sind als mobile Varianten sehr stark genutzt, die ortsfeste Variante PC nennen 80 % ihr Eigentum (Prozentangaben bezogen auf eine Stichprobengröße von n = 1200). Es ist daher notwendig, auch für den Chemieunterricht eine neue Form des Lernens zu etablieren, die die digitalen Fähigkeiten der Lernenden mit einbezieht: das mobile Lernen.

Lerntheoretische Überlegungen

„Wissen und Wissensvermittlung sind integrale Bestandteile dessen, was man als Grundform des sozialen Lebens ansehen kann, nämlich der Kooperation zweier Menschen in der Auseinandersetzung mit Gegenständen ihrer Umwelt unter Zuhilfenahme geeigneter Werkzeuge.“ (Schnotz, 1996, S. 18)

Nutzbares Wissen braucht dabei also „Werkzeuge“, wie z. B. Medien, die der Vermittlung zwischen Lerngegenstand und den Lernendem dienen. Eine Hilfe kann neben den Medien auch die Einbeziehung von Alltagsvorstellungen und Alltagswissen („Umwelt“) sein. Das Lernen in Gruppen, die Schnotz auf nur zwei Personen reduziert, erhöht zudem die Kernkompetenzen, um die es auch im Chemieunterricht geht: Sozialkompetenz, Kommunikationsfähigkeit und Medienfertigkeiten. Das nutzbare Wissen kann erhöht werden, wenn es dem Lehrenden gelingt, bei den Lernenden eine intrinsische Motivation für den Unterrichtsgegenstand auszulösen. Gerade durch die Eigentätigkeit der Lernenden, wie etwa beim Experimentieren und durch Nutzung der bereits alltäglich bekannten digitalen Medien, lässt sich dies erreichen.

Medienbildung

Im Allgemeinen wird unter dem Begriff der Medienbildung die Weiterentwicklung der medialen Fähigkeiten der Lernenden verstanden, die für jedes Fach gleichermaßen gefordert wird, für jedes Fach aber auch jeweils an die Erfordernisse angepasst sein muss. Lernende sollen unter Zuhilfenahme von verschiedenen Medien Verständnis chemischer Prozesse erlangen und anwenden können. Die Aufgabe der Medien ist dabei die Vermittlung zwischen zwei Ebenen der Chemie: der makroskopischen, stofflichen Ebene, die sich durch Farbumschläge, Fällungen, Temperaturänderungen, Geräusche usw. visuell, auditiv oder audiovisuell darstellt, und der submikroskopischen oder Teilchenebene, in der die visuell nicht sichtbaren Atom- bzw. Molekülveränderungen stattfinden. Für die Lernenden schwierig ist dabei der ständige Wechsel zwischen den Ebenen, da sie erst neu lernen müssen, dass sich die Erscheinungen auf der makroskopischen Ebene nur mithilfe der submikroskopischen Ebene erklären lassen. Durch die immer stärker vertretenen digitalen Medien im Chemieunterricht können abstrakte Modelle und Simulationen heute durch die große Anzahl vielfältiger Programme auf dem PC oder Tablet leicht als Verständnishilfen genutzt werden. Auch im Bereich der Experimente kann mit digitaler Unterstützung ein enormes Potenzial ausgeschöpft werden. Eine nicht zu unterschätzende Eigenschaft der neuen, digitalen Medien ist auch die Mobilität. Sie erlaubt den Ausbruch aus den starren Klassensituationen und ermöglicht damit, chemisches Wissen unabhängig von Ort und Zeit zu vermitteln und zu lernen.

Mobiles Lernen

Lernen heißt Wissen, Kenntnisse, Fähigkeiten und die Kompetenz ihrer Anwendung zu erwerben. Chemisches Wissen und Können aufzubauen, ist leichter, wenn es dem Lehrenden gelingt, auf vorhandenem Wissen oder Fähigkeiten aufzubauen. Es ist damit sinnvoll, wenn das bereits vorhandene Wissen über die digitalen Medien mit dem Fachwissen der Chemie verknüpft wird. Systeme wie der PC, Laptop, Tablet-PCs oder Smartphones lassen sich dank moderner Übertragungsarten untereinander problemlos verbinden, Dateien können direkt gesendet werden oder lassen sich in Clouds abspeichern und zu jeder Tageszeit und von jedem Ort aus nutzen. Ebenso kann mittels drahtloser Übertragung Material aus dem Internet ortsunabhängig verwendet werden. Die vielfältigen Darstellungs- und Gestaltungsformen, die variantenreichen Ausführungen von Lehr- und Lernmaterial, die Möglichkeit der schnellen Bearbeitung durch Lernende und Lehrende und die zahlreichen Präsentationsmöglichkeiten machen diese Systeme als modernes Unterrichtsmittel unverzichtbar. Ebenso sind die umfangreichen online zugänglichen Materialsammlungen, die zahlreichen Quellen für Wissen und die Möglichkeit des Austausches über Kommunikationsplattformen wie Chatrooms eine Bereicherung des Lern- und Lehrprozesses im Chemieunterricht. Der Einsatz von Computern oder den kleineren Verwandten im Unterricht ist nichts Neues, dies geschieht bereits seit rund zwei Jahrzehnten. Doch werden Schulen jetzt erst mit interaktiven Whiteboards, Laptops und Beamern ausgestattet, um den Anforderungen der notwendigen Medienbildung gerecht zu werden. Dies genügt jedoch nicht, um Mobiles Lernen zu ermöglichen. Mobiles Lernen lässt sich nur dann erreichen, wenn der Lerngegenstand aus den starren Vorgaben des Unterrichts wie auch des Unterrichtsraumes gelöst wird. Die heterogenen Lernvoraussetzungen und auch Interessen der Lernenden erfordern beim Einsatz der digitalen Medien deutlich mehr Raum für selbsttätiges Arbeiten und die Möglichkeit, den Lerngegenstand an motivational förderlichen Orten zu bearbeiten. Voraussetzung für Mobiles Lernen ist also der Zugang von Lernenden zu mobilen Computersystemen und zu Onlineinhalten. Das digitale Medium muss als zentraler Bestandteil in den geplanten Unterricht integriert sein und alle Aufgaben übernehmen können, die sonst anderen Medien zufallen würden. Das Lernen findet damit nicht mehr in Unterrichtsräumen statt, sondern es kann überall dort ein Lernraum entstehen, an dem sich

der Lernende wohlfühlt und arbeiten kann. Für den Chemieunterricht bedeutet dies eine große Chance, da die Lernenden die schwierigen submikroskopischen Prozesse über verschiedene Programme auf den Tablet's oder durch Zugang zu Onlinewissensspeichern verstehen können. Durch die Auflösung des starren Klassenverbands können sich zugunsten einer Steigerung der Kommunikationskompetenzen kleine Lerngruppen bilden, die den abstrakten chemischen Lerngegenstand bearbeiten, immer mit der Möglichkeit, sich mit den anderen Gruppen auszutauschen. Mobiles Lernen für den Chemieunterricht heißt also, sich zu jeder Zeit und an jedem Ort Wissen zu einem bestimmten chemischen Sachverhalt aneignen zu können, selbst Experimente zu planen und diese dann in den Experimentierräumen der Schule umsetzen zu können, mit Anderen Sachverhalte zu diskutieren und Hilfen auch aus anderen Fächern in Anspruch nehmen zu können (z. B. IT). Es bedeutet aber auch, sich als Klasse mit dem Lehrenden am Ende einer Arbeitsphase zu treffen, die Ergebnisse zu präsentieren und Erkenntnisse mit den Mitlernenden zu teilen, insbesondere wenn in den Arbeitsphasen Modellsimulationen oder Filme entstanden sind. Ein Versuch, all diese Forderungen umzusetzen, findet derzeit an einer Schule in Erlangen statt. Hier sind aber der Jahrgangsstufe 7 ganze Klassen mit Tablet-PCs ausgestattet und können nach teilweiser Anleitung durch die Lehrkraft Sachverhalte– nicht nur aus der Chemie – eigenständig bearbeiten, den Lernort frei wählen und die Ergebnisse später im Klassenverband präsentieren.

Ausblick

Mobiles Lernen ist eine große Chance, den Lernenden nicht nur Faktenwissen zu vermitteln, sondern wichtige Fähigkeiten, wie die Sozialkompetenz, Medienkompetenz und die Anwendung von Wissen, zu trainieren. Gerade in Chemie ist dies unerlässlich, da dies die einzige Wissenschaft ist, die in der Bevölkerung falsch verstanden wird. Es ist natürlich schwierig, Mobiles Lernen als Unterrichtsform in Schulen aufzubauen, da dies nicht nur hohe Anforderungen an die technische Infrastruktur stellt, sondern auch die Lehrenden dazu herausfordert, ihren bisherigen Unterricht radikal zu verändern. Die Lehrkraft muss zum technisch versierten, ergebnisoffenen und improvisationsfähigen Lernbegleiter werden, um den Lernenden das selbst gesteuerte, unvoreingenommene und interdisziplinäre Lernen zu ermöglichen. Wenn es jedoch gelingt, sowohl für die Lehrenden das notwendige Können zu vermitteln, um erfolgreich Mobiles Lernen zu ermöglichen, die Schulen entsprechend ausgestattet sind und auch die Lernenden die neue Methode mit Begeisterung und entsprechender Motivation übernehmen, kann der Chemieunterricht aus seinem Nischendasein befreit werden und sich wie andere Fächer auch unvoreingenommen als das darstellen, was er ist: eine Grundlagenwissenschaft zur Erklärung alltäglicher Phänomene.

Literatur

Kerres, M., (2012). Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. München: Oldenbourg Verlag.

Kometz, A., (2013). Medienbildung in der Chemiedidaktik. In: M. Pirner, ed. 2013. Medienbildung in schulischen Kontexten. München: kopaed. pp.363-384

Schnotz, W., (1996). Psychologische Aspekte des Wissenserwerbs und der Wissensveränderung. In: Duit, R. / von Rhöneck, C., ed. 1996: Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel

Stumpf, K., (1979). Das Lernen mit Medien. Der Chemieunterricht, 10(1), pp. 6-24.

Urbanger, M., Kometz, A. (2015): Visualizing chemistry - IT-based learning in chemistry education. In: The special issue of ECRICE – European Conference on Research in Chemistry Education 2014 – Volume 2, LUMAT, 3(4), 583-591.

Feierabend, S., Plankenhorn, T., Rathgeb, T., (2014): Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest: JIM 2014. Stuttgart. www.mpfs.de

Eichelberger, H. (2002): Einführung in die Daltonplan-Pädagogik, Innsbruck: Studienverlag

Cole, R., Todd, J., 2003. Effects of Web-Based Multimedia Homework with Immediate Rich Feedback on Student Learning in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 80(11), pp.1338–1343.

Jirka Müller
Uta Magdans
Andreas Borowski

Universität Potsdam

Forschend-Entdeckendes Lernen mit dem Smartphone
---- FELS ----

Physikunterricht ist bei Schülerinnen und Schülern oft unbeliebt, weil es für sie scheinbar keinen Lebensweltbezug gibt. Bisherige Lösungsansätze kontextualisieren den Physikunterricht, verbleiben aber wie PIKO (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010) meist noch im Klassenraum. Diese Alltagseinbettung des Unterrichts hingegen kann mit Smartphones unterstützt (Kuhn et al., 2011) und zum Beispiel wie bei Kasper et al. (2015) initiiert werden.

Im Rahmen eines kompetenzorientierten Unterrichts ist Alltagseinbettung aber nur ein erster Schritt. Die Lernenden müssen, wie bei PROFILES (z.B. Streller, 2013), selbst aktiv werden und eigene Untersuchungen tätigen. FELS (s. Abb. 1), ein Zyklus im Sinne des forschend-entdeckende Lernens nach Reitinger (2013), kann dabei die von Barth (2014) geforderte übergeordnete Einbettungsstrategie darstellen. Mit Smartphones werden dabei die Experimente nicht nur außerschulisch in einem Alltagskontext durchgeführt, sondern auch der Lernprozess durch kommentierbare Dokumentationen begleitet (vgl. Specht et al., 2013). Die innerschulische Vor- und Nachbereitung im unterrichtlichen Rahmen als Präsenzveranstaltung wird methodisch mit den Vorzügen des außerschulischen, mobilen Arbeitens bei der Experimentdurchführung zum blended learning verknüpft (de Witt, 2013) und orientiert sich dabei auch am Experimentierkreislauf (Labudde, 2010).

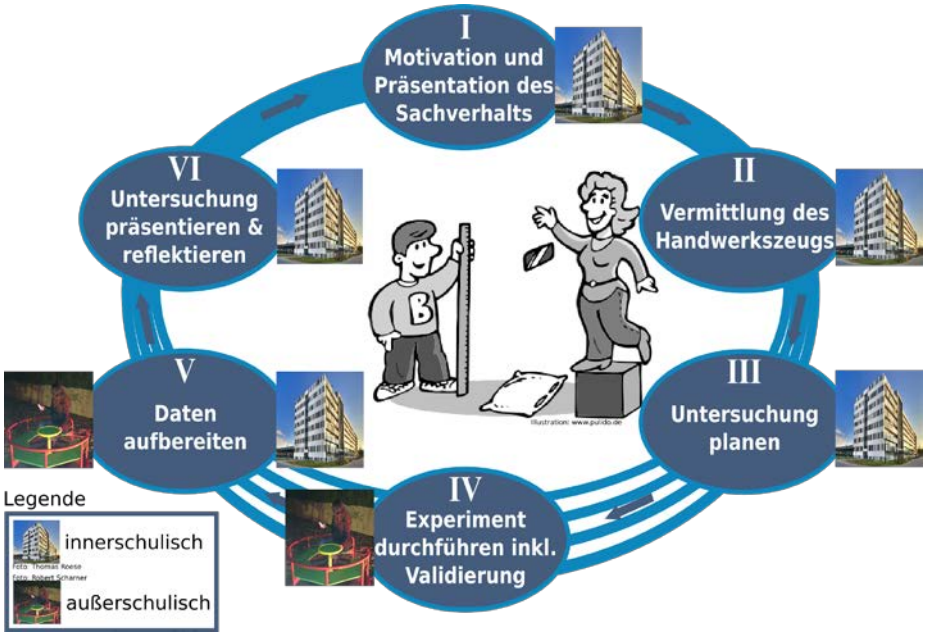


Abb. 1: FELS als methodischer Rahmen außerschulischer Smartphoneexperimente (Phase IV) mit innerschulischer Vorbereitung (Phase I - III) und Nachbereitung (V -VI) gemäß forschend-entdeckendem Lernen.

Schülerzentrierte Unterrichtsmethoden sollten aber nicht gegen die Lernenden eingeführt werden. Aus diesem Grund werden die Akzeptanz (Hasenbach-Wolff, 1992) sowie das flow-Erleben bei den außerschulischen Smartphoneexperimenten (s. FELS, Phase IV) im Rahmen einer Interventionsstudie untersucht.

Akzeptanzanalysen werden in der Wirtschaftsinformatik genutzt, um das Ausmaß der Nutzung und der Nutzungsabsicht in Relation mit mediierenden, von Dritten beeinflussbaren Faktoren aufzuklären, um Produkteinführungen erfolgreich zu gestalten (Vankatesh & Bala, 2008). Das Akzeptanzmodell nach Reichwald et al. (1979) mit seinen Einflussfaktoren und Rückkopplungseffekten wie Einstellungs- und Interessensänderungen bildet Unterrichtsmethoden aus Sicht der Schülerinnen und Schüler ab (Müller et al., 2015) und wurde auf für den Unterricht durchzuführende, außerschulische Smartphoneexperimente adaptiert (s. Abb.2).

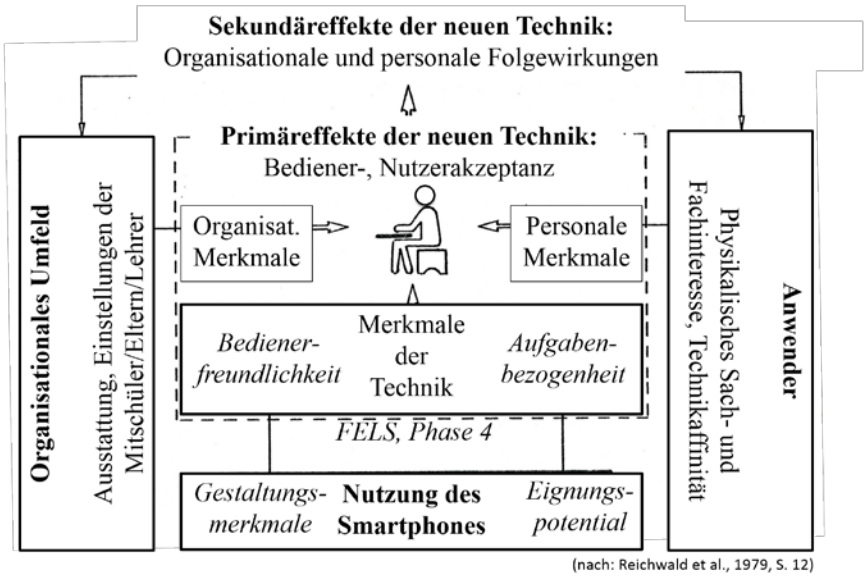


Abb. 2: Akzeptanzmodell außerschulischer Smartphonenutzung

Das Erleben von flow wird als Ursache von zu Tätigkeiten führende Motivation angesehen. Unter flow versteht man ein *„reflexionsfreies, gänzliches Aufgehen in einer glatt laufenden Tätigkeit, die man trotz hoher Beanspruchung noch unter Kontrolle hat“* (Rheinberg et al., 2003, S. 261), sodass eine Handlungsmotivation zum Arbeiten in FELS abgeschätzt und gleichzeitig der Schwierigkeitsgrad der verschiedenen Phasen von FELS in Relation zu den Kompetenzen der Lernenden evaluiert werden kann. Ein vergleichsweise starkes flow-Erleben in Phase IV sollte demnach zu freiwilligen Wiederholungen oder umfangreicheren Arbeiten und damit zu einer gesteigerten Akzeptanz führen.

Forschungsfragen

FF1: In welchem Maß akzeptieren die Schülerinnen und Schüler außerschulische Smartphoneexperimente (in Form von Hausaufgaben), um Physik zu erlernen?

FF2: Welche Ausprägung hat das flow-Erleben der Schülerinnen und Schüler in den verschiedenen Phasen von FELS?

FF3: In wie weit korrelieren Akzeptanz und flow miteinander (innerhalb des Designs)?

Design

Das Treatment selbst besteht aus drei von der Fachlehrkraft durchgeführten Durchläufen mit FELS zu verschiedenen physikalischen Themenfeldern. Hierdurch soll der Neuigkeitseffekt gemildert und ein möglicher Effekt einer Themenabhängigkeit vermieden werden.

Zur Klärung dieser Fragestellungen wird ein Prä-Post-Design mit zusätzlichen Messungen im Treatment ohne Kontrollgruppe durchgeführt. Um Testlängeneffekte zu vermeiden, wird der Akzeptanztest zweigeteilt. Biografische Daten, Technikaffinität sowie physikalisches Sach- und Fachinteresse werden als Prätest vor dem Treatment und Merkmale der Technik sowie des Umfeldes werden nach dem Treatment zusammen mit dem physikalischen Fach- und Sachinteresse als Posttest erhoben. Für eine sinnvolle Aussage im Akzeptanztest müssen die Schülerinnen und Schüler das Treatment durchlaufen haben, sodass ein Kontrollgruppendesign weder nötig und möglich ist. Der flow kann während des Treatments testökonomisch mit dem so genannten „flow-Kurztest“ in weniger als einer Minute ermittelt werden (Püttmann, 2008). Dabei soll der flow am Ende einer jeden Phase von FELS erfasst werden. Weil die Phasen I bis VI von FELS methodisch sehr unterschiedlich gestaltet sind, von Frontalunterricht über Gruppenarbeits- und Präsentationsphasen bis hin zu Schülerexperimenten, stellt die Versuchsgruppe zugleich ihre eigene Kontrollgruppe dar.

Literatur

Barth, J. M. (2014). Experimentieren im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Eine Rekonstruktion übergeordneter Einbettungsstrategien (Dissertation), Berlin: Logos.

de Witt, C. (2013). Vom E-Learning zum Mobile Learning – wie Smartphones und Tablet PCs Lernen und Arbeiten verbinden. In: de Witt, C. & Sieber, A. (Hrsg.): Mobile Learning. Potenziale, Einsatzszenarien und Perspektiven des Lernens mit mobilen Endgeräten, S. 13 – 26, Wiesbaden: Springer.

Hasenbch-Wolff, M. (1992). Akzeptanz und Lernerfolg bei computergestütztem Lernen, Köln.

Kasper, L. & Vogt, P. (2015). Physics2Go! – Hausaufgaben mit Smartphones. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 705-707). Kiel: IPN.

Kuhn, J. et al.(2011). Handys und Smartphones. Einsatzmöglichkeiten und Beispielexperimente im Physikunterricht, erschienen in: PdN PHYSIK in der Schule, PHYSIK MIT HANDY UND SMARTPHONE, HEFT 7 / JAHRGANG 60, S. 5 – 11.

Labudde, P. (2010). Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1. – 9. Schuljahr; Bern: Haupt.

Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010). Physik im Kontext – Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. Seelze: Friedrich Verlag.

Müller, J. Borowski, A. & Magdans, U. (2015). Smartphoneexperimente außerhalb des Klassenraums. In: S. Bernhold (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Vorraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 702-704). Kiel:IPN.

Püttmann, A. (2008). Selbst reguliertes Lernen mit Multimedia im Physikunterricht (Dissertation), frankfurt: Universitätsbibliothek Frankfurt am Main.

Reichwald, R. et al. (1979). Bedingungen der Bedienerakzeptanz eines Textverarbeitungssystems – Die Untersuchungskonzeption, Band 2, aus der Reihe: Reichwald, R.: Die Akzeptanz neuer Bürotechnologie. Arbeitsberichte aus einem Forschungsprogramm.

Reitinger, J. (2013). Forschendes Lernen. Theorie, Evaluation und Praxis in naturwssenschaftlichen Lernarrangements, Magdeburg: Prolog.

Rheinberg, F et al. (2003). Die Erfassung des Flow-Erlebens, in: Stiensmeier-Pelster, J. & Rheinberg, F. (Hrsg.): Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept, Göttingen, Hogrefe, S. 261–279.

Specht, M. et al. (2013). Innovation und Trends für Mobiles Lernen. In: de Witt, C. & Sieber, A. (Hrsg.): Mobile Learning. Potenziale, Einsatzszenarien und Perspektiven des Lernens mit mobilen Endgeräten, S. 55–74, Wiesbaden: Springer.

Streller, S. (2013). PROFILES in der Lehramtsausbildung. In: S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen (S. 194-196). Kiel: IPN-Verlag.

Venkatesh, V. & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions, Decision Sciences, Volume 39 Number 2, May, S. 273 – 315.

Nina Wille
Tobias Mühlenbruch
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Entwicklung eines Leitfadens zur Wirksamkeitsprüfung von Interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE)

Einleitung

Naturwissenschaftliche Praktika nehmen in der universitären Ausbildung eine wichtige Rolle ein. Studierenden bietet sich dabei die Möglichkeit, experimentelle Kompetenzen zu erarbeiten und zu vertiefen. Allerdings haben Studien jedoch gezeigt, dass klassische Praktika auch in der Vergangenheit nicht immer zu den gewünschten Zielen führten (Diemer et al., 1998; Neumann, 2003). Neben dem Aufbau und der Durchführung ist vor allem die Vorbereitung für ein tieferes Verständnis von Praktikumsversuchen relevant. Mit einer Bedarfsanalyse konnten Gutzler et al. (2014) aufzeigen, dass in den untersuchten naturwissenschaftlichen Praktika ein zentrales Problem in der unzureichenden Vorbereitung der Teilnehmer und Teilnehmerinnen durch die Skripte liegt. Eine Möglichkeit zur Verbesserung sehen die Autoren in der Nutzung von interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) als Ergänzung zur bisherigen Vorbereitung und deren Integration in interaktive Praktikumsskripte (vgl. Mühlenbruch & Nordmeier, 2016).

Theorie: Selbstwirksamkeitserwartungen

Eine zentrale Bedeutung bei der Durchführung von Experimenten spielen Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE). Diese tragen unter anderem dazu bei, inwieweit sich eine Studentin / ein Student hinsichtlich persönlicher Überzeugungen in der Lage sieht, einen Versuch erfolgreich durchzuführen (Bandura, 1977). Eine Steigerung von SWE kann dann erfolgen, wenn sich jemand als kompetent erlebt (Woolfolk, 2008). Multimediale Anwendungen, wie beispielsweise IBE, sollen Praktikantinnen und Praktikanten dabei unterstützen, auf Grundlage eigener Erfahrungen, Experimente erfolgreich durchführen zu können.
Um zu untersuchen, inwieweit sich die SWE durch die Bearbeitung eines IBE ändern, wurde ein Interviewleitfaden sowie ein Kodierleitfaden für eine Qualitative Inhaltsanalyse entwickelt und überprüft. Die Methodik und die Ergebnisse der Untersuchung werden in diesem Beitrag vorgestellt.

Methodik

a) Stichprobe

Für die Überprüfung des Interviewleitfadens und die Kategorienbildung des Kodierleitfadens wurden vorab zwei Studierende des Studienfachs „Integrierten Naturwissenschaften“ befragt.
In der darauffolgenden Untersuchung wurden insgesamt sechs Studierende interviewt. Davon waren ein Proband weiblich und fünf männlich. Die Teilnehmenden kamen aus den Fachrichtungen Chemie, Biochemie, Mathematik und Informatik und kamen bzw. kommen in ihrem Studiengang mit dem Fach Physik als Pflicht- oder Wahlpflichtmodul in Kontakt.

b) Instrumente

Für die Untersuchung wurde die Form eines narrativ-fokussierten Interviews mit eigenständig entwickeltem Interviewleitfaden gewählt. Bei dieser Form des Interviews wird der typische Ablauf der narrativen Befragung – Eröffnungs-, Nachfrage- und Bilanzierungsphase – beibehalten. Durch die Spezifizierung der Fragen zu einem bestimmten Thema erhält die Befragung allerdings zusätzlich einen fokussierenden Charakter.

c) Prozedere
Zu Beginn der Untersuchung durchliefen die Probanden ein von Mühlenbruch et al. (2016) entwickeltes IBE. Im Schnitt wurden dafür etwa 20 Minuten Bearbeitungszeit benötigt. Im Anschluss wurden die Teilnehmenden mittels des Interviewleitfadens zu ihren Erfahrungen befragt. Die Gespräche dauerten zwischen fünf und elf Minuten und wurden mit Hilfe eines Voicerecorders aufgezeichnet.

d) Aufarbeitung und Analyse der Daten
Als Form der Aufbereitung der Interviewaufnahmen wurde die wörtliche Transkription gewählt. Die Übertragung erfolgte dabei in normales Schriftdeutsch.
Die Auswertung der Interviews erfolgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2002). Die Wahl dieser Methode für diese Untersuchung lag darin begründet, dass nicht neue Theorien gebildet, sondern bereits Vorhandene untersucht werden sollten. Als Grundform der Analyse wurde auf die strukturierte Inhaltsanalyse zurückgegriffen. Dieses Vorgehen ermöglichte es, das Material auf Basis vorher festgelegter Kriterien zu untersuchen.
Die Kategorien wurden wie folgt gewählt:
- geringe, mittlere und starke Steigerung der SWE
- keine Änderung der SWE
- starke, mittlere und geringe Erniedrigung der SWE.

Die Auswertung erfolgte computergestützt durch das Programm MaxQDA 10.

Ergebnisse
Der Schwerpunkt der Untersuchung lag in der Entwicklung und Validierung eines Interview- und Kodierleitfadens:

a) Interne Validität
Alle Befragten waren deutsch Muttersprachler, so dass von einer problemlosen Verständlichkeit der Fragen auf sprachlicher Ebene ausgegangen werden konnte. Bei inhaltlichen Verständnisschwierigkeiten konnten die Interviewten zu jeden Zeitpunkt nachfragen und bekamen die Frage umformuliert erneut gestellt.
Die Teilnahme war freiwillig und nicht an Interessen geknüpft. Die gegebenen Antworten der Befragten entstanden daher selbstgewählt und frei von Zwängen, weshalb auch deren Ehrlichkeit nicht angezweifelt wird.

b) Externe Validität: Inhaltsvalidität
Die Erzählaufforderung und die Nachfragen wurden dabei so verfasst, dass sie die Definition der Selbstwirksamkeit widerspiegeln, weshalb der Interviewleitfaden zunächst als Inhaltsvalide angenommen werden kann.

c) Intrakodierreliabilität
Für die Intrakoderreliabilität ergibt sich im Durchschnitt ein Wert von C_R = 0,975, was als „almost perfect“ zu betrachten ist.

d) Interkodierreliabilität
Die Interkodierreliabilität ist derzeit noch nicht hinreichend. Es ist jedoch zu erwarten, dass eine geringere Differenzierung innerhalb der Hauptkategorien zu einer angemessenen Reliabilität führen wird.

e) Befunde der Untersuchung
Anhand der Kodierergebnisse lässt sich bei den Probanden eine tendenzielle Steigerung der SWE erkennen. Sie deuten dabei auf eine Zunahme der SWE bei der Vorbereitung, dem Aufbau und der Durchführbarkeit des Experiments hin.

Diskussion und Ausblick
Ziel der in diesem Beitrag vorgestellten Untersuchung war es, einen Interview- und Kodierleitfaden für die Erfassung und Messung der Änderung der individuellen, experimentbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen zu entwickeln und zu prüfen.
Für den Interviewleitfaden ließ sich feststellen, dass dieser inhaltsvalide ist und den Untersuchungsgegenstand erfasst. Um die Messgenauigkeit für die spätere Auswertung zu erhöhen, könnten die Fragen allerdings präzisiert oder weitere hinzugefügt werden.
Beim Kodierleitfaden fiel vor allem die mangelnde Trennschärfe der mittleren Kategorien auf, welche auch auf die Messungenauigkeit zurückzuführen ist. Ein Verzicht auf diese Ausprägungen könnte eine Abgrenzung zu den darüber- und darunterliegenden Kategorien erhöhen. Ferner ließen die allgemeinen Kodierregeln noch zu viele Interpretationsmöglichkeiten bei der Festlegung von Textstellen zur Kodierung zu. Zur Verbesserung der Trennschärfe des Kodierleitfadens wird eine Überarbeitung erfolgen. Dazu werden zum einen die allgemeinen Kodierregeln überarbeitet, um eine genauerer Markierung der Textstellen durch die Kodierer zu gewährleisten. Zum anderen werden die mittleren Kategorien entfernt und die Kodierregeln dahingehend angepasst. Anschließend wird ein weiteres Rating zur Überprüfung der Interkodierreliabilität erfolgen.
Die bisherigen Kodierergebnisse deuten darauf hin, dass bei der Nutzung von interaktiven Bildschirmexperimenten als Ergänzung zur Praktikumsvorbereitung eine tendenzielle Steigerung der SWE zu erwarten ist.
Das Projekt SUPPORT wird im Rahmen des Hochschulpaktes durch das BMBF gefördert.

Literatur
Bandura, Albert (1977): Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. In: Psychologial Review 84 (2), S. 191–215.
Diemer, U.; Baser, B.; Jodl, H. J. (1998): Computer im Praktikum. Heidelberg: Springer.
Gutzler, Tobias; Rehfeldt, Daniel; Nordmeier, Volkhard (2014): Technology SUPPORTed Labs (TSL) – multimedial ergänztes Lernen im Praktikum. In: Nicolas Apostolopoulos, Harriet Hoffmann, Ulrike Mußmann, Wolfgang Coy und Andres Swill (Hg.): Grundfragen Multimedialen Lehrens und Lernens. Der Qualitätspakt E-leraning im Hochschulpakt 2020. Münster: Waxmann Verlag, S. 224–236.
Mayring, Philipp (2002): Einführung in die Qualitative Sozialforschung. 5. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz Verlag
Mühlenbruch (geb. Gutzler), Tobias; Rehfeldt, Daniel; Nordmeier, Volkhard (2014): TSL: Interventionsgestaltung im Nebenfachpraktikum. In: Phydid B, Didaktik der Physik, Frühjahrstagung. Frankfurt 2014
Mühlenbruch, Tobias; & Nordmeier, Volkhard (2015): Design-Based Research im Praktikum – Untersuchung der Usability und Wirksamkeit einer neuen IBE-Generation. In diesem Tagungsband
Neumann, Knut (2003):Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. Physikertagung. Didaktik der Physik – Augsburg 2003.
Woolfolk, Anita (2008): Pädagogische Psychlologie. Münschen, Boston: Pearson Studium.

Alexander F. Koch
Irene Felchlin
Claudia Stübi
Peter Labudde

Pädagogische Hochschule FHNW

Entwicklungsverläufe im Modellversuch Swiss Science Education

Swiss Science Education (SWiSE, www.swise.ch) ist ein Schul- und Unterrichtsentwicklungsprojekt in der Deutschschweiz, mit dem Ziel, die Freude von Schülerinnen und Schülern in naturwissenschaftlichen Fächern zu stärken. Bei Lehrpersonen soll das Überdenken des eigenen Unterrichts und die Einbindung von forschend-entdeckendem Lernen in den Unterricht sowie die kollegiale Kooperation gefördert werden. Die Evaluation des Projektes stellt dabei Entwicklungsverläufe und Veränderungen u.a. in der gegenseitigen Kooperation der Lehrpersonen, der individuellen Umsetzung konstruktivistischer Ansätze im Unterricht und der Einbindung von forschend-entdeckendem Lernen im Unterricht in den Mittelpunkt. Zusätzlich stellen metakognitive Variablen eine wichtige Evaluationsgröße dar, die über das Unterrichten hinaus geht und die Planung und das Überdenken des eigenen Unterrichts explizit fokussiert. Wir versuchen diese Gesamtheit an Variablen kontinuierlich über den gesamten Projektverlauf, d.h. drei Jahre, zu erfassen. Befragt werden dabei 158 Lehrpersonen, die sich in eine Vergleichs- und eine SWiSE-Interventionsgruppe unterteilen (siehe Abbildung 1). Neben der kontinuierlichen Teilnahme am Projekt, an Fort- und Weiterbildungen oder an Austauschveranstaltungen zwischen einzelnen Schulen, wird ein Teil der Lehrpersonen von einer Fachperson aus einer Pädagogischen Hochschule begleitet und in der fachdidaktischen wie fachlichen Weiterentwicklung ihres Unterrichts unterstützt (sog. Coaching). Coaches können auch zur Initiation innovativer Unterrichtskonzepte oder bei der Einrichtung spezieller Schulräume konzeptionell unterstützend wirken. Mit dieser Integration von Schule und Hochschule erhoffen wir uns eine individuell stärkere Verankerung von Unterrichtsentwicklung im Unterrichtsalltag von Schweizerischen Lehrpersonen, insbesondere auf Primarstufe und Sekundarstufe I. Mit der Idee, ein zielgruppengerechtes und effektives - in der Praxis verwertbares - Projekt zu schaffen, möchten wir in der Evaluation daher einen systematischen und positiven Effekt aufzeigen, der einem "herkömmlichen" Fortbildungswerdegang in Bezug auf Variablen wie Austausch und Kooperation, aber auch metakognitive Tätigkeiten (bspw. Überdenken des eigenen Unterrichts), übertrifft. Übergreifend soll dabei eine Austausch- und Kooperationskultur zwischen Schule, Weiterbildung, Forschung und Politik angeregt und der Dialog sowie die gemeinsame Weiterentwicklung angestrebt werden (Stübi et al., 2015).

Methode

Erhebungsmethode, Stichprobe und Sterberate

Alle 158 Lehrpersonen wurden zu Messzeitpunkt 1 (MZP 1= Prä) (Schuljahresbeginn 2012/13), zu Messzeitpunkt 2 (Schuljahresende 2012/13) und zu Messzeitpunkt 3 (Schuljahresende 2013/14) mit einem online-Fragebogen befragt. Angaben zu Messzeitpunkt 4 befinden sich derzeit in der Auswertung.

Der Fragebogen war ab MZP 2 gegenüber dem ersten Fragebogen vom MZP 1 leicht verändert und beinhaltete u. a. auch Fragen zu den Themen Weiterbildung und Coaching. Nach Erinnerungsmails konnte ein Rücklauf von 97% erzielt werden. Insgesamt sind 12 Lehrpersonen auf Ende Schuljahr 2012/13 aus SWiSE ausgetreten. Für diese Lehrpersonen gab es mehrheitlich einen schulinternen Ersatz.

Zu Beginn des zweiten Schuljahrs 2013/14 wurden 6 Lehrpersonen neu befragt (Einstiegsbefragung), ebenso ihre Klassen. Wie alle andern Projektteilnehmenden wurden diese Personen wieder Ende Schuljahr 2013/14 (MZP 3) befragt. Das umfassende Erhebungsdesign ist in Abbildung 1 dargestellt. Ergänzend sind dort die beiden zusätzlichen Ebenen der Schulleitung und der Schülerinnen und Schüler aufgeführt. Auf diese Ebenen wird in diesem Beitrag jedoch nicht eingegangen.

Variablen

Folgende Variablen wurden zu allen Messzeitpunkten erhoben:

- Austausch, Kokonstruktion und Synchronisation (Gräsel, Pröbstel, Freienberg, & Parchmann, 2006)
- Metakognitive Variablen wie Planung, Monitoring und Evaluation des eigenen Unterrichts (Schellenbach-Zell, 2009)
- Selbstwirksamkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht (Jerusalem et al., 2009; Rakoczy, Buff, & Lipowsky, 2005)
- Angaben zu konstruktivistischen Ansätzen im eigenen Unterricht (Eigenkonstruktion in Anlehnung an Duit & Wodzinski, 2006; Muijs & Reynolds, 2011)
- und Angaben zu Zielen von SWiSE und zur Intention forschend-entdeckendes Lernen im Unterricht einzubinden (Eigenkonstruktion nach van Hooft, Born, Taris, van der Flier & Blonk, 2005)

Alle verwendeten Skalen waren zum Messzeitpunkt 1 reliabel, mit Werten ab .60 für Cronbachs-Alpha (siehe auch Koch et al., 2014).

Ebene	Gruppe	Nov. 2012		Mai 2013		Mai 2014		Mai 2015	
		Prä		Post 1		Post 2		Post 3	n
Schule	IG	Δ		Δ		Δ		Δ	60
	VG								15
Lehrpers.	IG	□	x	□	x	□	x	□	118
	VG	□		□		□		□	44
SuS	IG	○	d	○	d	○	d	○	2300
	VG	○		○		○		○	840

IG: Interventionsgruppe
VG: Vergleichsgruppe
x: SWiSE-Intervention bei Lehrpersonen
d: Effekt auf SuS

Abbildung 1: Datenerhebungsdesign im SWiSE-Projekt (alle Ebenen, alle Messzeitpunkte)

Resultate

In der Ersterhebung zu Messzeitpunkt 1 (=Prä; Herbst 2012) fand sich zwischen SWiSE- und Vergleichslehrpersonen lediglich ein Unterschied im Austausch, wobei SWiSE-Lehrpersonen stärkeren Austausch betrieben. Insgesamt starteten alle befragten Lehrpersonen auf einer vergleichbaren Ausgangslage.

Die längsschnittlichen Ergebnisse zeigen keine signifikanten Veränderungen bei der Vergleichsgruppe. SWiSE-Lehrpersonen hingegen verändern sich nach dem ersten Evaluationsjahr positiv in handlungsnahen Variablen (konstruktivistisches Unterrichten, Einbindung forschend-entdeckenden Lernens, Überdenken des Unterrichts) und in der Kokonstruktion von Unterricht mit Kolleginnen und Kollegen. Dieses Niveau können sie im darauffolgenden Schuljahr halten.

Die Evaluation des Coachings (dies betrifft nur die Interventionsgruppe) aus Lehrpersonensicht zeigt, dass halbtägige Coaching-Treffen etwa zwei- bis dreimal pro Schuljahr stattfinden und besonders zur persönlichen Weiterentwicklung der Lehrpersonen beitragen. Diese schätzen das Coaching zudem als äußerst nützlich ein.

Diskussion

Wie eingangs erwähnt, sollte SWiSE ein zielgruppengerechtes und für die Unterrichtspraxis transferfähiges Projekt sein. Einen ersten Hinweis auf die Angemessenheit des Projekts bzw. dessen Arbeitsaufwand zeigt die geringe Ausscheidungsrate der teilnehmenden Lehrpersonen. Auch das Coachingangebot wird von den SWiSE-Lehrpersonen genutzt. Dies könnte den Effekt, dass sich die SWiSE-Gruppe weiterentwickelt, verstärken. Weitere Analysen zum Zusatzeffekt des Coachings sind daher notwendig. Interessant bzgl. der Weiterentwicklung ist, dass sie nicht linear stattfindet, sondern nach dem ersten Schuljahr stagniert. Einerseits könnte dies als negativ beurteilt werden, andererseits scheint das Projekt die "Innovation" aufrecht zu erhalten. Follow-up-Rückgänge treten daher zum dritten Messzeitpunkt noch nicht auf.

Literatur

Duit, R., & Wodzinski, C. T. (2006). Planning Good teaching. Categories in didactic thinking when planning lessons. Science in the classroom: physics. [Article in German]. *Unterricht überdenken, Unterricht entwickeln*(92), 9-11.

Gräsel, C., Pröbstel, C., Freienberg, J., & Parchmann, I. (2006). Suggestions for teacher cooperation in the context of training. [Article in German]. In M. Prenzel & L. Alliolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogrammes* (pp. 310-329). Münster: Waxmann.

Jerusalem, M., Drössler, S., Kleine, D., Klein-Hessling, J., Mittag, W., & Röder, B. (2009). *Promotion of self-efficacy and self-determination in the classroom. Scale Manual. [Report in German]*.

Koch, A. F., Längle, C., Labudde, P., & Zala-Mezö, E. (2014). Lern- und Lehrvoraussetzungen im Modellversuch SWiSE. In S. Bernholt (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Jahrestagung in München 2013.* (Vol. 34, pp. 252-254). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.

Muijs, D., & Reynolds, D. (2011). *Effective teaching : evidence and practice* (2. ed.). London: Sage.

Rakoczy, K., Buff, A., & Lipowsky, F. (2005). *Documentation of the data collection and evaluation tools in the Swiss-German video study. "Quality of teaching, learning and behavior mathematical understanding." 1st survey instruments. [Report in German]*. Frankfurt/ M.

Schellenbach-Zell, J. (2009). *Motivation and volition of teachers in school innovation projects. [Book in German]*

Stübi, C., Labudde, P., Felchlin, I., & Koch, A. F. (2015). SWiSE vereint Modellschulen, Hochschulen und Kultusministerien. In S. Bernholt (Ed.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Jahrestagung in Bremen 2014.* (Vol. 35, pp. 405-407). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.

van Hooft, E. A. J., Born, M. P., Taris, T. W., van der Flier, H., & Blonk, R. W. B. (2005). Bridging the gap between intentions and behavior: Implementation intentions, action control, and procrastination. *Journal of Vocational Behavior, 66*(2), 238-256.

Irene Felchlin
Alexander Koch
Claudia Stübi
Peter Labudde

Pädagogische Hochschule FHNW

Erfassung der Lernfreude bei Kindern der 1./2. Klasse

„Innovation SWiSE (Swiss Science Education) – Naturwissenschaftliche Bildung Schweiz“ ist eine Initiative Deutschschweizer Bildungsinstitutionen zur Weiterentwicklung naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts in der obligatorischen Schule und im Kindergarten. Darin erhalten Aspekte des aktiven, forschend-entdeckenden Lernens besonderes Gewicht. Die Lernmotivation, insbesondere die Freude, von Schülerinnen und Schülern (SuS) gilt als wichtiger Faktor, wenn es zum Beispiel um die leistungsbezogene Verhaltensausrichtung im Unterricht geht (Helmke, 1993). Die Evaluation von Schulkindern in der Schuleintrittsphase ist nicht ganz einfach. Neben verständlichen Formulierungen und einer genauen Operationalisierung der Zielkonstrukte muss vor allem die Erhebungsmethode gut überlegt sein.

In einigen Untersuchungen zum Sachunterricht (SU) wurden die Kinder in Einzelinterviews befragt (Groenwald, 2012) oder ihre Meinung wurde mit Einschätzungen ihrer Eltern kombiniert (Greb et al., 2007). Will man eine grosse Gruppe von Kindern befragen, eignen sich solche Methoden jedoch nicht. Ein quantitatives Verfahren gilt generell als ökonomisch und gut auswertbar. Allerdings gibt es nur wenige Fragebögen, die geeignet sind für Kinder im Alter von sieben bis neun Jahren. Der Fragebogen zur Erfassung emotionaler und sozialer Schulerfahrungen (FEESS) von Grundschulkindern der ersten und zweiten Klasse ist ein sehr aufwendiges Verfahren, da er viele zu bewertende Aussagen enthält (Rauer & Schuck, 2004). Christen (2004) entwickelte ein Verfahren, das zwar deutlich kürzer, aber komplexer im Antwortformat war. Ausgehend von diesen zwei Instrumenten entwickelten wir für SWiSE einen eigenen Fragebogen.
Ein Ziel der Befragung der Kinder der 1./2. Klasse bestand darin, ihre Einschätzung zu den naturwissenschaftlichen Inhalten des Sachunterrichts zu erfahren. Zudem sollte durch die wiederholten Befragungen stufenweise ein reliables und valides Messinstrument für diese Zielgruppe entwickelt werden.

Methode

Wissenschaftliche Hilfskräfte führten zu Beginn des Schuljahres 2012/13 (MZP 1) und dann während der nächsten drei Jahre jeweils am Ende der Schuljahre die Befragung bei den Schülerinnen und Schülern der 1./2. Klasse durch. Sie haben den Kindern 16 Aussagen zum Sachunterricht vorgelesen. Die Kinder kreuzten auf einer dichotomen Skala (stimmt – stimmt nicht) ihre Antworten an. Ein Befragungsmanual garantierte die Standardisierung, insbesondere für den Fall, dass die Kinder einzelne Wörter oder Aussagen nicht oder nur teilweise verstanden. Innerhalb des Sachunterrichts fokussierten sich die Items auf die naturwissenschaftlichen Inhalte oder wie es den Kindern gesagt wurde: „Denkt an den Unterricht, der mit Pflanzen, Tieren und Natur zu tun hat“.

Entwicklung der Variablen

Die erste Befragung umfasste folgende Konstrukte: Lernfreude im SU, Anstrengungsbereitschaft (beide Rauer & Schuck, 2004), Bedeutung von Lernen im SU, Schule und Lernen allgemein, didaktisch-methodische Ausgestaltung SU (alle Christen, 2004). Wie die nachfolgende Tabelle 1 zeigt, waren die erfassten Konstrukte nur mässig bis gut reliabel ($.27 < \alpha < .73$).

Konstrukt	Mittelwert	N (Items)	α
Schule und Lernen allgemein	.91	3	.64
Lernfreude im SU	.94	5	.73
Anstrengungsbereitschaft im SU	.82	3	.24
Didaktisch-methodische Ausgestaltung im SU	.38	3	.24
Bedeutung SU	.93	2	.36

Tab. 1: Befragung bei Schülerinnen und Schülern der 1./2. Klasse, MZP 1 (N=213)

Raschanalysen zeigten, dass die Skalen im oberen Zustimmungsbereich eine schwache Differenzierungsgenauigkeit aufweisen.
Bei einzelnen Konstrukten wurde in der Folge die Anzahl der Items erhöht. Damit der Fragebogen nicht länger wurde, entfiel das Konstrukt „Bedeutung von Lernen im Sachunterricht“. Einzelne Aussagen wurden stärker ausgeprägt formuliert. So wurde beispielsweise aus „Im Sachunterricht gebe ich schnell auf, wenn ich Probleme habe“ die Formulierung „Am liebsten hätte ich jeden Tag nur noch Sachunterricht in der Schule“.
Betrachtet man die Resultate nach zwei Jahren (MZP 3) erkennt man, dass die Reliabilität durch die Anpassungen des Fragebogens gesteigert werden konnte.

Konstrukt	Mittelwert	N (Items)	α
Schule und Lernen allgemein	.54	3	.91
Lernfreude	.74	8	.64
Anstrengungsbereitschaft	.88	6	.52
Didaktisch-methodische Ausgestaltung	.58	6	.72

Tab. 2: Befragung bei Schülerinnen und Schülern zum Sachunterricht, MZP 3 (N=173)

Der mit den hohen Zustimmungswerten verbundene Deckeneffekt konnte durch die Anpassung des Fragebogens nicht gänzlich eliminiert werden.
Bezogen auf die Lernfreude der Kinder zeigt sich mit einem Mittelwert von .74 ein vorwiegend positives Bild des Sachunterrichts. Es besteht eine geringe, jedoch signifikante Korrelation zwischen Lernfreude und Anstrengungsbereitschaft ($r = .25$, $p < 0.01$). Dieser Zusammenhang zeigt sich auch in anderen Studien (Rauer & Schuck, 2004).

Diskussion

Sehr viele SuS der 1./2. Klassen bei SWiSE gehen allgemein gern zur Schule und der naturwissenschaftliche Unterricht bereitet ihnen Freude. Gemäss der Terminologie von Christen (2004) können viele dieser Kinder dem sogenannten „Lernfreude-Typ“ zugeordnet werden. Eine Chance, diese Lernfreude möglichst lange zu erhalten, kann durch einen kognitiv ansprechenden und methodisch differenzierten, für die Kinder alltagsrelevanten Unterricht, der möglichst allen Schülerinnen und Schülern ein individuell positives Kompetenz- und Autonomieerleben ermöglicht, gegeben sein (Wieder, 2009). Diesbezüglich bietet SWiSE mit der Förderung des forschend-entdeckenden Unterrichts einen guten Rahmen.
In Bezug auf die Durchführungsmethode lässt sich aus unserer Sicht resümieren, dass sich die direkte und ausschließliche Befragung der Schülerinnen und Schüler mit einem einfachen Fragebogen eignet, um deren Einschätzung in Erfahrung zu bringen. Die Länge des Fragebogens schien in diesem Fall geeignet zu sein, sodass sich die Kinder während der Befragung konzentrieren konnten. Durch die Kürze ist der Fragebogen zwar auf nur drei Zielkonstrukte eingeschränkt. Er kann diese aber reliabel und inhaltsvalide abbilden. Insgesamt scheint der hier entwickelte Fragebogen aufgrund seiner Kürze und Durchführungs-

ökonomie sowie in Relation zur Beanspruchung der Kinder und dem Anspruch an die Befragung der Kinder ein für die Evaluationspraxis taugliches Instrument darzustellen.

Literatur

Christen, F. (2004). Einstellung von Grundschülern zu Schule und Sachunterricht und der Zusammenhang mit ihrer Interessiertheit. Inaugural-Dissertation der Abteilung für Didaktik der Biologie der Universität Kassel.
Fuhs, B. (1999). Die Generationsproblematik in der Kindheitsforschung. In: Honig, M., Lange, A.; Leu, H. (Hrsg.). Aus der Perspektive von Kindern? Zur Methodologie der Kindheitsforschung. Weinheim und München: Juventa Verlag. 153-161.
Greb, K., Faust, G, Lipowsky, F. (2007). Projekt PERLE: Persönlichkeits- und Lernentwicklung von Grundschulkindern. Diskurs Kindheits- und Jugendforschung 2 (2007) 1, S. 100-104.
Groenwald, E. (2012). Empirische Untersuchung der Interessen von Mädchen und Jungen im Grundschulalter zu Inhalten des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts durch altersangemessene Fragebögen und qualitative Interviews. Masterarbeit im Fach Sachunterricht, Universität Oldenburg.
Hagenauer, G. (2011). Lernfreude in der Schule. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Band 80. Münster: Waxmann.
Helmke, A. (1993). Die Entwicklung der Lernfreude vom Kindergarten bis zur 5. Klassenstufe. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 7(2/3), 77-86.
Rauer, W. & Schuck, K. D. (2004). Fragebogen zur Erfassung emotionaler und sozialer Schulerfahrungen von Grundschulkindern erster und zweiter Klassen (FEESS 1-2). Handanweisung. Göttingen: Beltz Test GmbH.
Wieder, B. (2009). Entwicklung von Interessen und Nicht-Interessen bei Kindern im Kindergarten, in der Grundschule und in der Sekundarstufe I. Inaugural-Dissertation im Fach Erziehungswissenschaften der Universität Kassel.

Ivano Laudonia[1,2]
Moritz Krause[1]
Ingo Eilks[1]

[1]Universität Bremen
[2]Gewerbliche Berufsschule Chur (CH)

Lehrerzentrierte Aktionsforschung zur Entwicklung und Implementation einer Unterrichtseinheit in einer Schweizer Berufsfachschule

Problem und Zielsetzung

Frontalunterricht bzw. expositorisches Lernen spielen im Berufsschulunterricht nach wie vor die zentrale Rolle. Gerade im Berufsschulunterricht sind die Lerngruppen jedoch oftmals sehr heterogen, eine Herausforderung, die eher eine stärkere Individualisierung und mehr selbstreguliertes Lernen erforderlich machen würde. Die Forderung nach einer Stärkung des selbstregulierten Lernens ergibt sich auch aus Veränderungen der Arbeitsorganisation in den Unternehmen in Richtung auf mehr Team- und Mitarbeiterorientierung. Möglichkeiten des individualisierten und stärker selbstgesteuerten Lernens, wie sie etwa die Kultusministerium-konferenz im Rahmenlehrplan der Chemikanten verlangt, werden im Berufsschulunterricht allerdings noch zu wenig genutzt, obwohl positive Effekte auf die Entwicklung von Problemlösekompetenz von Berufsschülern in verschiedenen Fächern gezeigt werden konnten und Berufsschüler die zusätzlichen Freiheitsgrade selbstgesteuerten Lernens bewusst wahrnehmen und nutzen (Laudonia & Eilks, 2015). Daher wurde eine Unterrichtseinheit zum Thema „chemische Bindungen“ entwickelt, die mit Hilfe digitaler Medien selbstständig oder paarweise bearbeitet werden.

Methode

Die Unterrichtseinheit wird zyklisch im Rahmen einer lehrerzentrierten Aktionsforschung mit Bezügen im Entwicklungsprozess im Modell Partizipativer Aktionsforschung nach Eilks und Ralle (2002) entwickelt und an verschiedenen Berufsschulklassen (DrogistInnen, InformatikerInnen und Berufsmaturanden) erprobt. Nach jedem Entwicklungsschritt wird das Feedback der Lernenden mit offenen und Likert-basierten Fragebogen erhoben.

Die Unterrichtseinheit

Die Unterrichtseinheit behandelt die chemische Bindung. Dieses Thema ist Bestandteil der entsprechenden Bildungsverordnung in der Schweiz für verschiedene Berufsschulgruppen. Anstelle von Frontalunterricht mit vielen entwickelnden Lehrgesprächen wurde eine multimediale Lernplattform erstellt und eingesetzt. Die Lernplattform ist angelehnt an die Tour de Chemie (Krause, Kienast, Witteck & Eilks, 2013) und soll den Lernenden ermöglichen, stärker selbstständig zu arbeiten. Mit Hilfe der Lehrplattform können die Lernenden alleine oder zu zweit die Theorie erarbeiten. Die Inhalte werden mit der Software PREZI dargestellt. PREZI erlaubt eine dynamische Navigation und bietet den Vorteil, dass die Inhalte nicht linear, wie bei PowerPoint, sondern vernetzt dargeboten werden können. PREZI erlaubt es den Lernenden zwischen einzelnen Folien, Überblicksdarstellungen und Inhalten auf verschiedene Ebenen zuzugreifen (Krause & Eilks, 2014). Die Lerneinheit ist in drei Bereiche unterteilt a) Die Theorie, die mit Hilfe von PREZI vermittelt wird, b) kleine Experimente im Labor, die als Praxisbezug dienen, und c) Online-Etappentests, mit derer die Lernenden ein Feedback über ihren Lernfortschritt am Ende jeder Lernphase erhalten.

a) Die Theorie

Alle Inhalte wurden zuerst in einer einzigen PREZI mit ca. 120 Folien dargestellt, was sich für den Lernenden aber als zu unübersichtlich zeigte. Sie wünschten sich die einzelnen Kapitel in verschiedenen PREZIs, um eine klare Abgrenzung der Ionenbindung, Elektronen-

paarbindung und metallischen Bindung zu haben. Im 2. Zyklus der Erprobung wurden fünf verschiedene PREZIs angeboten. Zwei betreffen die Ionenbindung mit Grundlagen zur Entstehung, sowie der Eigenschaften der Salze und deren Nomenklatur. Zwei PREZIs beschäftigen sich mit der Entstehung der Elektronenpaarbindung, den Eigenschaften von molekularen Stoffe und der Unterscheidung der wirkenden Kräfte, wie z.B. die van der Waals- und die Dipolkräfte. Die letzte PREZI gibt einen kurzen Einblick in die metallische Bindung mit deren Eigenschaften.

b) Experimente im Labor

Die Lernenden wünschten sich nach dem ersten Entwicklungszyklus die Einbindung von Experimenten, um die Theorie mit einem Praxisbezug zu verbinden. Diese Idee wurde umgesetzt und für die nächsten Klassen implementiert. Zuerst wird den Lernenden eine kurze Einführung über die Arbeitssicherheit im Labor gegeben. Für die Ionenbindung gibt es Versuche zur Herstellung von Kochsalzkristallen, zur Darstellung von Natriumchlorid aus Soda oder zur Leitfähigkeitsmessung von Kochsalzlösung. Für die Elektronenpaarbindung wurde ein Versuch zur Demonstration der Dipoleigenschaft des Wassers gewählt. Ein weiterer Versuch betrifft das Löslichkeitsverhalten von Kochsalz in Wasser, Benzin und anderen unpolaren Lösungsmitteln. Im Bereich der metallischen Bindung wurde als Versuch die Herstellung von Wunderkerzen angeboten.

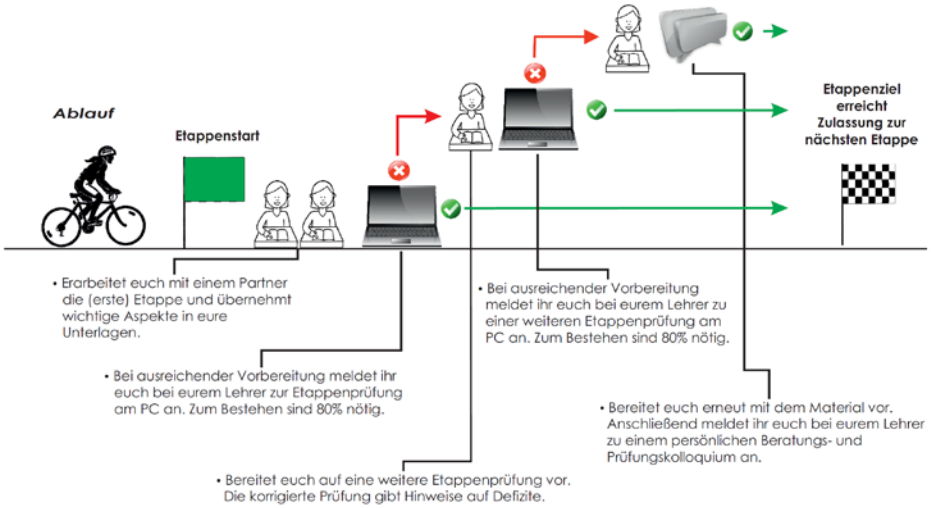


Abb. 1: Ablauf der Unterrichtseinheit

c) Die Etappenprüfung

Am Ende jeder PREZI steht ein Online-Test zur Verfügung (Abb. 1). Es werden verschiedene Aufgabentypen genutzt, wie Single- oder Multiple-Choice-Aufgaben, Zuordnungsaufgaben oder die Abfrage von Schlüsselbegriffen. Die Prüfungen geben den Lernenden Feedback und dienen nicht zur Notenfindung. Die Tests wurden mit der Software Question-Writer erstellt, so dass sie mit jedem gängigen Internetbrowser bearbeitbar sind. Jeder Test besteht aus ca. 10-20 Fragen. Lösen die Lernenden über 80% der Fragen richtig werden sie zur nächsten Etappe zugelassen und der Ablauf beginnt erneut. Schafft jemand die Prüfung nicht, müssen die Lernenden sich erneut mit der Lernplattform beschäftigen und die Etappenprüfung wiederholen. Sollten die Lernenden auch das zweite Mal den Test nicht bestehen, bearbeitet die Lehrperson mit den Lernenden die Schwierigkeiten.

Beim Bearbeiten der Lernplattform bestimmen die Lernenden das Tempo, wie sie auch die Intensität des Lernens variieren können. Die Unterrichtseinheit hat auch den Vorteil, dass sie autonom in die drei Bindungsarten eingeteilt ist und so auch einzelne Bindungsarten gelernt werden können. Dieses Vorgehen wird von Lehrerinnen und Lehrern genutzt, wenn die Bindungsarten zeitlich getrennt unterrichtet werden. Die Erarbeitung der ganzen Lerneinheit „chemische Bindung“ umfasst ca. 8-10 Unterrichtsstunden.

Erfahrungen und erste Ergebnisse

Die Unterrichtsreihe wird von den Lernenden generell positiv bewertet. Die Methodik trägt zur Differenzierung bei und ermöglicht es den Lernenden, individuell oder in Kleingruppen im eigenen Lerntempo zu arbeiten. Eine Auszubildende zur Drogistin sagte: *„Endlich kann ich mich beim Lernen konzentrieren und muss nicht ständig zuhören, ich habe mein eigenes Lerntempo und fühle mich dabei wohl!“* Die Lernenden schätzen dies und geben eine hohe Selbständigkeit im Lernprozess vor. Ein angehender Informatiker meinte: *„Der größte Unterschied war, dass es keinen Frontalunterricht gab. Das Material wurde vollständig selbst erarbeitet. Mir hat es gefallen. Es ist eine gute Abwechslung zum normalen Schulalltag.“*

Die Etappentests und die Materialien sind jederzeit online verfügbar und können von zu Hause zur Übung und Wiederholung aufgerufen werden. Durch die innovative Lernumgebung wurden die Inhalte aus Sicht der Auszubildenden ansprechend und motivierend dargeboten. Aspekte von Kommunikation, Kooperation und Zufriedenheit mit dem Unterricht wurde von den Lernenden, z.B. in der Klasse der DrogistInnen, sehr positiv empfunden. Allerdings wurde das Thema „chemische Bindungen“ in allen Klassen für den Alltag als wenig relevant angesehen. Dies lag bisher im Fehlen echter Alltagsbezüge. Bei den Berufsmaturanden wurde sogar deutlich Unzufriedenheit aufgrund von hohen Anforderungen geäußert, etwa durch viele Hausaufgaben, da sie die Einheit im Gegensatz zu den anderen Berufsschulklassen mit nur einer Wochenstunde an Stelle von zwei Wochenstunden zu bearbeiten hatten.

Erklärungen zum Ablauf, die Arbeitsmaterialien und die Tests finden sich unter www.chemiedidaktik.uni-bremen.de/multimedia/tdc_bindungen.

Literatur

Eilks, I., & Ralle, B. (2002). Partizipative fachdidaktische Aktionsforschung - ein Modell für eine praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *Chemie konkret, 9*, 13-18.

Krause, M., & Eilks, I. (2014). Lernwege mit PREZI modern gestalten – Beispiele zum Teilchenkonzept. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 209-215). Hamburg: Joachim Hertz-Stiftung Verlag.

Krause, M., Kienast, S.,Witteck, T. & Eilks, I. (2013). On the development of a computer-based learning and assessment for the transition from lower to upper secondary chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice, 14*, 345-353.

Laudonia, I. & Eilks, I. (2015). Chemieunterricht und Chemiedidaktik an berufsbildenden Schulen – Status Quo und Perspektiven. *Chemie konkret, 22*, 119-124.

Corinna Tschentscher
Corinna Erfmann
Roland Berger

Universität Osnabrück

Training zur Verbesserung der Erklärqualität

Hintergrund

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler häufig geringe Fähigkeiten beim Erklären von physikalischen Sachverhalten besitzen (Kronenberger & Souvignier, 2005; McNeill & Krajcik, 2007). Dabei tauchen nicht nur inhaltliche Probleme beim Erklären auf, sondern oftmals auch strukturelle Schwierigkeiten: Zum einen fehlen in Erklärungen von Schülerinnen und Schülern oftmals wichtige Elemente, insbesondere werden Begründungen vergessen. Zum anderen ist häufig auch kein „Roter Faden“ erkennbar. Aufbauend auf einer Unterrichtseinheit von Erfmann (2015) zur elektromagnetischen Induktion wurde ein Erklärtraining entwickelt, welches Schülerinnen und Schülern beim Aufbau einer logisch strukturierten und vollständigen Erklärung helfen soll.

Konzept des Trainings

Idee des Trainings ist es, dass den Schülerinnen und Schülern für ihre Erklärung eine strukturelle Erklärhilfe (SEh) in Form eines Gerüsts einer „Erklärkette“ angeboten wird. Das Gerüst einer solchen Erklärkette soll von den Schülerinnen und Schülern ausgefüllt werden und als Hilfe bei der Formulierung einer Erklärung dienen. Die Elemente der Erklärkette sind in Anlehnung an Toulmin (2003) gestaltet: Eine Erklärkette beinhaltet Aussagen und Begründungen. Die Kette der Aussagen liest man von oben nach unten und kann als „Ursache-Wirkungsbeziehung“ verstanden werden. Für jede Folgerung einer Aussage aus einer anderen muss eine Begründung formuliert werden, die angibt, warum diese Folgerung erlaubt ist. Diese kann in Form eines Gesetzes, einer Regel oder weiteren Erläuterung erfolgen. Der Fokus einer Erklärkette liegt auf den Verknüpfungen: Aussagen werden mit den Signalwörtern „wenn“ und „dann“ verknüpft, was die „Ursache-Wirkungsbeziehung“ deutlich macht. Begründungen werden über ein „weil“ eingeleitet. Das Einüben der „Wenn-dann-weil“-Struktur der Erklärkette ist zentrales Element des Trainings. Die Schülerinnen und Schüler sollen für jede Erklärung die für sie relevanten Aussagen und Begründungen in die Erklärkette eintragen. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt einer ausgefüllten SEh zur Funktionsweise des ABS-Sensors. In dieser sind einige Aussagen und Begründungen, die für die Erklärung eines

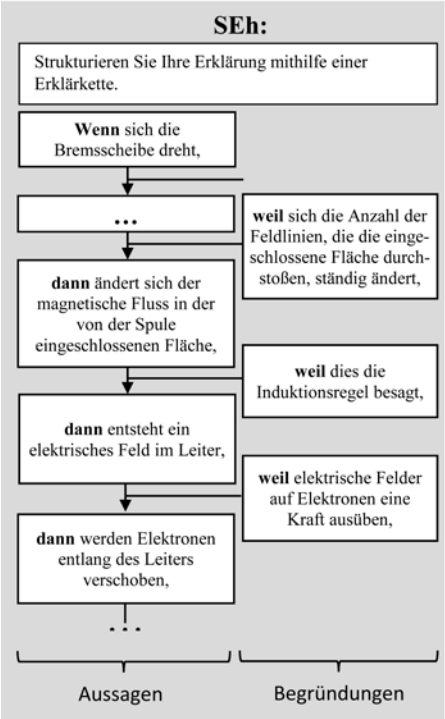


Abbildung 1: Ausschnitt einer ausgefüllten Strukturellen Erklärhilfe (SEh) zur Funktionsweise des ABS-Sensors

Versuchs zur Funktionsweise des ABS-Sensors von uns als relevant erachtet werden, dargestellt. Auch ist die „Wenn-dann-weil“-Struktur zu erkennen. Die ausgefüllte Erklärkette dient dann als strukturelle Erklärhilfe und soll dabei helfen, vollständige und logisch strukturierte Erklärungen zu geben.

Fragestellungen

- Kann durch ein Training auf der Basis der SEh die Erklärqualität verbessert werden?
- Kann durch ein solches Training insbesondere dem Problem der fehlenden Begründungen erfolgreich begegnet werden?

Methode

Die Stichprobe besteht aus Physik-Grundkursen der 11. Jahrgangsstufe. In Tabelle 1 ist der Untersuchungsplan dargestellt. Zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein Vergleich zwischen einer Gruppe mit Training auf Basis der SEh mit einer Gruppe mit begrifflicher Erklärhilfe (BEh) durchgeführt (vgl. Abbildung 2).

Gruppe SEh (N=131)	Basistraining zur SEh (1 Std.)	Unterrichtseinheit zur elektromagnetischen Induktion mit SEh (6 Std.)	Gruppenpuzzle (2 Std.)
Gruppe BEh (N=142)		Unterrichtseinheit zur elektromagnetischen Induktion mit BEh (6 Std.)	Gruppenpuzzle (2 Std.)

Tabelle 1: Untersuchungsplan

Die BEh besteht in der Vorgabe der vier zentralen Begriffe „magnetischer Fluss“, „Änderung“, „elektrisches Feld“ und „Elektronenverschiebung“, die für jede Erklärung aus dem Bereich der elektromagnetischen Induktion von uns als wichtig erachtet werden. Wird eine Erklärung eines physikalischen Phänomens im Unterricht verlangt, wird in der Gruppe SEh die strukturelle Erklärhilfe verwendet, indem die Schülerinnen und Schüler aufgefordert werden, eine Erklärkette auszufüllen. In der Gruppe BEh wird eine Hilfe in Anlehnung an die vier zentralen Begriffe aufgerufen. Die Gruppe SEh durchläuft vor der Unterrichtseinheit zur elektromagnetischen Induktion ein Basistraining, in dem sie unabhängig von den fachlichen Inhalten mit dem Konzept SEh vertraut gemacht werden, beispielsweise wird mit ihnen über mögliche Vorteile gesprochen und sie wenden die Erklärkette erstmalig selbstständig auf einen Versuch aus einem anderen physikalischen Bereich (Wärmelehre) an. Beide Gruppen durchlaufen die Unterrichtseinheit zur elektromagnetischen Induktion und anschließend ein Gruppenpuzzle. Im Rahmen des Gruppenpuzzles werden die Schülerinnen und Schüler zur Expertin oder zum Experten einer der Stationen „Funktionsweise eines ABS-Sensors“, „Aufladung einer elektrischen Zahnbürste“, „Funktionsweise eines Mikrofons“, „Induktion im Erdmagnetfeld“. Anschließend ist es die Aufgabe der Expertinnen und der Experten, den physikalischen Inhalt ihres Expertenthemas zu erklären. Die Erklärungen wurden transkribiert und mithilfe eines hochinferenten Kategoriensystems, welches in Anlehnung an Sandoval & Millwood (2005) entwickelt wurde, auf einer vierstufigen Skala hinsichtlich der (1) Vollständigkeit und (2) Inhaltlichen Qualität der (a) Aussagen, (b) Verknüpfungen und (c) Begründungen eingeschätzt. Eine hohe Bewertung in diesen sechs Kategorien kann als Maß für eine hohe Erklärqualität angesehen werden. Alle Erklärungen wurden von zwei Ratern eingeschätzt, anschließend haben sich beide Rater auf ein Ergebnis geeinigt. Dabei kann die

BEh:

Verwenden Sie für Ihre Erklärung die Begriffe ***magnetischer Fluss, Änderung, elektrisches Feld*** und ***Elektronenverschiebung***.

Abbildung 2: Begriffliche Erklärhilfe (BEh)

Beurteilerübereinstimmung für die sechs Kategorien als zufriedenstellend bis gut angesehen werden (.67 ≤ ICC ≤ .88).

Ergebnisse

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Studie dargestellt: Es zeigen sich starke Vorteile der Gruppe SEh gegenüber der Gruppe BEh bezüglich Vollständigkeit und Inhaltlicher Qualität der Aussagen und Begründungen, die Unterschiede sind hoch signifikant mit Effektstärken zwischen d = 0.91 in der Kategorie Inhaltliche Qualität der Begründungen und d = 1.61 in der Kategorie Inhaltliche Qualität der Aussagen. Weiter zeigen sich unerwartet keine Vorteile der Gruppe SEh bezüglich der Verknüpfungen: In der Kategorie Vollständigkeit der Verknüpfungen gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen Gruppe SEh und Gruppe BEh. In der Kategorie Inhaltliche Qualität der Verknüpfungen ist die Gruppe SEh der Gruppe BEh signifikant unterlegen mit einer Effektstärke von d = 0.37.

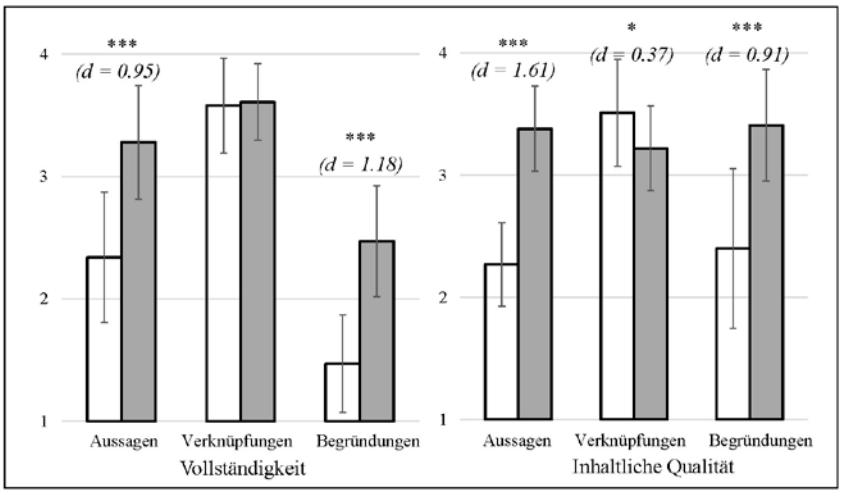


*Abbildung 3: Vergleich der beiden Gruppen mit unterschiedlicher Hilfe (hell: Gruppe mit Begrifflicher Erklärhilfe, dunkel: Gruppe mit Struktureller Erklärhilfe). Anm.: *: p < .05; **: p < .01; ***: p < .001. Als Fehlermaß ist eine Standardabweichung angegeben.*

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass das Training auf Basis der SEh eine Möglichkeit darstellt, die Erklärqualität der Schülerinnen und Schüler zu verbessern. Insbesondere kann dem Problem der fehlenden Begründungen erfolgreich begegnet werden. Lediglich in der Kategorie Verknüpfungen unterliegt die Gruppe SEh der Gruppe BEh. Als mögliche Ursachen wären Deckeneffekte oder die vorgegebenen Signalwörter, die von den Schülerinnen und Schülern als einengend empfunden werden könnten, zu nennen.

Literatur

Erfmann, C., Berger, R (2015). Ein elementarer Zugang zur Induktion. Praxis der Naturwissenschaften. Hallbergmoos: Aulis, 64 (2), 13-25

Kronenberger, J. & Souvignier E. (2005). Fragen und Erklärungen beim kooperativen Lernen in Grundschulklassen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 37 (2), 91-100.

McNeill, K. & Krajcik, J. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In Luft, J., Bell, R., Gess-Newsome, J. (Eds.), Science as Inquiry in The Secondary Setting. Arlington: National Science Teachers Association Press, 121-134

Sandoval, W. & Millwood, K. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. Cognition and Instruction, 23 (1), 23-55

Toulmin, S. (2003). The Uses of Argument. Cambridge: Cambridge University Press

Dagmar Michna TU Dortmund
Insa Melle

Inklusiver Chemieunterricht in der Sekundarstufe I
- Konzeption und Evaluation -

Einleitung

Mit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention von 2009 hat sich die Bundesrepublik Deutschland zu einem inklusiven Schulsystem verpflichtet, was bedeutet, dass Lernende mit und ohne sonderpädagogischem Förderbedarf gemeinsam unterrichtet werden (Deutsches Institut für Menschenrechte, 2009). Das Land Nordrhein-Westfalen setzt diese Forderung mit der neunten Änderung des Schulrechtsgesetzes 2013 um und bietet seither jedem Lernenden einen Platz an einer allgemeinbildenden Schule (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013). Durch diese gesetzliche Verankerung werden inklusive Schulen zukünftig immer wichtiger. Die unterschiedlichen Dimensionen der Heterogenität, wie beispielsweise die ethische Zugehörigkeit, der sozioökonomische Status und die Art einer Behinderung, sollen in einer inklusiven Schule gleichermaßen berücksichtigt werden, was eine besondere Gestaltung von Unterricht erfordert (Hinz, 2004). Bis dato gibt es jedoch kaum erprobte und bewährte Konzepte, wie inklusiver Unterricht im Sinne einer Zugänglichkeit für alle gestaltet werden sollte (Menthe & Hoffmann, 2015).

Theoretische Fundierung

Die Kultusministerkonferenz von 2011 formuliert für inklusiven Unterricht eine Vielfalt von unterschiedlichen Lern- und Leistungsvoraussetzungen, die berücksichtigt werden müssen. Dabei soll das gemeinsame Lernen aller durch die Schaffung verschiedener Zugänge zu Lernumgebungen und -informationen und die Bereitstellung einer Vielfalt an Handlungsmöglichkeiten ermöglicht werden (KMK, 2011). Langfristig würde die Einhaltung der beschriebenen Aspekte jedoch zu einem Spannungsfeld zwischen Individualisierung und Gemeinsamkeit führen (Werning & Lütje-Klose, 2012). Um dieser Kontroverse entgegen zu wirken, gilt für die Entwicklung von inklusiven Lernsettings, dass einerseits die Lernenden zwar individuell auf ihrem eigenen Niveau lernen, die gesamte Lerngruppe andererseits aber an einem gemeinsamen Inhalt arbeitet. Um der Kontroverse zwischen Individualisierung und Gemeinsamkeit entgegen zu wirken, sollten Elemente eines instruktiven, lehrerzentrierten Unterrichts in konstruktive, selbstgesteuerte Arbeitsphasen durch eine kreative Verknüpfung implementiert werden (Reinmann, 2011; Gudjons, 2007). Das *Universal Design for Learning* (UDL) (Cast, 2011) stellt dazu einen Ansatz zur Gestaltung von Unterricht für heterogene Lerngruppen dar, der die verschiedenen Aspekte des Unterrichts aufgreift und im Sinne einer Zugänglichkeit für alle modifiziert und konstruiert.
Dieses Projekt verknüpft das integrative Modell von Instruktion und Konstruktion (Reinmann & Mandl, 2006) mit dem UDL und gestaltet auf diese Weise eine Lernumgebung, die aus Lehrerkurzvorträgen (Blaes, 2013), differenzierten Arbeitsmaterialien und Selbsteinschätzungsbögen (Kallweit, 2014) besteht.

Forschungsfragen

Im Rahmen der Unterrichtseinheit soll untersucht werden, ob die Durchführung der Einheit in inklusiven und nicht inklusiven Klassen zu

- einem vergleichbaren positiven Fachwissenszuwachs
- einer vergleichbar positiven Bearbeitungsqualität der Schülerarbeitsmaterialien
- einer vergleichbar positiven Einstellung

führt.

Material

Das eingesetzt Material besteht aus einführenden Lehrerkurzvorträgen, die durch Power-Point-Präsentationen realisiert werden, aus Selbsteinschätzungsbögen, die das selbstregulierte Arbeiten möglich machen, und aus differenziertem Schülerarbeitsmaterial, das während der Übungsphase bearbeitet wird. Alle eingesetzten Materialien wurden mit Hilfe des UDL konzipiert. Die Lernenden erhalten durch die Vorträge zunächst eine Einführung in die Thematik. Anschließend schätzen sie ihr Wissen zu den einzelnen Kompetenzen auf den Selbsteinschätzungsbögen ein (von *sehr sicher* bis *sehr unsicher*), die gleichzeitig Lernwege zur Vertiefung des Wissens vorschlagen. Die Lernwege bestehen aus den differenzierten Arbeitsmaterialien, bei denen das Anspruchsniveau an die Einschätzungen angepasst ist. Die Einheit umfasst neun Kompetenzen des Basiskonzepts Chemische Reaktion, die sowohl in den Lehrerkurzvorträgen als auch auf den Selbsteinschätzungsbögen und dem Schülerarbeitsmaterial behandelt werden.

Test- und Auswertungsinstrumente

Das *Fachwissen* wird mit Hilfe eines 35 Items umfassenden Mutiple-Choice-Tests (Cronbachs α = .590) erfasst. Die *Einschätzung* der Übungseinheit wird mit 18 Items erhoben (5-stufige Likert-Skala (von 1 = *stimme voll zu* bis 5 = *stimmte gar nicht zu*), Cronbachs α = .885). Außerdem werden die *kognitiven Fähigkeiten* mit dem Culture-Fair-Test 20 (Weiß, 1998) erfasst und das *schulische Selbstkonzept* (Schöne, Dickhäuser, Spinath & Stiensmeier-Pelster, 2002) gemessen. Weiter wurde ein Kodiermanual zur Untersuchung der Bearbeitungsqualität der Schülerarbeitsmaterialien (Cohens κ = .672) entwickelt. Dazu wurden alle von den Probanden bearbeiteten Arbeitsmaterialien eingescannt und auf einer 4-stufigen Likert-Skala (von 1 = *fachlich richtig* bis 4 = *nicht bearbeitet*) bewertet.

Pilotierung

Stichprobe

Die Pilotierung wurde mit drei 8. Klassen an Gesamtschulen durchgeführt (N = 72). Für die Auswertung wurden nur die Daten derjenigen Probanden berücksichtigt, die sowohl an der Intervention als auch an der Pre- und Post-Testung teilgenommen haben (n = 49). Für die abschließende Follow-up-Testung reduziert sich der Stichprobenumfang auf 43 Probanden.

Untersuchungsdesign

Die Pilotierung wurde in einem *Pre-Post-Follow-up-Design* mit einer Interventions- (IG) und einer Vergleichsgruppe (VG) durchgeführt. Der Unterschied zwischen den Gruppen besteht in ihrer Klassenstruktur: Während es sich bei der IG um eine inklusive Lerngruppe handelt, umfasst die VG keine Lernenden mit einem diagnostizierten Förderbedarf. Zum ersten Messzeitpunkt werden zunächst die kognitiven Fähigkeiten, das schulische Selbstkonzept und das Fachwissen der Probanden erfasst. Danach durchlaufen beide Gruppen die Unterrichtseinheit, die fünf Unterrichtsstunden à 45 Minuten umfasst. Dabei wird zunächst ein einführender Lehrerkurzvortrag im Umfang von ca. 15 Minuten gehalten, an den sich eine 75-minütige Selbstlernphase anschließt. Diese Kombination wird zweimal durchgeführt, allerdings durch eine 45-minütige Experimentierphase zur Unterbindung der Methodenmonotonie unterbrochen. Etwa eine Woche nach der Durchführung der Übungseinheit werden erneut das Fachwissen (Post-Test) sowie die Einstellung erhoben. Weitere vier Wochen später findet die Follow-up-Testung des Fachwissens statt.

Auswertung der Ergebnisse

Zur Überprüfung der ersten Forschungsfrage wurde die Analyse der Residuen durchgeführt. Daraus resultiert, dass die Lernenden beider Gruppen sowohl unmittelbar (n_{IG} = 29, M_{pre}= .26, M_{post} = .51, p < .001, φ = .86; n_{VG} = 20, M_{pre} = .22, M_{post} = .47, p = <. 001, φ = .88) als

auch nachhaltig (n_{IG} = 24, M_{pre} = 25, $M_{follow\text{-}up}$ = .44, p < .001, δ = 1.62; n_{VG} = 19, M_{pre} = 22, $M_{follow\text{-}up}$ = .44, p < .001, δ = 2.75) dazulernen. Im Gruppenvergleich zeigt sich weder im unmittelbaren (p_{res} = .360; φ = .13) noch im nachhalten (p_{res} = .617; δ = 0.01) Fachwissenszuwachs ein Unterschied. Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich auch bei der Betrachtung der Bearbeitungsqualität der Schülerarbeitsmaterialien. Hier bearbeiten beide Gruppen gleichermaßen gut die differenzierten Schülerarbeitsmaterialien während der Unterrichtseinheit (n_{IG} = 29; n_{VG} = 20; M_{IG} = 2.28; M_{VG} = 2.24; p = .769; δ = 0.08). Hinsichtlich der Einstellung gegenüber der Unterrichtseinheit zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler der IG die Einheit insgesamt positiver bewerten als die der VG (n_{IG} = 29; n_{VG} = 20; p = .030; δ = 0.65).

Weitere Schritte

Im Rahmen der Pilotierung sollen die erhobenen Videodaten von 18 Lernenden genauer untersucht werden. Dazu werden zwei Kodiermanuale entwickelt, die zum einen die Kommunikation während der Selbstlernphase und zum anderen das Arbeitsverhalten der Schülerinnen und Schüler untersuchen. In der anschließenden Hauptuntersuchung soll u. a. der Umfang der fachlichen Inhalte von neun auf sechs Kompetenzen reduziert werden, da die Materialanalyse darauf hinweist, dass nicht alle Inhalte von den Lernenden in der vorgegebenen Zeit bearbeitet werden können.

Literatur

Blaes, C. (2013). *Die übungsgestützte Lehrerpräsentation im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Evaluation der Effektivität.* Berlin: Logos.

Center of Applied Special Technology (2011). *Universal Design for Learning. Guidelines version 2.0*. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar unter: http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines /downloads (Stand: 25.08.2015)

Deutsches Institut für Menschenrechte (2009). *Behindertenrechtskonvention (CRPD)*. Online verfügbar unter: http://www.institut-fuer-menschenrechte.de/menschenrechtsinstrumente/vereinte-nationen/menschenrechtsabkommen/behindertenrechtskonvention-crpd.html#c1945 (Stand: 24.08.2015)

Gudjons, H. (2007). *Frontalunterricht – neu entdecken. Integration in offene Unterrichtsformen*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Hinz, A. (2004).Vom sonderpädagogische Verständnis der Integration zum integrationspädagogischen Verständnis der Inklusion!? In I. Schnell & A. Sander. (Hrsg.), *Inklusive Pädagogik* (S. 41-74). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Kallweit, I (2014). *Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen.* Berlin: Logos.

Menthe, J. & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht- Chance und Herausforderung. In B. Riegert, & O. Musenberg (Hrsg.). *Inklusiver Fachunterricht der Sekundarstufe*. (S. 131 - 141) Stuttgart: Kohlhammer.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013). *Erstes Gesetz zur Umsetzung der VN-Behindertenrechtskonvention in den Schulen (9. Schulrechtsänderungsgesetz).* Online verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Inklusion/Gesetzentwurf.pdf (Stand: 09.09.2015).

Reinmann, G. (2012). Das schwierige Verhältnis zwischen Lehren und Lernen: Ein hausgemachtes Problem?. In H. Giest, E. Heran-Dörr & C. Archie (Hrsg). *Lernen und Lehren im Sachunterricht. Zum Verständnis von Instruktion und Konstruktion.* Jahresband 2011 der GDSU. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Reinmann, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In Krapp, A. & Weidemann, B. (Hrsg.). *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch.* (S. 613 – 656)Weinheim, Basel: Beltz.

Schöne, C., Dickhäuser, O, Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). *Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts*. Göttingen: Hogrefe.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2011). *Beschluss der Kultusministerkonferenz – Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderung in Schulen.* München: Luchterhand.

Weiß, R. H. (1998). *Grundintelligenztest Skala 2 (CFT 20)* Göttingen: Hogrefe.

Werning, R. & Lütje-Klose, B. (2012). *Einführung in die Pädagogik bei Lernbeeinträchtigungen*. München: Ernst Reinhardt.

Janina Aderhold Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest

Nachhaltigkeit als interdisziplinäres Thema und Ziel im naturwissenschaftlichen Unterricht

Einleitung

Trotz des Endes der Weltdekade der Vereinten Nationen 2014 verliert die Thematik der Integration einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in der Schule und der LehrerInnenbildung nicht an Bedeutung, wie in aktuellen Arbeiten (z. B. Krofta et al.) ersichtlich wird. In dem vorgestellten Projekt werden einerseits bildungspädagogische allgemeine Grundlagen einer BNE erarbeitet, um diese mit naturwissenschaftlichen Themen der Nachhaltigkeitswissenschaften zu kombinieren, damit eine Grundlage für die Integration in den naturwissenschaftlichen und vor allem fächerübergreifenden Unterricht ermöglicht wird. Hierzu wurde ein Lernset entwickelt, das für den Einsatz im Chemie- und Biologieunterricht geeignet ist.

Grundlagen

Das Ziel des Konzepts BNE ist die Transformation der Gesellschaft hin zu einer nachhaltigen Entwicklung. Dabei sollen gegenwärtige und zukünftige Generationen nicht nur Wissen erlangen und kompetent Entscheidungen treffen, sondern auch engagiert sein und öffentlich agieren können. (Grundwald & Kopfmüller, 2012) Damit werden im Allgemeinen die Kompetenzen der OECD durch die sogenannte **Gestaltungskompetenz** erweitert, welche die oben genannten Ziele integriert. Zur Konkretisierung wird diese in ein Set aus 12 Schlüsselkompetenzen unterteilt, das vor allem kooperationsfähig und mutig für eigenes Handeln machen soll. Dazu gehören u.a. die Kompetenz zum vorausschauenden Denken und Handeln, zum Erkennen und Verstehen von Systemzusammenhängen oder zum Umgang mit z.B. unvollständigen Informationen. Daneben finden sich aber auch Kompetenzen, die zu der Kategorie der Selbst- und Sozialkompetenz einzuordnen sind, wie zum Beispiel die Kompetenz zur Bewältigung individueller Entscheidungsdilemmata, Empathie und Solidarität, zum kooperativen, eigenständigen und moralischen Handeln oder die Kompetenz andere zu motivieren. (de Haan et al., 2008)

In den genannten Teilkompetenzen wird offensichtlich, dass neben Wissen über nachhaltige Handlungsmöglichkeiten und erworbenen Kompetenzen vor allem auch Motivation gefördert werden soll, da diese den Motor für eine nachhaltige Entwicklung darstellen. Genauso sollen Menschen in ihren Einstellungen, Werten und Handlungen gestärkt werden, sinnvollerweise nur bei Übereinstimmung mit den Grundsätzen einer nachhaltigen Entwicklung. (UNCED, 1992)

Man erkennt an den Grundlagen der BNE, dass diese einige markante Merkmale mit sich bringt. Gerade die umfassende Betrachtung von aktuellen Problematiken bringt eine hohe Komplexität mit sich, da interdisziplinäres Systemdenken von Nöten ist. Dieses erschwert die Umsetzung im Unterricht, kann und sollte aber auch als Chance für die Integration der Naturwissenschaften und damit für den fächerübergreifenden Unterricht gesehen werden.

Themen einer BNE

Die Integration einer BNE in den schulischen Kontext und vor allem in den naturwissenschaftlichen Unterricht hat das Ziel, Lernenden Mitgestaltungsmöglichkeiten für die Gegenwart und Zukunft aufzuzeigen und erfahrbar zu machen. Um komplexe Entwicklungen umfassend zu betrachten, müssen Verhaltensweisen der Industrie, der Politik oder das eigene Handeln reflektiert werden, auch um sich über die eigene Verantwortung

bewusst zu werden. Grundsätzlich können bereits integrierte Themen der vorliegenden Lehrpläne aus neuen Perspektiven betrachtet werden. Es bietet sich aber auch an, neue Facetten der Nachhaltigkeitswissenschaften in den schulischen Kontext einzubeziehen.

Abb. 1: Themen einer BNE für den naturwissenschaftlichen Unterricht nach Stoltenberg & Burandt, 2014

Im Sinne der Gestaltungskompetenz sollte darauf geachtet werden, dass weder eine zu einseitige Betrachtung noch die Vermittlung reinen Faktenwissens im Vordergrund steht. Grundsätzlich sollten die Themen einen alltäglichen und aktuellen Bezug besitzen, so dass diese für alle Lernenden bedeutsam sind. Weiterhin sollte eine längerfristige Bedeutung gewährleistet und eine interdisziplinäre Bearbeitungsweise möglich sein. Damit wird zum einen die Betrachtung verschiedener Aspekte einer aktuellen Problematik möglich und auch der fächerübergreifende Unterricht gefördert. (Stoltenberg & Burandt, 2014)

Vorstellung des Lernsets

Das Lernset setzt sich aus elf Stationen zusammen und ist für den Einsatz in der Klassenstufe 10 konzipiert. Die zwei Pflichtstationen beschäftigen sich mit dem Kerngedanken von Nachhaltigkeit und stellen die Voraussetzung für die weitere Bearbeitung der Thematik dar. Wahlbereich A beinhaltet vier Stationen mit einer größeren chemischen Betrachtung, während der Wahlbereich B eine eher biologische bzw. interdisziplinäre Bearbeitung beinhaltet. Die Form eines Lernsets wurde gewählt, da hierbei die Stationen unabhängig voneinander in die jeweilig passende Unterrichtssequenz aufgenommen werden können. Für jede der Stationen wurde eine aktuelle Problematik ausgewählt, die den genannten Kriterien entsprechen und damit die Möglichkeit einer Problemorientierung mit sich bringt. Zudem muss eine interdisziplinäre Bearbeitung möglich sein, wobei nicht nur die Naturwissenschaften, sondern auch entsprechend dem Mehrdimensionenmodell der Nachhaltigkeit (Deutscher Bundestag, 1998) ökonomische und soziale Aspekte gleichwertig betrachtet werden. Genauso soll neben der Vermittlung von Fakten die Motivation für die Umsetzung des Leitsatzes *think global act local* gefördert werden. Am Beispiel der Station 6 (Der Erfolg des Haber-Bosch-Verfahrens) sollen die Lernmöglichkeiten genauer vorgestellt werden. Thematisiert werden die Vor- und Nachteile der industriellen Landwirtschaft, wobei einerseits die Notwendigkeit von industriell hergestellten Düngemitteln und aus dem Einsatz resultierenden Probleme kritisch betrachtet werden. Somit bietet die Station ein Beispiel für die Analyse einer nicht nachhaltigen Entwicklung mit globalen Auswirkungen. Einzuordnen ist das Thema in den Thüringer Chemieunterricht der Klassenstufe 10 „Systematisierung, Stickstoff und Stickstoffverbindungen“ und kann fächerübergreifend mit dem Bereich „Organismen in ihrer Umwelt“ des Biologieunterrichts unterrichtet werden.

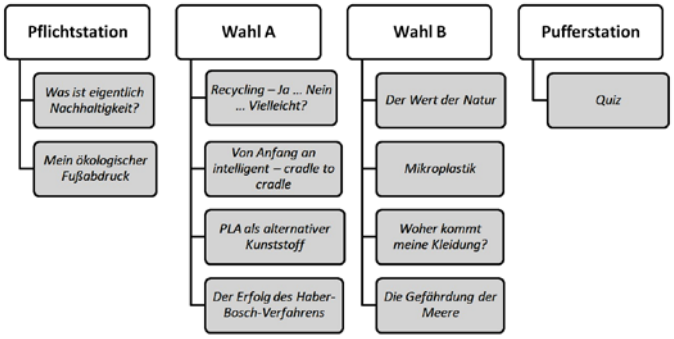


Abb. 2: Stationen des Lernsets „Nachhaltigkeit“

Im ersten Teil der Station soll eine Teilvermittlung mithilfe ungeordneter Zitate erfolgen, hierbei sollen die SchülerInnen einerseits für den Umgang mit unvollständigen Informationen, andererseits für einen kritischen Umgang mit Quellen sensibilisiert werden. Die Aussagen sollen entsprechenden Personen wie zum Beispiel der Chemikerin oder dem Umweltaktivisten zugeordnet werden. Im Anschluss soll mit gegebenen Bildern ein Mindmap zum Haber-Bosch-Verfahren erstellt werden. Dieses bezieht verschiedene Teilkompetenzen der Gestaltungskompetenz wie das Erkennen und Verstehen von Systemzusammenhängen (auch unter der Integration chemischer, biologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte) ein, soll aber auch zur Reflexion einladen.

Ausblick

Für die Integration einer BNE in den naturwissenschaftlichen Unterricht soll dieses Lernset als Ideengeber im Sinne einer konzeptionellen Rahmung und einer integrierten Materialsammlung dienen. Viele Themen der Nachhaltigkeitswissenschaften wie z.B. auch das Konzept des *cradle to cradle* bringen eine Vielzahl an Möglichkeiten der Umsetzung mit sich, welche Potential besitzen, in den Lehrplan integriert zu werden, um die Generierung von Gestaltungskompetenz zu fördern. Trotzdem ist zu beachten, dass ihre Entwicklung Zeit erfordert. So kann die Generierung eigener Leitbilder oder das vorausschauende Handeln nicht innerhalb einer Unterrichtseinheit aufgebaut werden. Für die Zukunft wäre es sinnvoll, verstärkt Gestaltungskompetenz und Nachhaltigkeit als Bildungsziel und Thema in den schulischen Kontext und die LehrerInnenbildung einzubeziehen.

Literatur

Deutscher Bundestag (1998). Konzept Nachhaltigkeit: vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlussbericht der Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Bundestages. Bonn: Dt. Bundestag Referat Öffentlichkeitsarbeit, 29-31.

Grunwald, A. & Kopfmüller, J. (2012). Nachhaltigkeit. Frankfurt am Main: Campus Verlag.

Haan, G. de (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In I. Bormann & G. de Haan (Eds.), Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 8-12.

Krofta, H., Nordmeier V., Buchholz M. & Schulte C. (2015). BNE-Lehramtsausbildung im Schülerlabor: ein Projekt stellt sich vor. In S. Bernholt (Eds.), Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. GDCP Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN, 495-497.

Stoltenberg, U. & Burandt, S. (2014). Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. In H. Heinrichs & G. Michelsen. Nachhaltigkeitswissenschaften. Heidelberg: Springer-Verlag, 577-580.

UNCED (1992). Agenda 21. Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung. Rio de Janeiro.

Mareike Göbel Universität Siegen
Martin Gröger

Kautschuk und Inulin aus Löwenzahn im Chemieunterricht selbst gewinnen

Theoretischer Hintergrund

Löwenzahn ist eine in unseren Breitengraden weit verbreitete und wohlbekannte, aber auch unterschätzte Pflanze. In neueren Forschungs- und Entwicklungsprojekten, die u.a. von Reifenherstellern wie Continental und Zuckerfabrikanten wie Südzucker durchgeführt werden, steht russischer Löwenzahn (*Taraxacum kok-saghyz*) als potenzieller Lieferant von Kautschuk (*cis*-1,4-Polyisopren) und Inulin (Oligofructose mit einem Polymerisationsgrad von n = 2 - 60) im Fokus. Forscher des Fraunhofer-Institutes für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME und der Universität Münster haben eine Pilotanlage zur Gewinnung des Kautschuks in großtechnischem Maßstab entwickelt (Pudenz, 2013) und Continental hat sich für „Taraxagum"-Reifen mit einem Anteil Kautschuk aus Löwenzahn bereits ein Handelszeichen gesichert. Dieses aktuelle und authentische Thema soll für den Chemieunterricht erschlossen werden. Ziel ist die Entwicklung einer Unterrichtskonzeption, mit der Lernenden neben den fachlichen Inhalten die Bedeutung nachhaltigen Handelns und die Verknüpfung zwischen Chemie und Natur verdeutlicht werden sollen.

Grundlagen

Verschiedene Studien haben ergeben, dass Schülerinnen und Schüler in der Regel wenig Verständnis vom Begriff Nachhaltigkeit haben (z. B.: Krischer, 2015). Aspekte von Nachhaltigkeit sollten daher stärker in den Chemieunterricht integriert werden. Dafür bietet sich eine Verknüpfung von fachlich-chemischen Themen mit naturbezogenen Phänomenen besonders an (Gröger, Krischer & Spitzer, 2014).

Schülerinnen und Schüler können im vorliegenden Fall den Weg der Pflanze von der Aussaat der Samen bis zur Verarbeitung des Wurzelmaterials zu den gewünschten Produkten Kautschuk und Inulin mit Schülerversuchen nachvollziehen. Bezüglich der Nachhaltigkeitsdiskussion bietet das Thema vielfältige Anknüpfungs- und Diskussionsmöglichkeiten: Naturkautschuk, einer der wichtigsten Rohstoffe unserer Zeit, wird fast ausschließlich aus dem Milchsaft des tropischen Kautschukbaumes *Hevea brasiliensis* gewonnen. Auch wenn es sich hierbei um einen nachwachsenden Rohstoff handelt, sind seine Erschöpfungsmöglichkeiten begrenzt. Zum einen kann der Baum nur in bestimmten Klimazonen der Erde, dem sogenannten Kautschukgürtel, angebaut werden, was einen langen Transportweg von der Plantage bis zu Weiterverarbeitung und Einsatz bedeutet; zum anderen droht die Pflanze von einem gefährlichen Schlauchpilz befallen zu werden, der ganze Ernten zerstören könnte. *Taraxacum kok-saghyz* stellt daher nicht nur aufgrund der Möglichkeit des standortnahen Anbaus und den daraus folgenden Kosten- und CO_2-Einsparungen wegen des kürzeren Transportweges eine Alternative dar, sondern auch, weil schon nach mehreren Monaten, anstatt erst nach mehreren Jahren wie bei *Hevea*, Kautschuk geerntet werden kann. Diese Tatsache macht es möglich, flexibel auf Anfragen des Marktes zu reagieren. Da Löwenzahn auch auf Kargböden gedeiht, werden in unseren Breitengeraden keine anderen Nutz- oder Futterpflanzen verdrängt. Zudem ist eine Mehrfachnutzung der Pflanze möglich: der russische Löwenzahn liefert neben Kautschuk auch Inulin, welches zu Fructose und Bioethanol weiterverarbeitet werden kann.

Experimentelle Zugänge

Im Rahmen des Projektes wurden bereits erfolgreich Schülerversuche zur Gewinnung von Kautschuk und Inulin aus Wurzelmaterial von getrockneten wie von frischen, selbst gezüchteten Pflanzen entwickelt.

Aus getrockneten Wurzeln (freundlicherweise von der Firma Aeskulap GmbH zur Verfügung gestellt) konnten wir den Kautschuk auf verschiedene Weisen erhalten: Dabei stellt das lange Mörsern einiger dünner Wurzelbestandteile, bis sich zusammenhängende Klümpchen bilden, und anschließendes Auswaschen mit Wasser die wohl einfachste Methode dar. Aus dickeren Wurzelteilen kann der Kautschuk nach einstündigem Kochen in verdünnter Natronlauge durch Auswaschen von den hölzernen Wurzelbestandteilen getrennt und anschließend im Mörser zu einem zusammenhängenden Stück bearbeitet werden. Abbildung 1 zeigt ein Kautschukstück, das aus den getrockneten Wurzeln mehrerer einjähriger Pflanzen erhalten wurde. Es ist ebenfalls möglich, den Rohstoff durch Zentrifugieren zu gewinnen, nachdem die Wurzeln gemahlen und in Wasser aufgeschlämmt wurden. Alternativ können die Wurzeln einem Fäulnisprozess unterworfen werden, welcher die hölzernen Wurzelbestandteile auflöst, sodass diese ausgewaschen werden können und der Kautschuk freiliegt.

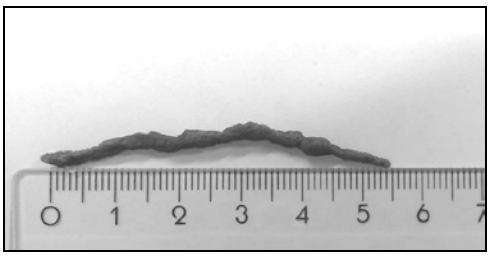


Abb. 1: Kautschuk aus trockenen Wurzeln

Auch aus frischen Wurzeln ist es uns bereits gelungen, Kautschuk zu isolieren. Dazu wird die am selben Tag geerntete Pflanze gründlich gesäubert und ihre Wurzeln über Nacht in kaltes Wasser eingelegt. Anschließend werden sie in Scheiben geschnitten und zur Koagulation in essigsaure Lösung überführt. Der sich von den Wurzelscheiben ablösende Kautschuk wird anschließend im Mörser zu einer zusammenhängenden Masse bearbeitet. In einem Ansatz mit selbst ausgesätem Löwenzahn konnte aus den Wurzeln einer Pflanze ein etwa 1 cm langes Kautschuk-Stück gewonnen werden (siehe Abb. 2). Es ist ebenfalls möglich, die aus den Wurzeln austretende flüssige Latexmilch zunächst in Wasser aufzufangen und den Kautschuk später mithilfe von Essigsäure und durch Zentrifugieren zu größeren Zusammenschlüssen anzureichern. Diese Methode brachte jedoch bisher nur unzureichende Ausbeuten.

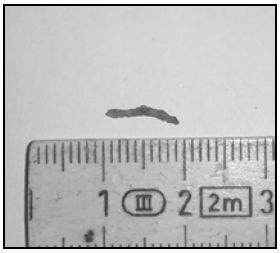


Abb. 2: Kautschuk aus frischen Wurzeln

Inulin, ein Reservekohlenhydrat, das in mehr als 36.000 Pflanzenarten synthetisiert und gespeichert wird, lässt sich ebenfalls mit relativ einfachen Mitteln im Schülerversuch gewinnen (vgl. Sommer, 2000). Als Vorlage dient der Prozess der Zuckergewinnung aus Rüben. Die Wurzeln werden zu Schnitzeln verarbeitet, einer Heißwasserextraktion und anschließender Aufreinigung mit Calciumhydroxid und Kohlenstoffdioxid unterzogen. Das Inulin wird mithilfe von Ethanol ausgefällt, abfiltriert und getrocknet.

Abb. 3: Inulin aus den Wurzeln des russischen Löwenzahns

Methodische Umsetzung

Mit dem Vorhaben soll im Sinne einer curricularen Innovation (Tausch, 2004) ein Beitrag zur Weiterentwicklung eines modernen und für Lernende motivierenden Chemieunterrichts geleistet werden. Aktuelle forschungsrelevante Inhalte, die die Lernenden in ihrer Lebenswelt betreffen, eignen sich dazu besonders. Im ersten Schritt werden neue experimentelle Zugänge zum Inhalt geschaffen. Diese erprobten und in Schülerversuchen reproduzierbaren experimentellen Ansätze werden mit geeigneten Arbeitsmaterialien angereichert und in eine Unterrichtskonzeption in Anlehnung an bekannte Unterrichtsverfahren wie *Chemie im Kontext* (Nentwig, Demuth, Parchmann, Gräsel & Ralle, 2007) oder den gesellschaftskritisch-problemorientierten Ansatz (Feierabend & Eilks, 2009) eingebettet. In einem zweiten Schritt soll die Konzeption mit passenden Materialien, Methoden und Medien mit Schülergruppen in der Schule oder im Rahmen von Projekttagen im Lehr-Lern-Labor Science Forum der Universität erprobt und optimiert werden. Die Kautschuk- und Inulingewinnung aus russischem Löwenzahn bietet sich dafür besonders an. Einerseits können naturbezogene Phänomene und Experimente berücksichtigt werden, andererseits werden über die Verarbeitung und Verwendung als Reifenmaterial hochaktuelle technische Aspekte berücksichtigt.

Literatur

Feierabend, T. & Eilks, I. (2009). Ein gesellschaftskritisch-problemorientierter Chemieunterricht zu Bioethanol. In D. Höttecke (Ed.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Münster: Lit Verlag, 65-67

Gröger, M., Krischer, D. & Spitzer, P. (2014). Chemieunterricht? Draußen! Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 6/25, S. 2-7

Krischer, D. (2015). …natürlich Chemie! Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten. Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufen I und II. Siegen: Dissertation

Nentwig, P.M., Demuth, R., Parchmann, I., Gräsel, C. & Ralle, B. (2007). *Chemie im Kontext*: Situating Learning in Relevant Contexts while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. Journal of Chemical Education 9/84, 1439-1444

Pudenz, K. (2013). Pilotanlage zur Gewinnung großer Mengen Löwenzahn-Kautschuk (http://www.springerprofessional.de/pilotanlage-zur-gewinnung-grosser-mengen-loewenzahn-kautschuk/4739960.html, letzter Abruf 15.10.2015)

Sommer, K. (2000). Substitute für Hauptnährstoffe - Neue Impulse aus der Lebensmittelchemie für einen zeitgemäßen Chemieunterricht - dargestellt am Beispiel Inulin. Erlangen-Nürnberg: Dissertation

Tausch, M.W. (2004). Curriculare Innovation. Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 8/53, 18-21

Tim Reschke[1]
Jenna Koenen[2]
Elke Sumfleth[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2] Humboldt-Universität zu Berlin

Lernen mit chemiebezogenen Lesegeschichten

Theoretischer Hintergrund

Wie mehrere Studien zeigen, haben Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie häufig Defizite im Fachwissen und gleichzeitig ein geringes Interesse am Fach (z. B. Pant, Stanat, Schroeders, Roppelt, Siegle & Parchmann, 2013; Sjøberg & Schreiner, 2010). Die vermehrte Anregung des situationalen Interesses könnte einen ersten Schritt in Richtung einer positiven Entwicklung des Fachinteresses darstellen (vgl. Hidi & Berndorff, 1998). Eine Möglichkeit hierzu bieten chemiebezogene Lesegeschichten (Avraamidou & Osborne, 2009).
Im Allgemeinen werden Geschichten im Rahmen des Storytellings eingesetzt. Hierbei erzählt die Lehrperson den Schülerinnen und Schülern am Anfang der Unterrichtsstunde eine Geschichte. Das Ziel ist es, die Schülerinnen und Schüler für die darauffolgenden Inhalte zu begeistern (z. B. Egan, 1988). Heutzutage werden auch Lesegeschichten auf diese Weise eingesetzt (vgl. Martensen, Tietjens & Parchmann, 2007). Zudem können solche Geschichten auch konkrete Fachinhalte enthalten (z. B. Kaspar & Mikelskis, 2008). Im Vergleich zu Sachtexten enthalten Lesegeschichten andere narrative Merkmale (vgl. Avraamidou & Osborne, 2009). So können beispielsweise Analogien und Personifikationen geeignete Mittel sein, um unbekannte Fachinhalte durch Rückgriff auf bereits bekannte Sachverhalte aus dem Alltag zu erklären (Glynn, 2007; Püttschneider & Lück, 2004).

Ziele der Studie

Da Sachtexte als meist vorkommende Textart in Chemieschulbüchern auftreten, sollen diese mit Lesegeschichten verglichen werden. Es wurden jeweils eine Lesegeschichte zum Thema Alkalimetalle und Atombau entwickelt und untersucht, inwieweit sich das Lernen mit diesen im Vergleich zum Lernen mit Sachtexten zu den gleichen Inhalten auf den Lernerfolg und das situationale Interesse der Schülerinnen und Schüler auswirkt. Es geht also um die folgenden Forschungsfragen:

- Inwieweit können Schülerinnen und Schüler mit chemiebezogenen Lesegeschichten besser unbekannte Fachinhalte erlernen als mit Sachtexten?
- Inwieweit unterscheidet sich das situationale Interesse beim Lernen mit chemiebezogenen Lesegeschichten im Vergleich zum Lernen mit Sachtexten?

Um zu gewährleisten, dass in den Sachtexten zu den Lesegeschichten identische Fachinhalte enthalten sind, wurden diese ebenfalls selbst entwickelt. Alle Texte wurden zudem acht Schülerinnen und Schülern vorgelegt und mithilfe der Methode des Lauten Denkens mit anschließenden leitfadengestützten Interviews analysiert und daraufhin optimiert. Die genauen Gestaltungsmerkmale der beiden Textarten wurden bereits bei Reschke, Koenen und Sumfleth (2015) dargestellt.

Interventionsstudie

Im Rahmen einer ersten Interventionsstudie im Prä-post-follow-up-Design wurden die chemiebezogenen Lesegeschichten in der 8. Jahrgangsstufe an Gymnasien im Vergleich zu Sachtexten evaluiert. Beide Textarten wurden als Lernmaterialien in Kombination mit jeweils drei identischen Aufgaben zur eigenständigen Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler eingesetzt, um eine intensive Auseinandersetzung mit den Fachinhalten zu

gewährleisten. Aufgaben zum Thema Alkalimetalle waren zum Beispiel: *1. „Worum geht es in dem Text? Schreibe dies in wenigen Sätzen auf.“, 2. „Was kannst du bei der Reaktion von Natrium mit Wasser beobachten? Schreibe deine Beobachtung in wenigen Sätzen auf.“, 3. „Wie entwickelt sich die Reaktivität von Lithium hin zu Cäsium? Erkläre dies in wenigen Sätzen.“* Eine Gruppe erhielt die Lesegeschichten, eine weitere die entsprechenden Sachtexte. Innerhalb der beiden Gruppen wurde die Reihenfolge der beiden Themen variiert, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden (siehe Tabelle 1).

	Textart	**Reihenfolge der Themen**
Gruppe	Geschichte (G)	Atombau (AB) / Alkalimetalle (AL)
		Alkalimetalle (AL) / Atombau (AB)
	Sachtext (S)	Atombau (AB) / Alkalimetalle (AL)
		Alkalimetalle (AL) / Atombau (AB)

Tabelle 1: Interventionsgruppen mit den Themen und Textarten

Am ersten Tag wurden in einer Doppelstunde die Prä-Testinstrumente (u. a. Fachwissen, kognitive Fähigkeiten, Lesekompetenz) eingesetzt. Eine Woche später wurde in einer weiteren Doppelstunde die erste Intervention, bei der die Schülerinnen und Schüler den ersten Text zum Thema Alkalimetalle oder Atombau bearbeitet haben, durchgeführt. Nach dem Bearbeiten der jeweiligen Aufgaben wurde nach dem situationalen Interesse und dem Fachwissen gefragt. Eine Woche später fand die zweite Intervention statt. Der Ablauf war identisch, nur das Thema des Textes und des entsprechenden Fachwissenstests variierten. Vier bis sechs Wochen später wurde noch einmal das Fachwissen erhoben.

Ergebnisse

Das durchschnittliche Alter der Gesamtstichprobe von N = 184 Schülerinnen und Schülern lag bei 13.5 (SD = .50) Jahren. Der Anteil der weiblichen Personen betrug 51.6 %. Insgesamt gibt es im Prä-Test keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bzgl. der erhobenen Kontrollvariablen (siehe Reschke, Koenen & Sumfleth, 2015). Die Reliabilitäten (Cronbachs α) aller Skalen liegen im Bereich von $.74 < \alpha < .91$. Die Reliabilitäten des Fachwissentests liegen für alle Messzeitpunkte bei α = .74-.88 (45 Items) und die des Fragebogens zum situationalen Interesse bei α = .84-.85 (6 Items).

Hinsichtlich der ersten Forschungsfrage (siehe Abbildung 1) ist zu erkennen, dass alle vier Gruppen vom Prä- zum Post-Messzeitpunkt signifikant dazu lernen ($F(1,182) = 168.005$, $p < .001$, $n_p^2 = .480$). Zudem ist ein Großteil des erlernten Fachwissens nach vier bis sechs Wochen (follow up) immer noch vorhanden ($F(1,182) = 267.610$, $p < .001$, $n_p^2 = .597$). Die Mittelwerte der Geschichts-Gruppen sind im Vergleich zu den Sachtext-Gruppen leicht höher, unterscheiden sich jedoch nur deskriptiv. Ein Haupteffekt der Interventionsgruppen kann nicht nachgewiesen werden ($F(3,180) = .691$, $p = .559$, $n_p^2 = .012$). Bzgl. der zweiten Forschungsfrage (siehe Abbildung 2) zeigt sich, dass in allen Gruppen insgesamt ein mittleres situationales Interesse zur Intervention I vorliegt, welches zur Intervention II signifikant minimal unterschiedlich ist ($F(1,182) = 7.720$, $p = .006$, $n_p^2 = .041$), es liegt jedoch in allen Fällen im mittleren Bereich. Es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede beim situationalen Interesse zwischen den Gruppen ($F(3,178) = .343$, $p = .794$, $n_p^2 = .006$). Sowohl für das Fachwissen als auch für das situationale Interesse ergeben sich keine Reihenfolgeeffekte durch die Themen.

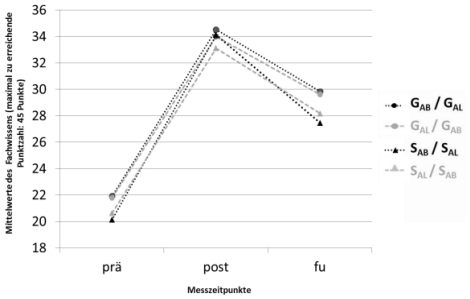


Abb. 1: Entwicklung des Fachwissens

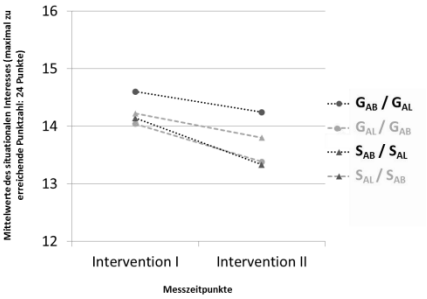


Abb. 2: Situationales Interesse in Abhängigkeit von der Textart

Diskussion und Ausblick

Zusammenfassend zeigt sich, dass innerhalb der Gruppen ein Lernzuwachs (auch noch zum Follow-up-Messezeitpunkt) vorhanden ist. Das situationale Interesse liegt für alle Gruppen in einem mittleren Bereich. Insgesamt zeigen sich zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Da das situationale Interesse nach der Bearbeitung der Aufgaben im Anschluss an das Lesen des Textes erhoben wurde, kann dies möglicherweise zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen, sodass möglicherweise das situationale Interesse an den Aufgaben erhoben wurde und nicht an der jeweiligen Textart. Des Weiteren muss noch untersucht werden, inwieweit das Lernen durch die Bearbeitung der Aufgaben stattgefunden hat und nicht durch die alleinige Bearbeitung des Textes. Diese Effekte werden in einer anschließenden Studie untersucht. Basierend auf den gesammelten Ergebnissen kann dann eine Aussage bzgl. der Eignung der verschiedenen Textarten in Bezug auf die erhobenen Variablen gemacht werden.

Literatur

Avraamidou, L., & Osborne, J. (2009). The Role of Narrative in Communicating Science. International Journal of Science Education, 31 (12), 1683-1707.

Egan, K. (1988). Teaching as Story Telling. Chicago: University of Chicago Press.

Glynn, S. (2007). The Teaching-With-Analogies Model. Science and Children, 44 (8), 52-55.

Hidi, S., & Berndorff, D. (1998). Situational interest and learning. In L. Hoffmann, A. Krapp, K. Renninger & J. Baumert (Hrsg.), Interest and learning. Proceedings of the Seeon Conference on interest and gender (S. 74-90). Kiel: IPN.

Kaspar, L., & Mikelskis, H. F. (2008). Lernen aus Dialogen und Geschichten im Physikunterricht – Ergebnisse einer Evaluationsstudie zum Thema Erdmagnetismus. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14, 7-25.

Martensen, M., Tietjens, K., & Parchmann, I. (2007). Storytelling eine Methode zur Kontextualisierung am Beispiel „Strom durch Chemie“. MNU, 60 (7), 410-415.

Paas, G. F. W. C. (1992). Training strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. Journal of Educational Psychology, 84 (4), 429-434.

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). IQB - Ländervergleich 2012. Münster: Waxmann.

Püttschneider, M., & Lück, G. (2004). Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte. CHEMKON, 11, 167-174.

Reschke, T., Koenen, J., & Sumfleth, E. (2015). Mit fiktiven Geschichten Chemie lernen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Kiel: IPN.

Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). The ROSE project. An overview and key findings. In University of Oslo [online], URL: http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf [27.09.2015].

Andreas Kral RWTH Aachen
Christian Theis
Heidrun Heinke

Die photonenzählende Kamera als Einstieg in die Quantenphysik

Vielfältige fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der letzten Jahre zielen auf einen adäquaten, schülergerechten Zugang zur Quantenphysik. Im Zusammenhang mit dem Konzept *milq* (Müller, Wiesner, 2000 & Müller, Dammaschke, Strahl, 2015) wurden grundlegende Phänomene der Quantenphysik strukturiert, begrifflich eingeordnet und daran u.a. folgende Wesenszüge abgeleitet: die stochastische Vorhersagbarkeit, die Fähigkeit zur Interferenz und die Komplementarität (Küblbeck, Müller, 2007). Als Medien kommen bei *milq* neben Fachtexten und Bildern vor allem Simulationen zum Einsatz. Mit *QuVis* entsteht aktuell ein weiteres Online-Portal, das eine Vielzahl an Simulationen zur Verfügung stellt (Kohnle, 2015). Neben weiteren Videos, Simulationen und IBEs werden zunehmend auch Realexperimente zum Einstieg in die Quantenphysik eingesetzt.
Einzelphotonenexperimente besitzen dabei den Vorteil der großen Nähe zum aktuellen Forschungsfeld der Quanteninformation. Ihr Aufbau ist allerdings sehr komplex und ihre hohen Kosten sind für Schulen praktisch nicht tragbar. Beispielsweise bietet Teachspin aktuell für mehr als 7000€ ein Doppelspaltexperiment an, bei dem ein Photomultipliermodul als Punktdetektor das Interferenzmuster des Doppelspalts zeilenweise abfährt (vgl. Weis, Wynands, 2003 & Teachspin, 2015). Flächendetektoren mit ultrasensitiven CCD-Sensoren, die einzelne Photonen detektieren können, liegen mit über 10.000€ jenseits des für Schulen möglichen Budgets. Wirkliche Einzelphotonenmessungen werden häufig mit Punktdetektoren durchgeführt, da sie sich mit Avalanchedioden und Pulselektronik kostengünstig realisieren lassen. Im Erlanger Schülerlabor *Quantumlab* kommen solche Einzelphotonenexperimente zum Einsatz (Bronner et al. 2009).
Neben dem Doppelspaltversuch wird häufig das Mach-Zehnder-Interferometer als Einstieg in die Quantenphysik empfohlen, da im Interferometer die beiden Lichtwege deutlich voneinander getrennt sind. Mithilfe von Photomultipliern als Punktdetektoren lassen sich mit diesem Aufbau quantenphysikalische Phänomene veranschaulichen (Dimitrova, Weis, 2008 & Leutner, Scholz, Friege, 2010).

Ziel unserer Arbeit ist es, die Wesenszüge der Quantenphysik mit kostengünstigen Realexperimenten am Doppelspalt und Mach-Zehnder-Interferometer zu veranschaulichen. Dazu haben wir eine photonenzählende Kamera entwickelt, die mit einem Flächendetektor in der Lage ist, die stochastische Vorhersagbarkeit auf Schulniveau in einer modernen Umsetzung des Taylorexperiments (Taylor, 1909) zu demonstrieren.

Funktionsweise der photonenzählenden Kamera
Einige quantenoptische Phänomene, wie die stochastische Vorhersagbarkeit, werden erst bei der Betrachtung weniger Photonen bzw. weniger Events pro Zeit sichtbar. Wir nutzen zwei wesentliche Verfahren, um die Anzahl der zu beobachtenden Events zu verringern, das Einbringen von Neutraldichtefiltern und das Setzen eines unteren Schwellenwertes:
Aus didaktischen Gründen halten wir das Einbringen von Neutraldichtefiltern in den Lichtweg und das Herausnehmen dieser für die wichtigste Möglichkeit die Lichtintensität zu variieren, da diese Handlung die Intensitätsreduktion für Schülerinnen und Schüler auf haptische Weise veranschaulicht und damit einen Zugang zu der Betrachtung von Licht sehr geringer Intensität ermöglicht.

Eine alleinige Reduktion durch Neutraldichtefilter auf wenige Photonen pro Sekunde hätte eine kostenintensive Messapparatur zur Folge, um die Events vor einem Hintergrundrauschen darstellen zu können. Aus diesem Grund betrachten wir etwas mehr Events und reduzieren zusätzlich durch die Wahl einer unteren Schranke des Graustufenwertes unserer Detektorkamera. Damit ist es möglich, die Detektion kostengünstiger zu gestalten.
Im Experiment wird monochromatisches Licht hoher Kohärenz eines Lasers durch Neutraldichtefilter in seiner Intensität reduziert. Das Herzstück der photonenzählenden Kamera bildet ein Restlichtverstärker der Generation 2 aus Nachtsichtgeräten, der ein genügend geringes Hintergrundrauschen aufweist und kostengünstig erworben werden kann (vgl. Abb. 1). Dieser verstärkt eintreffendes Licht, indem über den inneren Photoeffekt an einer Halbleiterschicht Elektronen herausgelöst und dann durch ein elektrisches Feld auf einen Phosphorschirm beschleunigt werden. Diese physikalischen Effekte sind bereits im Schulunterricht curricular verankert, so dass die Funktionsweise des Restlichtverstärkers in der Schule behandelt werden kann und dieser nicht als Black-Box eingeführt werden muss.

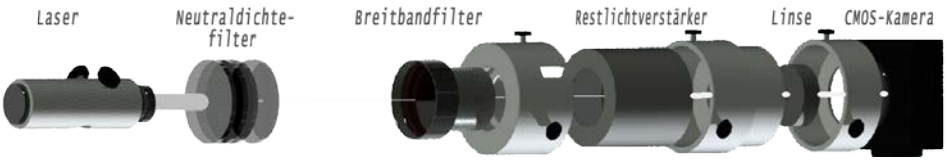


Abb. 1 Explosionszeichnung der photonenzählenden Kamera

Eine Abbildungslinse bildet die Leuchterscheinung des Phosphorschirms auf den Sensor einer CMOS-Kamera ab. Zum Schutz des Restlichtverstärkers vor zu hohem Lichteinfall befinden sich weitere Neutraldichtefilter in der Kamera. Für ein geringeres Rauschen sorgt ein Breitbandfilter, der lediglich die Laserwellenlänge von (635 ± 2) nm hindurchlässt.
Die CMOS-Kamera sendet ein Livevideo über einen USB-Anschluss an einen Computer, der über eine mit *Labview* erstellte Software die Einzelbilder des Livevideos zeitlich integriert darstellt. So lässt sich der Wesenszug der stochastischen Vorhersagbarkeit visualisieren, denn in den Einzelbildern scheinen die Photonen willkürlich über die Sensorfläche verstreut detektiert zu werden. Erst nach Integration über viele Einzelbilder wird ein Interferenzbild und damit eine Wahrscheinlichkeitsverteilung sichtbar (s. Abb. 2).
Damit das Phänomen der stochastischen Vorhersagbarkeit gut zu beobachten ist, muss das Hintergrundrauschen am CMOS-Sensor möglichst minimiert werden. Dazu lässt sich ein unterer Schwellenwert in *Labview* setzen, um den Graustufenbereich der eintreffenden Events am CMOS-Sensor einzuschränken.
Mit dem unteren Schwellenwert und einer Variation der Neutraldichtefilter kann die Visualisierung des Interferenzphänomens beliebig beschleunigt werden, so dass der Versuch vielfältig im Unterricht eingesetzt werden kann: Die Interferenzerscheinung lässt sich für ein schnelles Demonstrationsexperiment innerhalb von zwei Minuten, aber auch unterrichtsbegleitend innerhalb von 90 Minuten realisieren. Für eine feinere Einstellung der eintreffenden Events pro Zeit gibt es auch die Möglichkeit, die Leistung des Lasers oder die Sensitivität des Restlichtverstärkers zu variieren.
Insgesamt kann die hier vorgestellte Kamera den Wesenszug der stochastischen Vorhersagbarkeit phänomenologisch mitsamt der Intensitätsverteilung anschaulich über einen Flächendetektor darstellen und ist dabei mit einem Preis von ca. 1300€ vergleichsweise kostengünstig.

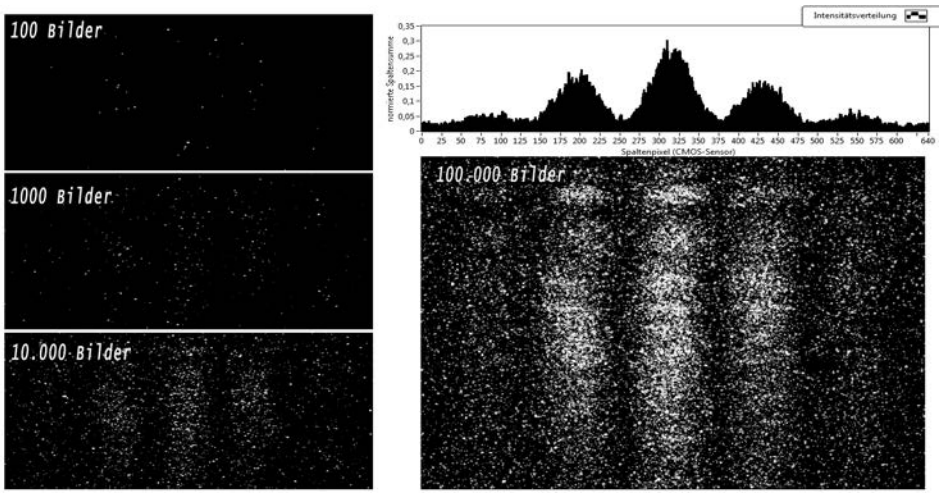


Abb. 2 Stochastische Verteilung von Laserlicht geringer Intensität am Doppelspalt.

Ausblick

Für einen experimentellen Zugang zu den weiteren Wesenszügen zur Quantenphysik planen wir die Konstruktion eines Doppelspalts mit Wegmarkierung durch veränderbare Polarisationsfilter vor beiden Spalten, der einen geringeren Spaltabstand aufweist, als der von MüRoFräser vertriebene (www.muero-fraeser.de, 2015). Dieses Vorhaben ist bereits für einen fixierten Polarisationsfilter realisiert worden (vgl. Rueckner und Peidle, 2013).

Inwieweit die hier vorgestellte photonenzählende Kamera geeignet ist, im Rahmen von Schülerexperimenten ein Verständnis für die Wesenszüge der Quantenphysik aufzubauen, soll in einer explorativen Studie untersucht werden. Zudem wird die photonenzählende Kamera für den Einsatz beim Mach-Zehnder-Interferometer optimiert, um Realexperimente am Doppelspalt und Mach-Zehnder-Interferometer hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit vergleichen zu können.

Danksagung

Die Autoren danken Frank Vewinger vom IAP Bonn für seine Ideen und seine intensive Unterstützung im Rahmen der Entwicklung der photonenzählenden Kamera.

Literatur

Bronner, P. et al. (2009): Interactive screen experiments with single photons. Eur. J. Phys. 30, S. 345–353

Dimitrova, T., Weis, A. (2008): The wave-particle duality of light: A demonstration experiment. American Journal of Physics, 76 (137)

Kohnle, A. (2015) Online-Portal QuVis. http://www.st-andrews.ac.uk/physics/quvis/ Universität St. Andrews

Küblbeck, J., Müller, R. (2007): Die Wesenszüge der Quantenphysik – Modelle, Bilder und Experimente. Köln: Aulis Verlag Deubner

Leutner, S., Scholz, R., Friege, G. (2010): Einsatz eines Mach-Zehnder-Interferometers mit abgeschwächter Lichtquelle für einen experimentellen Einstieg in die Quantenmechanik. Didaktik der Physik Frühjahrstagung. Hannover

Müller, R., Wiesner, H. (2000): Das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik. Physik in der Schule 38, S. 126

Müller, R., Strahl, A., Dammaschke, T. (2015): www.milq-physik.de

Rueckner, W., Peidle, J. (2013): Young's double-slit experiment with single photons and quantum eraser. American Journal of Physics, 81 (951)

Taylor, G.I. (1909): Interference Fringes with Feeble Light. Proc. Cambridge Phil. Soc. 15, S. 114-115

Teachspin (2015): http://www.teachspin.com (Stand: 10.10.2015)

Weis, A., Wynands, R. (2003): Three demonstration experiments on the wave and particle nature of light PhyDid 1/2,S.67-73

Nelson Rajendran Universität Erlangen-Nürnberg
Andreas Kometz

Kulinarische Chemie – Experimente zum Aufessen

Kulinarische Chemie im Unterricht

Kulinarische Chemie beleuchtet die Ausgangsfragen, warum wir was wie machen bei der Nahrungsmittelzubereitung. Am Lehrstuhl für Didaktik der Chemie der Universität Erlangen-Nürnberg wurden kulinarische Experimente für den Einsatz im Chemieunterricht entwickelt. Riecht es im Chemiesaal nach gutem Essen, ist die Motivation der Schülerinnen und Schüler sehr hoch und es besteht eine große Bereitschaft, sich intensiv mit dem kulinarischen Lernstoff auseinanderzusetzen. Experimente zum Aufessen sollen hier ansetzen und diese Ausgangslage gewinnbringend für den Chemieunterricht nutzen.
Basierend auf allen Kompetenzbereichen des Faches Chemie können die Experimente zum Aufessen an viele Lehrplanthemen anknüpfen und in verschiedene Konzepte eingepasst werden. So sollen die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, charakteristische Proteineigenschaften zu erklären und die Bedeutung der Proteine für das Leben zu erfassen. Bei allen Versuchen werden sowohl Aspekte der Zusammensetzung von Lebensmitteln behandelt als auch Eigenschaften experimentell untersucht und durch den molekularen Aufbau gedeutet. Die Experimente eignen sich sowohl für den fächerverbindenden Unterricht innerhalb der naturwissenschaftlichen Domäne als auch darüber hinaus (Frederking, Schwedt & Kometz, 2013), eingebettet in den Dreiklang der globalen Herausforderungen „Wasser, Energie und Nahrungsmittel“ (BMZ, 2014). Den Experimenten liegen Darstellungen der chemischen Prozesse der Nahrungszubereitung aus didaktischer (Schwedt, 2009; Riethmüller & Demuth, 2009; Rajendran, 2002) und lebensmittel-chemischer Sicht (Baltes, 1995; Ternes, 1994) zu Grunde.

Beispiele kulinarischer Experimente

Die folgende Auswahl zeigt die Themenvielfalt, bei der kulinarische Experimente zur Vertiefung oder Erweiterung chemischen Wissens genutzt werden können:

- Schlagen von Eischnee: Ab dem ersten Schlag mit dem Schneebesen kann die Luftfixierung, die Verfestigung und die Farbveränderung beobachtet werden. Zu erklären sind diese Phänomene mit der Denaturierung des Ovalbumins (Veränderung struktur-bildender Bindungskräfte durch mechanische Einwirkung: Van-der-Waals-Kräfte, Wasser-stoffbrückenbindung, ionische Bindung) und deren Folgen für die Wechselwirkungen des Proteins mit seiner Umgebung (polar-polar: Wasserimmobilisierung, unpolar-unpolar: Luftfixierung) sowie für die Veränderung der Lichtstreuung - hier bietet sich insbesondere fächerverbindender Unterricht mit dem Fach Physik an (vgl. Rajendran und Ternes).

- Blanchieren: Beim Garen von grünem Gemüse werden die Membranen einiger Zellkompartimente zerstört, wodurch das Enzym Chlorophyllase mit dem grünen Blattfarbstoff Chlorophyll in Kontakt tritt und diesen zu olivgrünen bis olivbraunen Farbstoffen zersetzt. Verhindert werden kann diese unansehnliche Erscheinung, wenn die Chlorophyllase bei annähernd 100°C plötzlich denaturiert wird und sich nicht zu lange bei ihrem Temperaturoptimum von 75°C aufhält. Daher gebietet sich das Blanchieren kleiner Gemüseportionen in viel kochendem Wasser anstatt zu starke Abkühlung des Kochwassers bei großen Gemüseportionen in zu wenig Wasser. Im Versuch können Schülerinnen und Schüler die korrekte Vorgehensweise mit der falschen experimentell vergleichen (vgl. Rajendran und Ternes).

Abb. 1: Farbabstufungen bei Zuckerschoten (links: roh, Mitte: bei 100°C „richtig“ blanchiert, rechts: bei 75°C „falsch“ blanchiert)

- Wasserbindevermögen von Fleisch: Hier kann quantitativ und objektiv Bio-Fleisch mit konventionell hergestelltem Fleisch verglichen werden. Es zeigt sich, dass die Bio-Variante wesentlich mehr Wasser binden kann, weil die Proteinstruktur dichter gebaut ist und somit mehr polare Stellen zur Wasserbindung anbietet (vgl. Rajendran und Ternes).

- Vanillepudding: Neben der sensorischen Qualitätsschulung im Vergleich zwischen Pudding aus fertigem Puddingpulver oder selbst gekochtem Pudding mit echter Vanille kann hier die Wasserimmobilisierung durch die polaren Stärkemoleküle (Amylose + Amylopektin) thematisiert werden. Auch die Bindungslehre kommt hier zur Anwendung, denn die kalt dispergierte Stärke verkleistert erst vollständig, wenn die Wärmezufuhr die Moleküle so sehr in Schwingung versetzt hat, dass die Wasserstoffbrückenbindungen nicht mehr die native Stärkestruktur erhalten können (vgl. Rajendran und Ternes).

Abb. 2: Versuchsaufbau „Vanillepudding“

Abb. 3: Versuchsaufbau „Perfekte Kruste“

- perfekte Kruste: Neben der Perfektionierung einer aromatischen, braunen Kruste lernen die Schülerinnen und Schüler bei diesem Experiment eine kulinarische Anwendung des Le-Chatelier-Gleichgewichtes kennen: Das Mangeledukt der ersten Stufe der Maillard-Reaktion ist der reduzierende Zucker, nicht die freie Aminosäure, welche durch die Hydrolyse des proteinhaltigen Bratstückes zur Genüge vorliegt. Entsprechend erhält man eine schönere Kruste bei Behandlung mit Honig, Bier oder Mehl (vgl. Rajendran und Ternes).

Erste Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen von Lehrerfortbildungen wurden einige kulinarische Experimente einer Großzahl von Multiplikatoren vorgestellt und an Hand ihrer Rückmeldungen evaluiert.

Nach den Fortbildungen für Lehrerinnen und Lehrer wurden 101 ausgefüllte Fragebögen statistisch ausgewertet. Die größte Zustimmung über alle Parameter erhielt der Versuch „Eischnee“, der bei seiner einfachen Vorbereitung und Durchführung doch jede Menge naturwissenschaftlicher Informationserschließung ermöglicht. Das Experiment zum „Wasserbindevermögen“ verschiedener Hackfleischqualitäten erhielt die niedrigste Zustimmung; entsprechend wurden einige genauere Angaben auf dem Arbeitsblatt gefordert.

Bezüglich der abgefragten Parameter erntete die „Detailliertheit der Anleitungen“ die größte Zustimmung (,8585), die „Einsatzfähigkeit“ jedoch die niedrigste (,6533): So wurden der erhöhte Zeitaufwand oder schlechte Ergebnisse bemängelt.
In einem weiteren Schritt wurden die Mittelwerte der „Einsatzfähigkeit“ in Abhängigkeit von der Schulart ausgewertet (s. Abb. 4). Erfreulicherweise zeigt sich, dass kulinarische Experimente in allen Schularten für einsatzfähig befunden wurden.
Die anschließend überarbeiteten Experimentieranweisungen sollen im Schulunterricht erprobt werden.

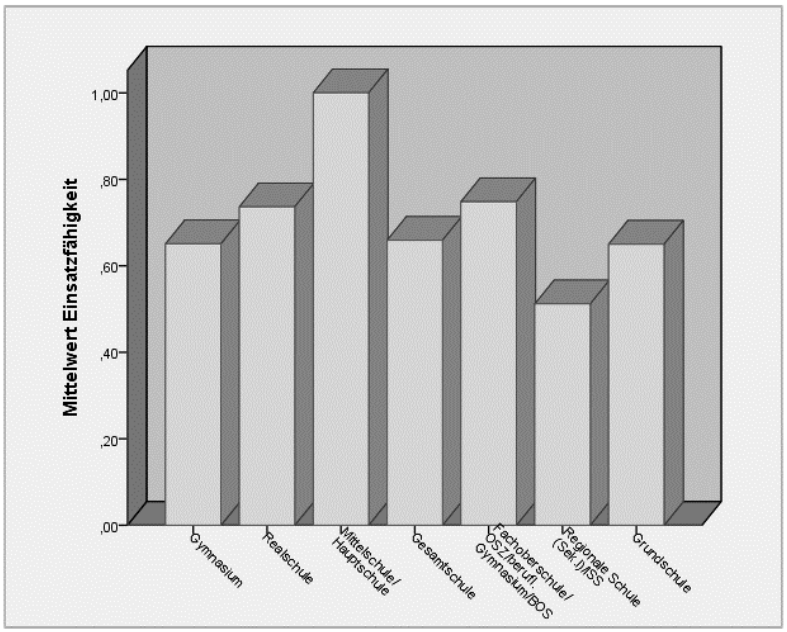


Abb. 4: Mittelwert der Einsatzfähigkeit in Abhängigkeit von der Schulart [Teststatistiken: Kruskal-Wallis-Test, Gruppierungsvariable Schultyp, Mittelwert Einsatzfähigkeit, Chi-Quadrat 3,925, df6, Asymp. Sig. ,687]

Zusammenfassung und Ausblick

Die Wertungen zu den vorgestellten kulinarischen Experimenten waren mit Abstufungen durchweg positiv. Die Experimente zum Aufessen wurden in allen Schularten für einsatzfähig befunden. Die Konzeptentwicklung „Kulinarische Chemie“ findet derzeit statt: Hierzu werden neue Experimente hinzugefügt, Experimente optimiert, Experimente an verschiedene Niveaus angepasst sowie im Unterricht erprobt und evaluiert.

Literatur

Baltes, W. (1995). Lebensmittelchemie. Heidelberg: Springer Verlag
Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung BMZ (2014). www.water-energy-food.org/en/whats_the_nexus/press.html. 1 (Letzter Zugriff: 30. September 2015)
Frederking, V., Schwedt, G., Kometz, A. (2013). Chemie, Sprache & Literatur. NiU-C 138. 7
Schwedt, G. (2009). Kochen, Braten und Backen - Chemisch-physikalische Vorgänge beim Garen. PdN-ChiS 58 (6). 26ff
Rajendran, N. (2002). Kulinarische Biologie und Chemie. Landau: Knecht Verlag
Riethmüller, D., Demuth, R. (2009). Wichtige Lebensmittel und ihre chemischen Veränderung durch Kochen und Backen, PdN-ChiS 58 (6), S. 34ff
Ternes, W. (1994). Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung. Hamburg: Behr’s Verlag

Vanessa Pupkowski Universität Duisburg-Essen
Elke Sumfleth
Maik Walpuski

Der Einfluss motivationaler Faktoren auf Chemiekompetenzmessungen

Theoretischer Hintergrund

In großen Schulleistungsstudien, wie z. B. bei der Überprüfung der Bildungsstandards, werden die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler fachspezifisch erfasst. Dabei wird in der Regel auf den kognitiven Teil der Weinert'schen Kompetenzdefinition fokussiert (Klieme & Leutner, 2006), während der affektive Teil unberücksichtigt bleibt. Ziel dieser Studie ist es, aufgabenspezifisch den Zusammenhang zwischen kognitiven und affektiven Faktoren zu ermitteln.

Affektive Faktoren werden in dieser Studie differenziert in Interesse und Motivation. Das Interesse wird nach Krapp & Prenzel (1992) als Personen-Gegenstands-Beziehung definiert, die zwischen situationalem Interesse als motivationalem Zustand in einer bestimmten Umgebung und individuellem Interesse als Persönlichkeitsmerkmal unterschieden wird. Zudem wird nach Krapp (1998) postuliert, dass sich eine Person nur dann mit einem Gegenstand auseinandersetzt, wenn eine hinreichend bedeutsame Wertschätzung vorhanden ist. Dies wird im Folgenden als persönliche Relevanz verstanden.

Da es sich bei der Bearbeitung von Aufgaben in einem Kompetenztest um die Erfassung von Leistungen der Schülerinnen und Schüler handelt, wird in dieser Studie die Leistungsmotivation nach Wigfield & Eccles (2002) als spezifische Form der Motivation verwendet. Das entsprechende Erwartungs-Wert-Modell wird beschrieben durch die Aussicht von Erfolg (Erwartung), die Wichtigkeit und dem zugeschrieben Nutzen (Wert). Studien belegen, dass sich das Interesse positiv auf die Leistung in Testsituationen ausübt (Prenzel et al., 2007; Liu et al.; 2012).

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen kognitiven und affektiven Faktoren wurde ein Testinstrument zur Kompetenzmessung in der Chemie entwickelt, das die kognitiven Fähigkeiten und den aufgabenbezogenen Einfluss von Motivation und Interesse erhebt.

Außerdem wird angenommen, dass sich Interesse und Motivation im Hinblick auf unterschiedliche Kompetenzbereiche unterscheiden. Es lässt sich annehmen, dass das Bearbeiten von Aufgaben bezüglich des Kompetenzbereiches *Bewertung* höheres Interesse auslöst, als das Bearbeiten von Aufgaben des Kompetenzbereichs *Fachwissen* (Holstermann & Bögeholz, 2007). Daher fokussiert diese Studie auf diese beiden Kompetenzbereiche.

Methoden & Design

Für das Testinstrument zu den Kompetenzbereichen *Fachwissen* und *Bewertung* im Fach Chemie wurden insgesamt 147 Items zu vier verschiedenen Kontexten (Gesundheit, Umwelt, Technik und natürliche Ressourcen) entwickelt. Jedem Kontext wurden 2 Sub-Kontexte zugeordnet und jedem Sub-Kontext wiederum 2 Aufgaben. Jede Aufgabe enthält einen Aufgabenstamm und mindestens 4 Items. Die Items wurden gleichmäßig auf die Kompetenzbereiche *Fachwissen* und *Bewertung* verteilt. Um den Einfluss der Aufgabenschwierigkeit auf die Motivation und das Interesse zu kontrollieren, wurden die Items nach dem ESNaS-Modell (Walpuski et al., 2010) konstruiert. Dazu wurden die Komplexitätsstufe „1 Zusammenhang" und die kognitiven Prozesse „selegieren", „organisieren" und „integrieren" gewählt. Die Items wurden je zur Hälfte im offenen Aufgabenformat und im Multiple-Choice-Single-Select Format konstruiert.

Pilotstudie: Die Pilotierung des neu entwickelten Testinstruments fand im Jahr 2014 statt (N_{SuS} = 1235; M_{Alter} = 15.36, SD = 0,77; ♂ = 50.3 %). Aufgrund der hohen Itemanzahl

wurden die Testhefte im Multi-Matrix-Design mit Ankeritems eingesetzt. Die Auswertung erfolgte über Rasch-Analysen mit ConQuest®. Die Analyse der Items zeigte zufriedenstellende Itemkennwerte (0,75 < MNSQ < 1.2, T-Werte < 2.00). Eine Dimensionsanalyse der Items zu den beiden Kompetenzbereichen mit Hilfe des Likelihood-Quotiententetst zeigt, dass die Daten besser auf das 2-dimensionale Modell passen als auf das 1-dimensionale Modell ($p < .001$).

Hauptstudie: Die Hauptdatenerhebung fand im Frühjahr 2015 in NRW mit einer Auswahl der Items ($N_{\text{Items}} = 128$) aus der Pilotstudie statt ($N_{\text{SuS}} = 1887$; $M_{\text{Alter}} = 15.18$, $SD = 0.87$; ♂ = 51.7 %). Zusätzlich wurden Items zur Bestimmung des aufgabenbezogenen Einflusses von Motivation und Interesse nach jeder Aufgabe eingesetzt (embedded). Dazu wurde eine Auswahl bereits validierter Testinstrumente eingesetzt, um den Wert und die Erwartung zu erheben (Boekarts, 2002; Sundre, 2007). Das situationale Interesse und die Relevanz wurden mit je 3 Items erhoben. Dabei wurde das situationale Interesse an der Aufgabe und deren Inhalt, sowie dem Kontext erhoben, die persönliche Relevanz analog dazu.

Ergebnisse

Die Analyse der Items aus dem Kompetenztest zeigt analog zur Pilotstudie, dass die Daten besser auf das 2-dimensionale Modell passen als auf das 1-dimensionale Modell ($p < .001$). Somit können Aussagen über die beiden Kompetenzbereiche getrennt voneinander gemacht werden. Ein Vergleich der Aufgabenschwierigkeiten zwischen den Kompetenzbereichen *Fachwissen* ($M = 0.67$; $SD = 1.27$) und *Bewertung* ($M = -0.89$, $SD = 0.90$) mit Hilfe eines t-Tests zeigt, dass die Aufgaben zum *Fachwissen* signifikant schwerer sind als die Aufgaben zur *Bewertung* ($t(122) = -7.830$, $p < .001$; $d = 1.757$). Ein Vergleich der Aufgabenschwierigkeiten zwischen den Kontexten über alle Aufgaben zeigt hingegen keinen signifikanten Unterschied ($F(3, 120) = 0.911$, $p = .438$; $\eta^2 = .022$). Daraus lässt sich vermuten, dass der Kontext für die Aufgabe nicht schwierigkeitsbestimmend ist.

Für die Analyse der Testinstrumente zur Erfassung des Interesses wurde ein 4-dimensionales Modell berechnet. Dieses setzt sich zusammen aus dem situationalen Interesse an der Aufgabe und deren Inhalt, dem situationalen Interesse am Kontext, sowie der persönlichen Relevanz der Aufgabe und deren Inhalt und der persönlichen Relevanz des Kontextes. Somit können Aussagen bezüglich des situationalen Interesses und der persönlichen Relevanz getrennt voneinander gemacht werden. Auch kann weiter differenziert werden zwischen der Aufgabe und deren Inhalt sowie dem Kontext. Für die Motivation wurde ein 2-dimensionales Modell (Erwartung/Wert) berechnet. Die Testinstrumente zeigen zufriedenstellende Reliabilitäten auf (EAP/PV).

Bezogen auf die affektiven Faktoren Interesse und Motivation zeigt sich, dass Aufgaben zur *Bewertung* als signifikant interessanter und motivierender eingeschätzt werden als Aufgaben zum *Fachwissen* (siehe Tabelle 1).

		ΔM	**t**	**df**	**p**	**d**
Interesse	situationales Interesse (Aufgabe/Inhalt/Kontext)	0.319	2.997	94	.003	0.612
	Relevanz (Aufgabe/Inhalt/Kontext)	0.314	2.481	94	.015	0.506
Motivation	Erwartung	0.774	11.014	94	.000	2.248
	Wert	0.295	4.707	126	.000	0.832

Tabelle 1: Vergleich der affektiven Faktoren zwischen den Kompetenzbereichen Fachwissen und Bewertung

Vergleich man nun die Itemkennwerte der affektiven Faktoren zwischen den Kontexten über alle Aufgaben, lassen sich signifikante Unterschiede bezogen auf das situationale Interesse am Kontext ($F(3, 28) = 42.653$; $p < .000$, $\eta^2 = 0.820$) und der Relevanz des Kontextes ($F(3, 28) = 47.213$, $p < .000$; $\eta_p^2 = 0.835$) finden. Ein Vergleich der Motivation zeigt ebenfalls einen signifikanten Unterschied bezogen auf die Kontexte. ($F(3, 220) = 5.196$, $p < .01$; $\eta^2 = .066$). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Kontexte in Testaufgaben einen Einfluss auf die Motivation und das Interesse haben.
Durch die Berechnung linearer Regressionen konnte gezeigt werden, dass die affektiven Faktoren für den Kompetenzbereich *Fachwissen* 38,8 % und für den Kompetenzbereich *Bewertung* 78 % der Varianz aufklären. Vergleich man nun die Aufgabenschwierigkeiten zwischen den Kompetenzbereichen unter Kontrolle der affektiven Faktoren, so ergibt sich kein signifikanter Unterschied mehr zwischen diesen Kompetenzbereichen ($F(1, 24) = 3.254$, $p = .084$; $\eta^2 = 0.119$).

Ausblick

Erste Analysen deuten darauf hin, dass Motivation und Interesse einen bedeutsamen Einfluss auf die gemessenen Kompetenzen haben. Ein Einfluss des Kontextes auf die Aufgabenschwierigkeit konnte nicht nachgewiesen werden, jedoch hat der Kontext einen bedeutenden Einfluss auf die Motivation und das Interesse.
Um weitere Prädiktoren der Varianzaufklärung zu identifizieren, wurden in diesem Projekt noch weitere Faktoren, wie die Anstrengungsbereitschaft, allgemeine kognitiven Fähigkeiten und der allgemeine Sprachstand mit erhoben. Zusätzlich wurden auch das individuelle Fachinteresse und Fähigkeitsselbstkonzept mit erhoben, um weitergehende Analysen bezüglich des Interesses machen zu können.

Literatur

Boekaerts, M. (2002). The On-Line Motivation Questionnaire: A self-report instrument to assess students' context sensitivity. *New Directions in Measures and Methods, 12*, 77-120.

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.

Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik, 52*, 876-903.

Krapp, A., & Prenzel, M. (Hrsg.). (1992). *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. Münster: Aschendorff.

Kölbach, E. (2011). *Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen*. Berlin. Logos.

Liu, O. L., Bridgeman, B., & Adler, R. M. (2012). Measuring Learning Outcomes in Higher Education: Motivation Matters. *Educational Researcher, 41*(9), 352-362.

Prenzel, M. (1988). *Die Wirkungsweise von Interesse. Ein pädagogisch-psychologisches Erklärungsmodell*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Prenzel, M., Schütte, K., & Walter, O. (2007). Interesse an den Naturwissenschaften. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme & R. Pekrun (Hrsg.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 107-124). Münster: Waxmann.

Sundre, D. L. (2007). *The Student Opinion Scale (SOS): A measure of examinee motivation. Test Manual*. Harrisonbourg (VA): The Center for Assessment & Research Studies.

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.

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In Weinert, F. E. (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17-31). Weinheim und Basel.

Wigfield, A. & Eccles, J.S. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. *Annual Review of Psychology*, (53), 109-132.

Marvin Rost Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann

Modellbildung als Mittel der Erkenntnisgewinnung – Eine Reviewstudie

Hintergrund & Forschungsfragen

Modelle sind in den Naturwissenschaftsdidaktiken ein empirisch untersuchtes Mittel der Erkenntnisgewinnung (Van der Valk, Van Driel & De Vos, 2007). Die mit ihnen verfolgten Zwecke und ihre zugrunde liegenden Annahmen sind dabei sehr unterschiedlich. Diese Differenzen äußern sich sowohl in der Arbeit mit bestehenden, als auch in der Konstruktion neuer Modelle (Ebd.).

Für den Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung kann der hypothetisch-deduktive Gang als genuine Denkweise für die Erkenntnisgewinnung angenommen werden (Vgl. Nehring 2014). Dieser Gang ist über drei Hauptschritte *Hypothese/Fragestellung*, *Planung/ Durchführung* sowie *Auswertung/Reflexion* charakterisiert. Während Mayer (2007) die Erkenntnisgewinnung als Problemlöseprozess plausibel macht, beschreibt Löhner (2005) die Einbettung von Modellbildung in diesen Kontext wie folgt: „Because inquiry modeling […] closely resembles the way scientists work, the process of building a model should be similar to the inquiry circle.“ (Löhner, 2005, S. 445)

Während es für die Fächer Physik (Leisner-Bodenthin, 2006) und Biologie (Meisert, 2008; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010; Terzer, 2012) der Sekundarstufe empirische Erhebungen zum Konstrukt der *Modellkompetenz* gibt, ist der Chemieunterricht in diesem Bereich deutlich unterrepräsentiert. Um einen Zugang auf Modellbildung als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Kontext Chemieunterricht zu schaffen, müssen zunächst die bestehenden Forschungsergebnisse auf theoretische Vorarbeiten und empirische Ergebnisse genauer untersucht werden. Dafür stellen sich zwei Leitfragen:

- Welche theoretisch-begrifflichen Verständnisse von Modellen und Modellbildung finden sich in der Forschungsliteratur?
- Welche Muster finden sich in den theoretischen Annahmen und empirischen Ergebnissen der Studien?

Im Folgenden werden Teilergebnisse der Analyse dargestellt. Es wird auf die theoretischen Konstrukte und ihre empirische Operationalisierung näher eingegangen. Drei Teilfragen stellten sich für diese Perspektive:

- Welches Konstrukt wurde untersucht?
- Welche Teildimensionen sind operationalisiert worden?
- Sind Niveaustufen angegeben, wenn ja, welche?

Methode

Für die genauere Untersuchung bezüglich der Fragestellung, wurden 36 empirische Studien ausgewählt. Der erste Zugang erfolgte über ein allgemein gehaltenes Review zum Thema *modeling competence* (Nicolaou & Constantinou, 2014). Der Überblick aus dieser Arbeit wurde durch eine Stichwortsuche in der Literaturdatenbank der HU[1], ergänzt. Um die Arbeit auch um deutschsprachige Literatur zu ergänzen, wurde vom Literaturverzeichnis aus Upmeier & Krüger (2010) ausgegangen und die Stichwortsuche entsprechend angepasst. Abbildung 1 zeigt die Stichworte und weiterführenden Auswahlkriterien. Daraus ergaben sich unmittelbar 8 Studien. Darüber hinaus wurden kriterienunabhängig 3 Studien hinzugefügt. Sie betonten Aspekte, die von den anderen Arbeiten nicht explizit beachtet wurden: Erstens muss auch modellbasiertes Lernen eingeübt werden. Obwohl, zweitens, bei

[1] www.primus.ub.hu-berlin.de

Modellbildung ein Revisionsschritt angenommen und untersucht wurde, beschrieb nur eine der Studien die konkrete Struktur dieser Revision. Drittens konnte eine Arbeit zeigen, dass die Elemente des hypothetisch-deduktiven Erkenntnisgangs durchaus zu finden sind. Sie ging aber kritisch mit der konkreten Abfolge um und reflektierte damit stärker als andere Autoren auf die Diskrepanz zwischen theoretischen Konstrukten und empirischen Ergebnissen (Löhner, 2005).

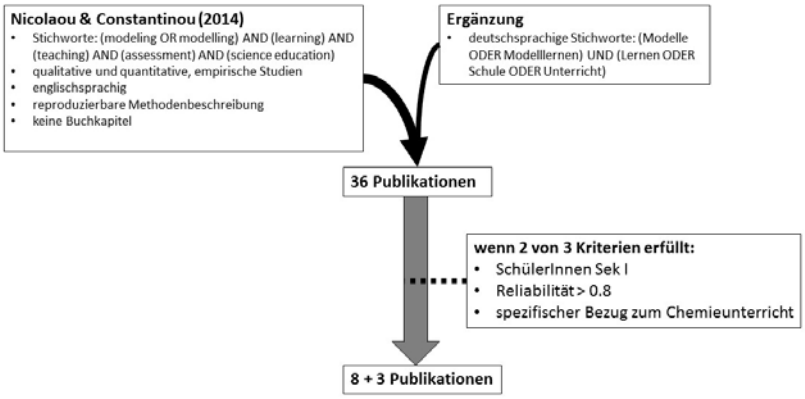


Abb. 1: Stichworte und weiterführende Auswahlkriterien für die untersuchten Studien

Ergebnisse

Die insgesamt 11 Studien zeigen ein sehr heterogenes Bild der Forschungsrahmen zur Modellbildung. Tabelle 1 fasst die Antworten auf die drei Teilfragen zusammen. Die Abbildungen 2 & 3 zeigen einen deskriptiven Überblick über die Fachkontexte und die berichteten Gütekriterien der Studien.

Nr.	Konstrukt	Teildimensionen	Niveaustufen
1	*model of modeling*	Produktion (mental), Ausdruck (extern), Testen, Evaluation	3
2	*modeling performance*	Erklärung, Vergleich, Abstraktion, Kennzeichnung	3
3	*Darstellungsebenen*	Makroskopisch, submikroskopisch, symbolisch	NA
4	*Transfer von Darstellungsebenen*	Transfer: Summen- zu Strukturformel, Strukturformel zu räumlicher Zeichnung, Summenformel zu räumlicher Zeichnung, räumliche Zeichnung zu Strukturformel, Symbole auf makroskopische und mikroskopische Ebene	5, Hierarchie der Teildimensionen
5	*Modellkompetenz*	Modellwissen, Modellarbeit, Modellverständnis	NA
6	*modellbasiertes Lernen*	Transformation (Phänomen in Modell), Evaluation	NA
7	*modellbasiertes Lernen*	Formulierung, Informationsgewinn, Revision am Phänomen, Evaluation an verschiedenen Modellen, Zweck und Nutzen, Reflexion und Verfeinerung	NA
8	*modeling actions*	Analyse, Synthese von Relationen, Test und Interpretation, Unterstützung	NA
9	*modeling-based inquiry*	model sketching, model specification, model evaluation	3
10	*Lernpfade*	am Beispiel Metallbindung: existiert nicht, keine richtige Bindung, kovalent/ionisch, spezifisch	4, Hierarchie der Teildimensionen
11	*Verständnis wissenschaftlicher Modelle*	multiple Repräsentationen, exakte Replikationen, Mittel zur Erklärung, Nutzen, Veränderbarkeit	NA

Tab. 1: Die Konstrukte der Studien mit ihren Teildimensionen und Niveausstufen

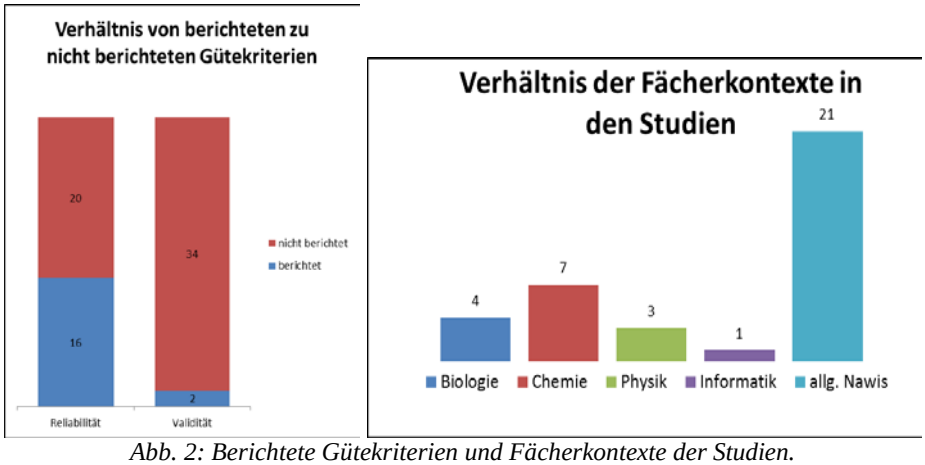


Abb. 2: Berichtete Gütekriterien und Fächerkontexte der Studien.

Auffällig sind die Hinweise in vielen – auch der 25 nicht näher dargestellten – Arbeiten, dass es an einer übergeordneten Theorie für die Untersuchung von Kompetenzen in Verbindung mit Modellen mangele. Zusätzlich werden verschiedene erkenntnistheoretische und empirische Grundannahmen über Modelle und ihre Bedeutung für naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung gemacht. Auch in den Niveaustufen konnte kein einheitliches Muster identifiziert werden. Daraus folgte eine erhebliche Diversität der Untersuchungsinstrumente.
Gemeinsam ist aber allen hier vorgestellten Arbeiten, dass die jeweiligen Konstrukte den Anspruch haben, Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung einzusetzen. Sie können immer über Transfer- oder Erklärungsleistungen auf das Lösen von naturwissenschaftlichen Problemen zurückgeführt werden. Diese Gemeinsamkeit kann für die empirische Anschlussforschung im Kontext des Chemieunterrichts genutzt werden.

Literatur

Leisner-Bodenthin, A. (2006). Zur Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. In ZfDN, 12, 91-109

Löhner, S. (2005). Student's reasoning during modelling in an inquiry learning environment. In Computers in Human Behaviour 21, 441-461

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, 177-186

Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. In ZfDN, 14, 243-261

Nehring, A. (2014). Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie: Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen (Bd. 177). Berlin: Logos

Nicolaou, C. & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modelling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. In Educational Research Review, 13, 52-73

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

Van Der Valk, T., Van Driel, J. & De Vos, W. (2007). Common Characteristics of Models in Present-day Scientific Practice. In Research in Science Education, 37, 469-488

Roswitha Avalos Ortiz Universität Wien
Ilse Bartosch

Entscheiden & Urteilen zu nachhaltigem Einsatz von Energie

Die nötigen Reduktionen der anthropogenen Emissionen können nicht durch technische Innovation alleine erreicht werden, sondern müssen von der („informierten“) Gesellschaft getragen werden (Bohunovsky et al., 2010). Damit nachfolgende Generationen mündig Entscheidungen treffen können, ist es nötig, Entscheiden und Urteilen im Kontext der Nachhaltigkeit ausreichend zu üben, wofür socio-scientific issues (vgl. Ratcliffe, Grace, 2003) besonders geeignet sind. Die Reflexion der Vorurteile und der Präkonzepte der Schüler/innen kann gezielt genutzt werden, um den Einsatz von rational basierten Entscheidungsstrategien von Seiten der Schüler/innen zu fördern (Feierabend et al., 2013). Das Üben von Entscheidungsprozessen und die Reflexion derselben sollen dazu dienen, mögliche Routinen zu verinnerlichen, um Entscheidungsstrategien passend wählen zu können (Feierabend et al., 2013).

Ziele & Inhalt der Lernumgebung

Im Rahmen der Lernumgebung (BLUKONE) setzen sich Schüler/innen mit *socio-scientific issues* im Zusammenhang mit nachhaltigem Energiemanagement in einem Unternehmen auseinander, um die Fähigkeit, in Gruppen (Sakschewski et al., 2014) zu entscheiden und zu urteilen, weiterzuentwickeln. Dabei vertiefen und erweitern die Schüler/innen ihr Energiewissen sowie ihr Wissen von Technologien und Maßnahmen zur Verbesserung des (nachhaltigen) Energieeinsatzes und verbessern den eigenen Einsatz von Entscheidungs-strategien.

BLUKONE ist als Wahlfach für Schüler/innen der 11. Schulstufe an Höheren Technischen Lehranstalten (HTLs) vorgesehen und wird in einer Blended-Learning-Lernumgebung mit Einzelarbeits- und Gruppenphasen, Gruppendiskussionen und Rollenspielen umgesetzt. Die Entscheidungssituationen, zu denen die Schüler/innen Entscheidungen treffen, sind zum einen alltagsnahe Situationen (welche Kaffeemaschine würde die Gruppe als Geschenk kaufen) und zum anderen eine Situation aus dem möglichen zukünftigen Berufsalltag (Entscheidung einer Firma zu Maßnahmen zum nachhaltigeren Einsatz von Energie).

Forschungsfragen

Die Evaluation der Entscheidungsprozesse der Schüler/innen im Rahmen der Lernumgebung setzt sich mit folgenden Forschungsfragen auseinander:

Inwiefern beeinflusst das schon vorhandene Energiewissen der Schüler/innen die Entscheidungsprozesse bzw. deren Verbesserung während der Auseinandersetzung mit *socio-scientific issues* im BLUKONE-Kurs?

a) Welche Ergebnisse erreichen die Schüler/innen vor dem Kurs, in Bezug auf die vier Fragebogenabschnitte [Energie-Konzepte / Energie-Wissen / Alltagsverhalten / Einstellung]?

b) Welche Änderungen können in diesen Abschnitten beobachtet werden?

Die Gesamtheit dieser Forschungsfragen wird im Rahmen eines Dissertationsvorhabens bearbeitet. Ein Einblick in die ersten Ergebnisse soll hier erfolgen.

Methoden und Sample

Die Analyse dieser Entscheidungsprozesse setzt sich aus zwei Schritten zusammen: Im Vorfeld wird der Energie-Status der Schüler/innen in einem Fragebogen erhoben und in Relation zu dem für diese Altersklasse (11. Schulstufe) erwarteten Wert gesetzt. Hierfür wurden Items des Energy Concept Assessment (Neumann et al. 2013) sowie des Energy

Literacy Survey (De Waters & Powers, 2011) übernommen. Der Energie-Status dient als Ausgangspunkt für den zweiten Schritt - die Analyse der Video- und Audioaufnahmen nach der dokumentarischen Methode nach Bohnsack (vgl. Bohnsack et al., 2007), um den Ablauf bzw. die Komplexität der Entscheidungsprozesse zu charakterisieren.
Das Sample setzt sich aus acht Klassen (176 Schüler/innen) der elften Schulstufe an technische Schulen (HTLs) in drei österreichischen Bundesländern zusammen, davon nahmen 128 Schüler/innen an der Fragebogenuntersuchung teil. Drei Klassen (70 Schüler/innen) wurden während des ersten Einsatzes der Lernumgebung begleitet, ihre Diskussionen und Rollenspiele wurden in die qualitative Analyse miteinbezogen.

Erste vorläufige Ergebnisse und Diskussion
Die Analyse der Fragebögen ergab relativ niedrige Ergebnisse bei den ECA-Items (Prä 46.3% / Post 50.3%), davon die niedrigsten Resultate bei den Energie-Erhaltungsitems (Prä 37.2% / Post 47.9%). Bei den ELS-Energiewissens-Items zeigten die Schüler/innen, wie erwartet für eine Schule mit technischen Schwerpunkt, bessere Ergebnisse (Prä 70.3% / Post 73.1%) als die publizierten Werte von High-School-Schüler/innen aus den USA (44,4%) (DeWaters, Powers, 2008). Die ELS-Items zum Alltagsverhalten und der Einstellung der Schüler/innen ergab Werte, die in etwa den publizierten Werten entsprechen (63% bzw. 74%).

Teile	Prae-Test [%]	Post-Test [%]	Änderung	Signifikanz	Effekt	Power
ECA	46.3% ± 2.1%	50.3% ± 2.1%	4.1%	S (0.014)	0.20	0.71
ECA (E-Erhaltung)	37.2% ± 3.0%	47.9% ± 2.9%	10.7%	H S (<0.001)	0.32	0.98
ELS (E-Wissen)	70.3% ± 1.4%	73.1% ± 1.4%	2.8%	S (0.0169)	0.20	0.70
ELS (Alltagsverhalten)	61.2% ± 1.3%	63.0% ± 1.5%	1.9%	S (0.048)	0.14	0.49
ELS (Einstellung)	73.4% ± 0.9%	71.9% ± 1.1%	-1.5%	N S (0.100)	0.15	0.50

Tab. 1 Fragebogenresultate aller Schüler/innen des Samples

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Fragebögen, die Änderung der Resultate (Prä/Post) sowie die jeweiligen Signifikanzen, Effektstärken und Power zusammengefasst.
Am deutlichsten sind die Änderungen bei den Energiewissen- bzw. Energiekonzept-Items (ELS & ECA) sichtbar, davon am stärksten bei den Energie-Erhaltungsitems (ECA). Zum Alltagsverhalten und der Einstellung der Schüler/innen konnten keine großen bzw. keine signifikanten Änderungen beobachtet werden. Durch die Analyse der Schüler/innen-gespräche werden voraussichtlich noch detailliertere Angaben zum Alltagsverhalten und den Einstellungen der Schüler/innen möglich werden.
Solange die Evaluation der Entscheidungsprozesse noch nicht abgeschlossen ist, zeichnen sich bei den Zwischenergebnissen folgende Resultate ab: Viele Entscheidungen der Schüler/innen wurden von ihnen intuitiv getroffen, das Ergebnis der Entscheidung wurde anschließend post-hoc begründet. In Situationen, die weiter vom Alltag der Schüler/innen entfernt sind, waren diese eher bereit, in ihren Entscheidungssituationen auf Daten sowie auf

bekannte Konzepte wie z.B. Nachhaltigkeit zurückzugreifen. Bei niedrigem Energiewissen scheint jedoch seltener auf komplexere Entscheidungsstrategien zurückgegriffen zu werden. Fehlendes Wissen der Schüler/innen wird außerdem durch rhetorische Leistung bzw. kompetitives Verhalten überspielt.

Ausblick

Die individuelle Charakterisierung des Energie-Status jedes Schülers/jeder Schülerin über ihre Fragebogenresultate wird noch fertiggestellt. Anschließend folgen die Verbindung dieser Resultate mit der weiteren Auswertung aller 14 Gruppendiskussionen hinsichtlich der verwendeten Entscheidungsprozesse und Argumente sowie die detaillierte Analyse der 25 Rollenspiele. Hierbei sollen auch die Entscheidungsprozesse sowie die verwendeten Argumente verglichen werden.

Die Ergebnisse der qualitativen Analyse werden in weiterer Folge für die Überarbeitung des Lehrer-Handbuchs genutzt, das den Lehrkräften zur Verfügung gestellt wird und sie durch Anleitungen dabei unterstützen soll, die Schüler/innen durch gezielte Reflexionen bei der Weiterentwicklung ihrer Entscheidungsstrategien zu unterstützen.

Danksagung

Die Entwicklung der Lernumgebung wurde im Rahmen des Programms “Neue Energien 2020” des Österreichischen Klima- und Energiefonds finanziert.

Literatur

Bohnsack, R.; Nentwig-Gesemann, I. & Nohl, A. (Hrsg.) (2007). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung.Wiesbaden: VS

Bohunovsky, L., Stocker, A., Hinterberger, F., Großmann, A., Wolter, M. I., Hutterer, H., & Madlener, R. (2010). Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines nachhaltigen Energiekonsums

DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2008). Energy literacy of secondary students in New York state (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. Energy Policy, 39(3), 1699-1710

Feierabend, T., Stuckey, M., Eilks, I. (2013) Ansätze zur Analyse von Bewertungskompetenz in Gruppendiskussionen zum Klimawandel. In Menthe, J., Höttecke, D. Eilks, I., Hößle, C. (Hrsg.), Handeln in Zeiten des Klimawandels - Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe, Münster: Waxmann

Hößle, C., Menthe, J. (2013) Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung. In Menthe, J., Höttecke, D. Eilks, I., Hößle, C. (Hrsg.), Handeln in Zeiten des Klimawandels - Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe, Münster: Waxmann

Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. Journal of Research in Science Teaching, 50(2), 162 - 188

Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues. McGraw-Hill Education (UK)

Sakschewski, M., Eggert, S., Schneider, S., & Bögeholz, S. (2014). Students’ socioscientific reasoning and decision-making on energy-related issues—development of a measurement instrument. International Journal of Science Education, 36(14), 2291-2313

Richard Seefeldt Universität Hamburg
Hannes Sander
Dietmar Höttecke

Klimawandel bewerten: Tiefenstrukturanalyse einer Gruppendiskussion

Die Nationalen Bildungsstandards fordern, dass SchülerInnen befähigt werden, naturwissenschaftliches Wissen auf verantwortungsvolle und problemorientierte Weise in gesellschaftliche Diskurse und öffentliche Meinungsbildung einzubringen (KMK, 2004a, 2004b). Bewertungskompetente SchülerInnen sollen naturwissenschaftliche Sachverhalte erkennen und bewerten können. Ihre Entscheidungen sollen von naturwissenschaftlichem Sachwissen, ethischen sowie sozialen Aspekten und Aspekten der Nachhaltigkeit beeinflusst werden (KMK, 2004b). In ihrer Operationalisierung bedarf Bewertungskompetenz nun eines Kompetenzstrukturmodells, das erstens diesen normativen Anforderungen gerecht wird (wie SuS bewerten sollen) und zweitens typische kognitive Muster von SchülerInnen berücksichtigt (wie SuS aktuell bewerten) (vgl. Schecker & Parchmann, 2006). Ansonsten bleibt Bewertungskompetenz ein von Fachdidaktik normativ gesetztes Konstrukt ohne ökologische Validität. Diese Studie widmet sich der deskriptiven Dimension des Problems: Urteilsprozesse von Schülergruppen zu einem Problem der Nachhaltigkeit werden initiiert und rekonstruiert, um die den Entscheidungsprozessen in der Schülergruppe zugrunde liegenden Tiefenstrukturen (Orientierungsrahmen) herauszuarbeiten. Orientierungsrahmen strukturieren als Facette des Habitus das Denken und Handeln der SchülerInnen.

Stichprobe und Untersuchungsdesign

Insgesamt wurden drei Gruppendiskussionen durchgeführt. Jede Gruppendiskussion bestand aus je fünf freiwillig teilnehmenden SchülerInnen derselben Schule und Jahrgangsstufe (Biologieprofil). Nach Lamnek (2004) gehorcht die Gruppenbildung somit dem „Prinzip der Naturalizität“. Stimuliert wurden die Gruppendiskussionen durch die von Sander & Höttecke (2014) entwickelten Audiovignetten. Diese inszenieren dilemmaartige, kontroverse Urteils- und Entscheidungssituationen im Kontext von Nachhaltigkeit mit besonderem Fokus auf den Klimawandel. Sie bieten zwar Argumente an, greifen der Sinnkonstruktion der SchülerInnen aber nicht vor. Die Gruppendiskussionen wurden durch die Audiovignette in zwei Schritten stimuliert: Zunächst wird das Dilemma präsentiert, dann werden Argumente aus den Perspektiven fiktiver Personen angeboten. Der Leitfaden, der die Gruppendiskussion strukturiert, wurde so konstruiert, dass die SchülerInnen ihre Diskussion weitgehend selbst strukturieren konnten (Lamnek, 1998). Es wurde vorgegeben, dass ein Urteil im Konsens gefällt werden sollte. Die dadurch provozierten Sinnbildungsprozesse der Gruppe wurden mittels Dokumentarischer Methode (z.B. Przyborski, 2004) erschlossen. Der Fokus der Analyse lag auf den Orientierungsrahmen, die den Sinnbildungsprozessen zu Grunde liegen.

Die hier vorgestellten exemplarischen Ergebnisse einer Gruppendiskussion wurden durch die Audiovignette „Künstliche Beeinflussung des Klimawandels“ stimuliert. Diese Vignette generiert eine politische Entscheidungssituation rund um das Thema Climate Engineering. Die Argumente werden von fiktiven Personen einer anonymen Menschengruppe vorgetragen. Die Folgen der Entscheidung würden zeitlich und räumlich weit von den SchülerInnen entfernt eintreten, sodass eine unmittelbar persönliche Betroffenheit der SchülerInnen nicht vorliegt (siehe zum verwendeten Kontextmodell auch Sander & Höttecke, 2014).

Ergebnisse
Bereits während des Abspielens der Vignette signalisierte die Schülerin S1, dass sie technische Maßnahmen zur künstlichen Beeinflussung des Klimas ablehnt, während die Schülerin S2 sie befürwortet. Die Diskussion entfaltete sich im Spannungsfeld der Trias Mensch-Technik-Natur. Gemeinsame Orientierungen waren, dass dem Menschen umweltschädigendes Handeln zwar bewusst sei, er aber viel zu spät zu Handeln anfange. Die Natur wurde als eine wirkmächtige Entität konzipiert, die Schädigungen durch den Menschen selbst ausgleichen kann. Den größten Sprechanteil hatten S1 und S2. Die anderen Diskutanten orientierten sich an S1, was einen Hinweis auf Haidts Chamäleon-Effekt (Haidt 2001) darstellt.

S1 konzipiert Natur als eine Art geschlossenes, sich selbst stabilisierendes System, aus dem die Menschen exkludiert sind. Menschliches Handeln beschreibt sie als „[E]inmischen“, wobei die Menschheit eher aussterben würde, als dass die Natur einen bleibenden Schaden davon tragen könnte. Das negativ konnotierte Menschenbild von S1 manifestiert sich in einem Konkurrenzkampf zwischen Mensch und Natur, wobei der Mensch nur glaubt stärker zu sein. Dementsprechend sieht sie auch technische Maßnahmen als unnötig an, um Natur zu beeinflussen. Sie „traut“ der Technik nicht, da gemäß ihrer Natur-Mensch-Beziehung Nebenwirkungen und Folgen menschlicher Eingriffe zugleich unkontrollierbar sein würden und somit den Menschen schaden. Dabei differenziert sie zwischen sinnvoller und nicht-sinnvoller Technik: Sinnvolle Technik bereichert ihren Alltag, z.B. Waschmaschinen und Staubsauger und stellt keine Gefahr für den Menschen dar. Nicht-sinnvolle Technik ist dagegen nicht beherrschbar und unsicher. Durch einen Verzicht auf nicht sinnvolle Technik kann der Klimawandel von der Natur kompensiert werden, die Menschheit überlebt. Durch den Einsatz solcher Technik verschlechtert sich der Zustand der Umwelt zumindest kurzzeitig, was zum Aussterben der Menschheit führt. Anschließend stabilisiert die Natur sich wieder. Auf die Natur hat sinnvolle Technik keinen Einfluss. Schlussendlich lehnt S1 technische Maßnahmen des Climate Engineering ab.

S2 sieht technische Maßnahmen als Instrumente der Menschen, um den Klimawandel zu stoppen. Anderenfalls geht die Menschheit zu Grunde. Die Natur ist zwar in der Lage, menschliches Handeln zu kompensieren, sie ist den Menschen jedoch passiv ausgeliefert und überfordert, da der Mensch mehr zerstört als die Natur kompensieren kann. S2 überträgt Handlungen Einzelner auf ihren Menschheitsbegriff, wobei ihnen ein schädigender Einfluss inhärent sei. Dieses menschliche Handeln ist unbeeinflussbar und wird durch technische Innovation weiter vorangetrieben. Dabei trennen sie die Menschen im Allgemeinen von den Forschern, die zu helfen versuchen, sich kümmern und durch technische Maßnahmen dem Trend der Naturzerstörung entgegenwirken. Technik unterstützt die Natur beim Kompensieren des Klimawandels. S2 sieht sie nicht als offene Option, sondern als notwendig an, was ihr Bild einer überforderten Natur, der geholfen werden muss, unterstreicht. In einem Perspektivwechsel postuliert sie einen Totalverzicht von Technik, um die Sichtweise von S1 ironisch zu überzeichnen.

Ein Konsens wurde in der Gruppendiskussion entgegen der Vorgabe nicht gefasst und die spontanen Urteile blieben stabil:

„Okay vier gegen eins S2, wir haben gewonnen würd ich jetzt sagen einfach mal so ALSO wir sind gegen diese was war das?“ (S1, GD1, Z.492-493)

Während der Diskussion verschob sich aber der Fokus. Es ging weniger um einen Konsens, der politisch und naturwissenschaftlich sinnvoll die verschiedenen Meinungen zu einer

gemeinsamen Entscheidung bündeln konnte, als vielmehr darum, wer Recht hat und sich in der Diskussion durchsetzt. Allerdings dürften die Argumente gemäß Haidt (2001) auf die anderen Diskutanten wirken und sie zur Reflexion anregen, was in weiteren Diskussionen zu verbesserter Konsens- und Konfliktfähigkeit führen könnte.

Diskussion

Um Bewertungskompetenz und Urteilsfähigkeit aus naturwissenschaftlicher Perspektive heraus zu fördern, bedarf es Forschung über reale Urteils- und Entscheidungsprozesse auf inter-personeller Ebene in konkreten, alltagsähnlichen Situationen (Höttecke, 2013). Die SchülerInnen rekurrierten häufig auf Erfahrungen aus dem Alltag und der Schule. Bereits während des Abspielens des Stimulus entschieden sich S1 und S2 spontan und intuitiv. Die Entscheidungen blieben über die Diskussion hinweg stabil und wurden vor allem zu Beginn der Diskussion von anderen Gruppenmitgliedern emotional bewertet. Die emotionalen Wertungen blieben ebenfalls stabil. Bei den Begründungen ihrer Urteile beriefen sich die SchülerInnen auf eigene Erfahrungen aus Alltag und Schule, die sie als Evidenz nutzten. Diese Evidenz artikuliert sich durch die Zuschreibung von Vertrauen zu unterschiedlichen Quellen. Besonders S2 berief sich häufig auf die „helfenden Forscher“, die sie während eines Praktikums kennen gelernt hatte. S1 und S2 zeigen unterschiedliche Natur- und Menschenbilder. Natur erscheint entweder autonom oder hilfsbedürftig zu sein. Der Mensch wird mal als von Natur ausgeschlossen oder als Helfer der Natur konzipiert. Solche Alltagsphantasien transportieren Aspekte des Selbst-, Menschen-, und Weltbildes in die Bewertungssituation hinein und beeinflussen ethisches Urteilen und Bewerten in subjektiver Art und Weise (Dittmer & Gebhardt, 2012). In den Gruppendiskussionen nähren sich Urteile aus der Summe persönlicher Werte und Normen, Erfahrungen, Alltagsphantasien, Emotionen und der Zuweisung von anekdotischer Evidenz aus dem eigenen Erfahrungsbereich. Die daraus gefällten Urteile sind weit von den Ansprüchen von Kompetenzstrukturmodellen entfernt, die rationales Urteilen und Entscheiden als Norm festlegen (Bögeholz & Eggert, 2006). Bewertungskompetenz muss aus diesen subjektiven Strukturen heraus modelliert werden. Werden rationale Muster des Urteilens und Entscheidens normativ eingefordert, dann besteht eine notwendige Voraussetzung in der Kompetenz der SchülerInnen, Aspekte des eigenen Orientierungsrahmens bewusst zu machen und erfolgreich zu reflektieren.

Literatur

Bögeholz, S. & Eggert, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz- Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben nachhaltiger Entwicklung. ZfDN, 12, 177-197

Dittmer, A. & Gebhard, U. (2012). Stichwort Bewertungskompetenz. Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht aus sozial-intuitionistischer Perspektive. ZfDN, 18, 81-98

Haidt, J. (2001). The emotional dog and its rational tail: A social intuitionist approach to moral judgement. Psychological Revue, 108 (4), 814-834

Höttecke, D. (2013). Bewerten-Urteilen-Entscheiden. Ein Kompetenzbereich des Physikunterrichts. Unterricht Physik, 24 (134), 4-12

KMK (2004a). Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München, Neuwied: Luchterhand

KMK (2004b). Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München, Neuwied: Luchterhand

Lamnek, S. (1998). Gruppendiskussionen. Theorie und Praxis. 2. überarb. und erw. Aufl.. Weinheim, Basel: Beltz

Lamnek, S. (2004). Qualitative Sozialforschung. 4., vollst. überarb. Aufl.. Weinheim, Basel: Beltz,

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

Sander, H. & Höttecke, D. (2014). Vignetten zur qualitativen Untersuchung von Urteilsprozessen bei SchülerInnen. PhyDid B – Didaktik der Physik

Sckecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. ZfDN, 12 (2), 45-66

Manja Erb[1/2]
Claus Bolte[1]

[1]Freie Universität Berlin
[2]Schiller Gymnasium Berlin

Kompetenzen im Bereich naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Vergleich

Der von der KMK für den Mittleren Schulabschluss formulierte Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ gliedert sich in anspruchsvolle Teilkompetenzen und Standards. Durch das Fehlen vergleichbarer Standards für den Übergang von der Grundschule bzw. Orientierungsstufe in die Sekundarstufe I erscheint eine gezielte Förderung der Lernenden in diesem Bereich besonders schwierig. Obgleich landesspezifische Rahmenlehrpläne und Curricula als Orientierungshilfe für Lehrer/-innen fungieren können, würde erst ein verbindlicher, einheitlicher Rahmen eine gezielte Unterstützung zur Förderung von Schüler(inne)n sicherstellen. Erschwerend kommt hinzu, dass seit Einführung des Faches Naturwissenschaften 5/6 an allen Berliner Schulen ein erheblicher Mangel an ausreichend aus- und fortgebildeten Lehrkräften besteht. Bereits ausgemachte Schwächen und Stärken im Bereich von Vermutungen und Beobachtungen (Erb & Bolte, 2012a;b) auf Seiten von Schülerinnen und Schülern einerseits, aber auch ihrer Lehrerinnen und Lehrer andererseits, sollen nun durch weitere Analysen – hier unter Einsatz offener Antwortformate – überprüft werden.

Theoretischer Rahmen

Obgleich Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 3 bis 4 bereits über ein grundlegendes Verständnis bezüglich der Variablenkontrolle verfügen (Bullock, 1991; Chen & Klahr, 1999), zeigen Schülerinnen und Schülern im Alter zwischen 10 und 12 deutliche Schwächen, wenn sie gefordert sind, in komplexen Variablensystemen Hypothesen zu bilden oder Experimente zu planen (Bullock, Sodian, & Koerber, 2009; Bullock & Ziegler, 1999; Carey, Evans, Honda, Jay, & Unger, 1989; Hammann, Phan, & Bayrhuber, 2008; Schauble, Glaser, Raghavan, & Reiner, 1991). Des Weiteren ist festzustellen, dass Schülerinnen und Schüler bessere Ergebnisse erzielen, wenn sie adäquate Experimente auswählen sollen als wenn sie der Fragestellung angemessene Experimente selbstständigen planen und eigenständig formulieren müssen (Bullock & Ziegler, 1999; Hammann u. a., 2008).
Im Bereich der Grundschule bzw. zu Beginn der Jahrgangsstufe sieben zeigen die Kinder Schwierigkeiten, ein Experiment im Kontext von Theorie und zu überprüfender Vermutung zu verstehen (Sodian, Thoermer, Kircher, Grygier, & Günther, 2002) und Beobachtungen von Schlussfolgerungen abzugrenzen (Khishfe, 2008). Ergänzend zeigen Erb und Bolte Schwächen von Schülerinnen und Schülern auf, sachlich zutreffende Beobachtung sowie Vermutung von sachlich unzutreffenden zu unterscheiden (Erb & Bolte, 2012a). Vor dem Hintergrund, dass an Grundschulen oft die unterrichtenden Lehrkräfte fachfremd eingesetzt werden und diese Lehrerinnen und Lehrer ihre eigene Kompetenzen selbst eher negativ einschätzen (Bolte & Streller, 2007; Peschel, 2007; Tiedemann & Billmann-Mahecha, 2007), erscheint eine gezielte Förderung der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrkraft und im naturwissenschaftlichen Unterricht als kaum realisierbar. Insbesondere wenn die Lehrkräfte, wie im Schuljahr 2005/2006, sich durch die flächendeckende Einführung des Faches Naturwissenschaften an Berliner Grundschulen mit der Situation konfrontiert sehen, ein Fach unterrichten zu müssen (Bolte & Streller, 2007), für welches sie gar nicht ausgebildet sein können, da es zu diesem Zeitpunkt und noch lange danach gar keine Möglichkeit der universitären Ausbildung gab. So überrascht es nicht, wenn Erb und Bolte (2012b) in den vergangenen Jahren Schwächen bezüglich ausgewählter Fähigkeiten und Fertigkeiten im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens auch auf Seiten der Lehrkräfte aufgedeckt haben.

Methode

Die Aufgabe im offenen Format des Fragebogens zur naturwissenschaftlichen Kompetenz (Erb & Bolte, 2011) greift inhaltlich die Formulierung naturwissenschaftlicher Beobachtungen und Fragestellungen, aber auch das Verbalisieren naturwissenschaftlich begründeter Vermutungen sowie das Planen von Experimenten auf. Der eigens konzipierte Fragebogen wurde sowohl von Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 5/6 (N=672) als auch von Lehrerinnen und Lehrern (N=47), die das Fach Naturwissenschaften in diesen Jahrgangsstufen (fachfremd) unterrichten, bearbeitet. Beide Untersuchungsgruppen (Schüler/-innen wie auch Lehrer/-innen) werden zu Beginn aufgefordert, zu einem bildlich dargestellten Phänomen sachlich zutreffende Beobachtungen zu formulieren und anschließend, bezugnehmend auf eine ihrer Beobachtungen, naturwissenschaftliche Fragestellungen schriftlich zu formulieren. Anschließend sollen sowohl die Schüler/-innen als auch Lehrer/-innen anhand einer eigens von ihnen formulierten (sachlich zutreffenden) Vermutung ein Experiment planen, welches es möglich macht, die damit verbundene Vermutung zu überprüfen.

Empirie

Im Folgenden werden wir einige ausgewählte Ergebnisse vorstellen.

Formulierung naturwissenschaftlicher Beobachtungen		Schüler(inne)n N=672		Lehrer(inne)n N=47	
	Inhaltliche Merkmale	Anzahl	Anzahl in %	Anzahl	Anzahl in %
sachlich zutreffende Beobachtung	Keine Schlussfolgerungen sowie Erklärung sowie Bezug zu abgebildeten Phänomen	477	71,0	24	51,1
sachlich unzutreffende Beobachtung	Schlussfolgerungen oder Erklärung sowie darüber hinaus fehlender Bezug zum Phänomen	173	25,7	19	40,5
Nicht bearbeitet		22	3,3	4	8,5

Tabelle 1: Häufigkeiten der sachlich zutreffend sowie sachlich unzutreffend formulierten naturwissenschaftlichen Beobachtungen von Schüler/-innen und Lehrer/-innen.

Formulierung naturwissenschaftlicher Vermutungen		Schüler(inne)n N=672		Lehrer(inne)n N=47	
	Inhaltliche Merkmale	Anzahl	Anzahl in %	Anzahl	Anzahl in %
sachlich zutreffende Vermutung	Aussage ist mögliche Antwort auf vorhergehende Fragestellung und weist Bezug zu Beobachtung auf	397	59,0	5	10,6
sachlich unzutreffende Vermutung	Aussage ist keine mögliche Antwort auf zuvor formulierte Fragestellung und/oder bezieht sich nicht auf vorangegangene Beobachtung	52	7,8	23	49,0
Nicht bearbeitet		223	33,2	30	40,4

Tabelle 2: Häufigkeiten der sachlich zutreffend sowie sachlich unzutreffend formulierten naturwissenschaftlichen Vermutungen von Schüler/-innen sowie Lehrer/-innen.

Die Ergebnisse in den Tabellen 1 und 2 belegen insbesondere hinsichtlich der Formulierung sachlich zutreffender Beobachtungen und Vermutungen eine deutlich bessere Performanz

der Schüler/-innen im Vergleich zur Performanz der beteiligten Lehrer/-innen. Lediglich hinsichtlich der Formulierung naturwissenschaftlicher Fragen zeigen die hier befragten Lehrer/-innen deutlich bessere Ergebnisse als die beteiligten Schüler/-innen (83% versus 74,7%). Bezüglich der eigenständigen Experimentplanung bringen die Analysen zum Vorschein, dass beide Gruppen deutliche Schwierigkeiten damit haben, zu berücksichtigende Variablen zu kontrollieren. Darüber hinaus fällt der stetig anwachsende Anteil an nicht bearbeiteten Aufgaben auf; dieser Befund tritt in beiden Gruppen nahezu gleichermaßen auf. Obwohl Lehrer/-innen in der Auswahl adäquater Beobachtungen und Vermutungen im Rahmen einer multiple-Choice-Befragungen im Vergleich zur Gruppe der Schüler/-innen deutlich besser abschneiden (Erb & Bolte 2011; 2012), zeigen sich nun hinsichtlich der eigenständigen sprachlichen Produktion diesbezüglich erhebliche (und uns überraschende) Unterschiede. Wider erwartend zeigen nämlich die Schüler/-innen der Jahrgangsstufen 5/6 diesbezüglich deutlich bessere Fertigkeiten als die befragten Lehrer/-innen. Vor dem Hintergrund unserer Ergebnisse rückt erneut die Forderung nach zielgerichteten und langfristig ausgerichteten Fortbildungsveranstaltungen für Lehrer/-innen in den Fokus.

Literatur

Bolte, C., & Streller, S. (2007). „Unverhofft kommt oft!“ – Wenn Grundschullehrerinnen und -lehrer Naturwissenschaften für ihre Unterrichtspraxis entdecken (müssen). In *Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen (S. 139-150). Bad Heilbrunn: Klinkhardt*.

Bullock, M. (1991). Scientific Reasoning in Elementary School: Developmental and Individual Differences.

Bullock, M., Sodian, B., & Koerber, S. (2009). Doing Experiments and Understanding Science: Development of Scientific Reasoning from Childhood to Adulthood. In W. Schneider & M. Bullock (Hrsg.), *Human Development from early childhood to early adulthood: Findings from a 20 year Longitudinal study* (S. 173–198).

Bullock, M., & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. In Cambridge University Press (Hrsg.), *Individual development from 3 to 12: Findings from the Munich longitudinal study* (S. 38–54).

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.

Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, *70*(5), 1098–1120.

Erb, M., & Bolte, C. (2011). Kompetenzdiagnostik im Bereich Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (S. 140–142). Münster: LIT Verlag Münster.

Erb, M., & Bolte, C. (2012a). Kompetenzen von Grundschulkindern der Jahrgangsstufen 5/6 im Bereich „Naturwissenschaftliches Arbeiten “. *Sachunterricht und seine Didaktik*, 11.

Erb, M., & Bolte, C. (2012b). Kompetenzen von Grundschullehrer(inne)n im Bereich „naturwissenschaftliches Arbeiten“. In S. Bernholt (Hrsg.), *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht.* (S. 467–469). Berlin u.a.: Lit.

Hammann, P. D. M., Phan, D. T. H., & Bayrhuber, P. D. 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 (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik* (S. 33–49). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders’ views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(4), 470–496

Peschel, M. (2007). Wer unterrichtet unsere Kinder? Sun—Sachunterricht in Nordrhein-Westfalen. *Qualität von Grundschulunterricht*, 171–174.

Schauble, L., Glaser, R., Raghavan, K., & Reiner, M. (1991). Causal Models and Experimentation Strategies in Scientific Reasoning. *The Journal of the Learning Sciences*, *1*(2), 201–238.

Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, E., Grygier, P., & Günther, J. (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. In *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (Bd. 45, S. 192–206). Weinheim: Beltz.

Tiedemann, J., & Billmann-Mahecha, E. (2007). Macht das Fachstudium einen Unterschied? Zur Rolle der Lehrerexpertise für Lernerfolg und Motivation in der Grundschule. *Zeitschrift für Pädagogik*, *53*(1), 58–73.

Marian Busch Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest

Kompetenzentwicklung im fächerübergreifenden Unterricht - eine replikative Querschnittsuntersuchung -

Überblick

In Deutschland verläuft die Implementierung von Fächerverbünden in höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I eher zurückhaltend. So wurden in den letzten Jahren für die gymnasiale Sekundarstufe I in lediglich vier Bundesländern derartige Schulfächer als Wahlpflichtfächer eingerichtet. 2013 wurde in Thüringen das Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik“ (NWuT) für die Jahrgangsstufe 9/10 am Gymnasium eingeführt. Diese bildungsplanerische Zurückhaltung ist vor allem Ausdruck der domänenspezifischen Orientierung der in den nationalen Bildungsstandards formulierten Kompetenzen. Eine Ursache hierfür ist die zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards eingeholte Expertise von Klieme et al. (2003), die davon ausgeht, dass Kompetenzen die „grundlegenden Handlungsanforderungen [spiegeln], denen Schülerinnen und Schüler in der Domäne ausgesetzt sind“ (Klieme et al. 2003, S. 22). Daneben findet sich diese Zurückhaltung mit Einschränkung auch in der fachdidaktischen Publikationslandschaft wieder. Zwar gibt es eine Reihe an publizierten Unterrichtsvorschlägen, jedoch nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen zum fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht. Es fehlt vor allem an empirischen Studien zur Wirksamkeit (Labudde 2014, S. 19, 23) – insbesondere für Fächerverbünde in höheren Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I.

Im Juli 2015 wurden ausgewählte naturwissenschaftliche Teilkompetenzen sowie das Fachinteresse von Gymnasialschülern vor Beginn des Thüringer Wahlpflichtfaches „Naturwissenschaften und Technik“ (Ende der Jgst. 8) und vor Eintritt in die Oberstufe (Ende der Jgst. 10) im Rahmen einer replikativen Querschnittsuntersuchung verglichen. Die Kontrollgruppe besteht aus Schülern, die kein naturwissenschaftliches Wahlpflichtfach belegen, wie z. B. eine dritte Fremdsprache, Gesellschaftswissenschaften und Informatik. Die untersuchten Teilkompetenzen werden im Folgenden genauer dargestellt.

Teilkompetenz „Identifikation von naturwissenschaftlichen Fragestellungen“

Die naturwissenschaftliche Grundbildung wird bei PISA über ein theoretisches Kompetenzmodell abgebildet, welches drei Teilkompetenzen unterscheidet (Schiepe-Tiska, 2013, S. 192f.): Das Erkennen und Formulieren von Fragestellungen, das Beschreiben und Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene sowie das Interpretieren naturwissenschaftlicher Evidenz. Diese Teilkompetenzen sind in lebensnahe Kontexte eingebettet, in denen Naturwissenschaften und Technik eine Rolle spielen. Dabei bilden zwei Wissensaspekte die Grundlage für diese Teilkompetenzen (naturwissenschaftliches Wissen und Wissen über Naturwissenschaften). Die Entwicklung dieser Teilkompetenzen basiert auf der jeweiligen motivationalen Orientierung einer Person (Interesse an Naturwissenschaften, Wertschätzung naturwissenschaftlichen Forschens, Verantwortungsbewusstsein gegenüber der Umwelt und natürlichen Ressourcen). Bei der Teilkompetenz *Erkennen und Formulieren von naturwissenschaftlichen Fragestellungen* geht es im Wesentlichen um die Identifikation von Sachverhalten, die sich auf naturwissenschaftlichem Wege klären lassen sowie darum, die entscheidenden Merkmale einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu erkennen. Dabei kommt es besonders auf das Verständnis naturwissenschaftlicher Prozesse an (OECD, 2007, S. 92). Aus der Beschreibung der in den PISA-Naturwissenschaftstests verwendeten Sub-Skala für die vorgenannte Teilkompetenz lassen sich vier Kompetenzbereiche extrahieren:

Das Erkennen und Formulieren naturwissenschaftlicher Fragestellungen, naturwissenschaftliches Messen, Umgang mit abhängigen und unabhängigen Variablen sowie der Umgang mit Kontroll- und Störvariablen (vgl. Abb. 1).

NaWi-Fragestellungen	Untersuchungszweck selegieren	Organisation von Fragestellungen		freie Formulierung NaWi-Frage	
Messen	Messbarkeit der Größe bestimmen	Messbarkeit der Variable bestimmen		Experimentelle Überprüfbarkeit bestimmen	
abhängige u. unabhängige Variablen	Identifikation sich ändernder Größen	Identifikation von unabh. Variablen	Unterscheidung von unabh. und abh. Variablen	Vergleichbarkeit von Versuchen	
				bestimmen	begründet bestimmen
Kontroll- und Störvariable	Quantifizierung einer Variable eines Experiments erkennen	Erkennen von Störvariablen und deren Kontrolle		Berücksichtigung aller Faktoren eines Experimentes	

Abb. 1: Kompetenzbereiche der Sub-Skala „Erkennen und Formulieren von naturwissenschaftlichen Fragestellungen“ (vgl. OECD 2007, S. 90f.)

Testkonstruktion und Fragebogendesign

Der zur Untersuchung der Wirksamkeit von fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzte Kompetenztest erfasst die in der Abbildung 1 dargestellten Kompetenzbereiche über 13 Fragen (10 Multiple-Choice-Fragen und 3 Fragen im offenen Format), die in der als valide geltenden PISA-Rahmenkonzeption für Naturwissenschaften integriert sind (Prenzel et al., 2007, S. 71ff.). Die über vier Pilot-Studien entwickelten Testaufgaben wurden zusätzlich durch ein Experten-Rating auf Übereinstimmung mit den relevanten Teilkompetenzen überprüft.

Zur Erhebung des naturwissenschaftlichen Fachinteresses wurde ein Fragebogen entwickelt, der sich an der IPN-Interessenstudie Physik (Hoffmann et al., 1998) orientiert und an den fächerübergreifenden Aspekt der Untersuchung angepasst wurde. Die Erhebung erfolgt über 9 Items, die die Zustimmung zu Aussagen über 5-Punkt-Likert-Skalen erfassen (1 ≙ stimmt nicht, 5 ≙ stimmt genau). Zusätzlich wurden sozialstatistische Angaben sowie Angaben zum Wahlpflichtfach und der letzten Zeugnisnote in den Fächern Mathematik, Biologie, Chemie und Physik erhoben.

Ausgewählte Ergebnisse

Der Kompetenztest und der Interessentest wurden an Thüringer Gymnasien in 11 Klassen der Jahrgangsstufe 8 (N = 204) und 8 Klassen der Jahrgangsstufe 10 (N = 145) durchgeführt. Die Testanlagen zeigen eine ausreichende Messgenauigkeit (α_{Kom} = .689; α_{Int} = .760).

Gruppenvergleich: NWuT-Schüler und Kontrollgruppe

Ein Vergleich zwischen Schülergruppen mit und ohne dem naturwissenschaftlichen Wahlpflichtfach NWuT zeigt für beide Jahrgangsstufen, dass sich NWuT-Schüler einerseits durch signifikant höhere Kompetenzen auszeichnen (vgl. Abb. 2, links) und anderseits ein signifikant höheres naturwissenschaftliches Fachinteresse haben (vgl. Abb. 2, rechts).

Gruppenvergleich: Jahrgangsstufe 8 und 10

Ein Vergleich der Schüler der Jahrgangsstufen 8 und 10 zeigt, dass Schüler der Jahrgangsstufe 10 erwartungsgemäß eine signifikant höhere Leistung im Kompetenztest zeigen als die Schüler der Jahrgangsstufe 8. Die Unterschiede zwischen den Jahrgangsstufen fallen für die Schüler des naturwissenschaftlichen Wahlfaches NWuT und Schüler der Kontrollgruppe vergleichbar aus (vgl. Abb. 2, links). Das naturwissenschaftliche Fachinteresse der NWuT-

Schüler der Jahrgangsstufe 10 zeigt gegenüber den NWuT-Schülern der Jahrgangsstufe 8 keine signifikanten Unterschiede (vgl. Abb. 2, rechts).

Darüber hinaus konnte über alle Gruppen hinweg ein schwacher statistischer Zusammenhang zwischen Leistung im Kompetenztest und naturwissenschaftlichen Fachinteresse nachgewiesen werden (Kendalls Tau-b: $\tau = .200$; $p < .01$). Daneben zeigte sich ein weiterer signifikanter Zusammenhang zwischen der Leistung im Kompetenztest und dem Durchschnitt der letzten Zeugnisnote in Mathematik und Naturwissenschaften ($\tau = -.271$; $p < .01$).

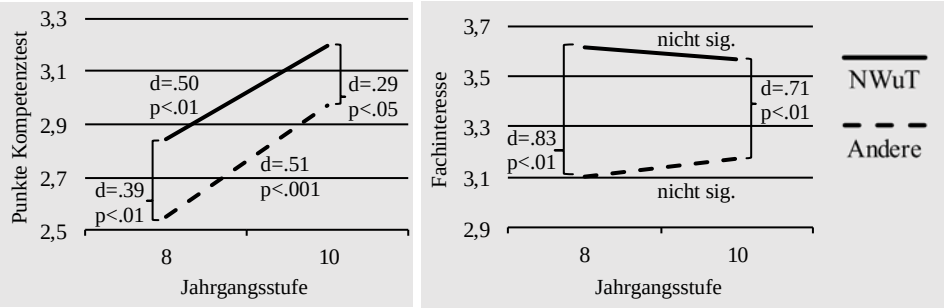


Abb. 2: Gruppenvergleiche. links: Vergleich der Jahrgangsstufen nach Gesamtpunktzahl im Kompetenztest und Wahlpflichtfach (Punkte-Skala von 0 bis 4,00). rechts: Vergleich der Jahrgangsstufen nach Fachinteresse und Wahlpflichtfach (Interessen-Skala von 1 bis 5; (1 ≙ kein Interesse, 5 ≙ hohes Interesse). Auswertung der dargestellten Gruppenunterschiede mit t-Test für unabhängige Daten (Cohens d, *Sig.* p*)*

Ausblick

Zur abschließenden Diskussion der Befunde werden im weiteren Verlauf vertiefende Auswertungen hinsichtlich der einzelnen Teilkompetenzen sowie weiterer naturwissenschaftlicher Interessensbereiche durchgeführt. Dieses Projekt ist Teil des Forschungsvorhabens „Naturwissenschaften integrativ“ im Rahmen der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ der Chemiedidaktik der FSU Jena, das neben der Entwicklung curricularer Einheiten für den fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht entsprechende Module für Lehramtsstudiengänge bzw. Weiterbildungsmaßnahmen entwickelt (Busch & Woest, in Druck).

Literatur

Busch , M., Woest, V. (in Druck). Potenzial und Grenzen von fächerübergreifendem naturwissenschaftlichem Unterricht. Empirische Befunde zur Lehrerperspektive. In MNU (Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen e. V.), Neuss: Verlag Klaus Seeberger.

Hoffmann, L., Häußler, P., Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.

Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht. Mythen, Definitionen, Fakten. In Bernholt, S. (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN, 13 - 24.

Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H.J. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Expertise. <www.bmbf.de/pub/zur_entwicklung_nationaler_bildungsstandards.pdf> abgerufen am 26.09.2015.

OECD (2007). PISA 2006 – Schulleistungen im internationalen Vergleich. Naturwissenschaftliche Kompetenzen für die Welt von morgen. Bertelsmann.

Prenzel, M., Carstensen, C., Frey, A., Drechsel, B., & Rönnebeck, S. (2007). PISA 2006 – Eine Einführung in die Studie. In PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Münster: Waxmann, 63 - 124.

Schiepe-Tiska, A., Schöps, K., Rönnebeck, S. , Köller, O. und Prenzel, M. (2013). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2012: Ergebnisse und Herausforderung. In M. Prenzel et al. (Hrsg.), PISA 2012 Fortschritte und Herausforderungen in Deutschland, Münster: Waxmann, 189 - 215.

Ann-Kathrin Beretz
Claudia von Aufschnaiter
Sophie Kirschner
Katja Lengnink
Justus-Liebig-Universität Gießen

Videoanalyse zum Aufbau diagnostischer Kompetenz im Lehramtsstudium Mathematik und Physik

Diagnostische Kompetenz gilt als einer der zentralen Aspekte professioneller Kompetenz von Lehrkräften (z. B. v. Aufschnaiter et al., 2015). Dabei wird unter anderem die Nutzung von Videodaten als Stimulus für den Aufbau diagnostischer Kompetenz vorgeschlagen (im englischsprachigen sinngemäß im Zusammenhang mit „noticing“ oder „professional vision“ diskutiert, z. B. van Es & Sherin, 2008). Eingebettet in das von der Deutschen Telekomstiftung geförderte Verbundprojekt „Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen“ wird am Standort Gießen fächerübergreifend in der Mathematik- und Physikdidaktik untersucht, in welcher Weise Videoanalysen als Element für den Professionalisierungsprozess von Lehramtsstudierenden der Sekundarstufen genutzt werden können. Dabei stellen die Untersuchung, inwiefern Videoanalysen zum Aufbau diagnostischer Kompetenz beitragen, sowie die Entwicklung von Konzepten zum theoriegeleiteten und adressatenorientierten Umgang mit heterogenen Lerngruppen wesentliche Schwerpunkte dar (s. a. Hußmann & Selter, 2013).

Theoretische Grundlage

Im Allgemeinen wird mit dem Begriff der diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften im schulischen Kontext „ein Bündel von Fähigkeiten [beschrieben], um den Kenntnisstand, die Lernfortschritte und die Leistungsprobleme der einzelnen Schüler/innen sowie die Schwierigkeiten verschiedener Lernaufgaben im Unterricht fortlaufend beurteilen zu können, sodass das didaktische Handeln auf diagnostischen Einsichten aufgebaut werden kann“ (Weinert, 2000, S.14). Dies drückt sich in der Tätigkeit der Lehrpersonen aus, die „Voraussetzungen und Bedingungen planmäßiger Lehr- und Lernprozesse ermitteln, Lernprozesse analysieren und Lernergebnisse feststellen“ (Ingenkamp & Lissmann, 2008, S. 13). In einem breiteren Kompetenzverständnis, das nicht nur auf kognitive, sondern auch auf motivationale, soziale und volitionale Merkmale der Schüler/innen Bezug nimmt (Weinert, 2001, S.27), richtet sich diagnostische Kompetenz im Sinne dieser beiden Definitionen also auf die Fähigkeit und Bereitschaft einer Lehrkraft, Kompetenzaus-prägungen und Kompetenzentwicklungen von Schüler/innen zu erfassen. Diagnostik stellt dabei die Ausgangsbasis für die Konzeption und Begründung von Fördermaßnahmen im Umgang mit heterogenen Lerngruppen dar (z. B. v. Aufschnaiter et al., 2015). Im englischen Sprachraum ist der Begriff der „diagnostischen Kompetenz“ wenig verbreitet, hier wird eher von „noticing“ oder „professional vision“ gesprochen (Sherin, 2001). Beide Aspekte beinhalten die Fähigkeit des Wahrnehmens und Beschreibens relevanter Ereignisse im Klassenzimmer, was auch – aber nicht nur – einen Fokus auf das Handeln und die Kompetenzen von Schüler/innen umfasst. Mit der Bezeichnung des „knowledge-based reasoning“ (u. a. Sherin, 2007) wird zudem betont, dass die Wahrnehmung nicht deutungsfrei erfolgt und die Beobachtungen zu erklären und mit Blick auf mögliche Konsequenzen zu diskutieren sind.

Design: Videoeinsatz im Lehramtsstudium Mathematik und Physik

Ausgangspunkt der zu Beginn skizzierten Untersuchung bilden zwei verschiedene Veranstaltungsformate in der Mathematik- und Physikdidaktik, wobei in beiden Videoanalysen von Lehr-/Lernprozessen eine zentrale Rolle spielen. In der physikdidaktischen

Veranstaltung sind Kleingruppen von 2-3 Schüler/innen, die ohne Unterstützung einer Lehrkraft vorhandene physikbezogene Lernaufgaben bearbeiten, Gegenstand der eingesetzten Videos. Im Gegensatz dazu werden in der Mathematikdidaktik Videos eingesetzt, in denen Studierende als Lehrkräfte agieren und mit Kleingruppen von 4-6 Schüler/innen mathematische Sachverhalte in einer von den Studierenden entwickelten Lernumgebung erarbeiten. In beiden Lehrveranstaltungen liegt der Fokus in den Videos somit auf den fachbezogenen Handlungs-, Denk- und Lernprozessen der Schüler/innen, der Kontrast ergibt sich insbesondere aus der An- bzw. Abwesenheit einer Lehrkraft (vgl. z. B. Seidel et al., 2011 zum Kontrast von eigenem und fremdem Unterricht) sowie aus der Beteiligung der Studierenden am durch die Schüler/innen bearbeiteten Material. Zudem unterscheidet sich die Positionierung der beiden Veranstaltungen im jeweiligen Studienverlaufsplan. Nach einführenden Modulen in beiden Fachdidaktiken durchlaufen die Studierenden der Physik die Veranstaltung im 3. bzw. 5. Fachsemester (HR/Gym), während die Studierenden des Fachs Mathematik den beschriebenen Kurs ein Jahr später im 5. bzw. 7. Fachsemester besuchen. Insbesondere ein Vergleich derjenigen Studierenden, die Mathematik und Physik als Fächerkombination haben, bietet sich im Rahmen einer fortlaufenden Beobachtung an.

Forschungsfragen

Im Projekt sollen sowohl die Ausprägung und Entwicklung der diagnostischen Kompetenz der Studierenden erfasst werden als auch ihre subjektiven Einschätzungen ihrer Fähigkeiten sowie ihre Wahrnehmung der Relevanz der Lernangebote für den Professionalisierungsprozess. Nur wenn die Studierenden die Inhalte der Veranstaltung als für sich persönlich relevant erleben, ist davon auszugehen, dass sie im Sinne des Weinert'schen Kompetenzbegriff (2001, S.27) neben kognitiven Fähigkeiten auch Bereitschaften zum Einsatz dieser Fähigkeiten aufbauen werden. Die Forschungsfragen richten sich somit sowohl auf eher objektivierbare Messungen als auch auf Befragungen subjektiven Erlebens:

– Auf welche Merkmale einer Lehr-/Lernsituation nehmen die Studierenden in ihren Analysen/in ihrer Diagnostik Bezug? Inwiefern thematisieren die Studierenden während der Diagnostik Heterogenität zwischen Schüler/innen? Wie verändern sich die Quantität der von den Studierenden angesprochenen Merkmale und die Qualität ihrer Analysen im Verlauf einzelner Veranstaltungen und in der Abfolge der beiden Kurse?
– Lässt sich aus den Ergebnissen insbesondere zu interindividuellen sowie intraindividuellen Kompetenzunterschieden zu unterschiedlichen Messzeitpunkten ein Modell zur Graduierung diagnostischer Fähigkeiten ableiten?
– Welche Lerngelegenheiten werden von den Studierenden als besonders relevant eingeschätzt? Wie schätzen die Studierenden ihre diagnostischen Fähigkeiten ein?

Erhebungsformate

Um ein möglichst umfassendes Bild der diagnostischen Kompetenz zu erhalten, kommen unterschiedliche Instrumente zum Einsatz. In beiden Kursen werden im Rahmen eines Prä-Post-Designs schriftliche Analysen von Transkripten durch die Studierenden angefertigt. Darüber hinaus sollen im kommenden Wintersemester die Diskurse der Studierenden bei den Videoanalysen und den Analysen von Schülerprodukten auf Video aufgezeichnet werden. Beide Datenquellen (schriftliche Transkriptanalysen und Videos) sollen mit einem einheitlichen Kategoriensystem zur Identifikation der von Studierenden genutzten diagnostischen Kriterien ausgewertet werden, um situativ vorliegende Kompetenzen und deren Veränderung zu beschreiben. Um auch Aussagen über die subjektive Wahrnehmung der Fähigkeiten und der Lerngelegenheiten von den Studierenden zu erhalten, werden Interviews und Fragebögen eingesetzt. Diese Daten sollen mithilfe qualitativer Methoden ausgewertet werden (Mayring, 2010).

Erste Ergebnisse und Ausblick

Ein Großteil der soeben beschriebenen Ansätze und Materialien wurde im Rahmen einer im Wintersemester 14/15 durchgeführten Voruntersuchung bereits erprobt. Daraus ergeben sich auch Hinweise zur Wirkung der Lehrkonzepte und zu ihrer Optimierung. Für die physikdidaktische Veranstaltung zeigt die Auswertung der Transkriptanalysen, dass insbesondere die in der Veranstaltung betonten Kriterien *fachhaltliche Angemessenheit*, *Konzeptualisierungsniveaus* und *Erlebensqualitäten* zur Beschreibung der Lernsituation genutzt werden. Im Laufe der Veranstaltung verlagert sich der Fokus der Studierenden von einer auf fachinhaltliche Aspekte bezogene Analyse sowie einer insgesamt eher vielfältigen Bezugnahme auf verschiedene Merkmale (prä) hin zur Zuschreibung eines Konzeptualisierungsniveaus (post). Die Veränderung überrascht auf der einen Seite nicht, da das Kriterium der Konzeptualisierungsniveaus einen zentralen Veranstaltungsinhalt darstellt (z. B. v. Aufschnaiter, 2007). Es ist aber auf der anderen Seite bemerkenswert, dass der Fokus auf ein zentrales Merkmal zu einem deutlichen Rückgang der Thematisierung anderer Merkmale zu führen scheint, auch dann, wenn diese vergleichsweise dominant im Transkript auftauchen. Die Analysen der Studierenden sind insgesamt zwar überwiegend sachlich angemessen, aber werden nur selten begründet (evidenzbasierte Praxis: Bauer, Prenzel & Renkl, 2015; Gholami & Husu, 2010). Um Studierende dabei zu unterstützen, explizit kriterienorientiert zu diagnostizieren *und* ihre Deutungen auch im Diskurs kritisch zu hinterfragen, muss die Weiterentwicklung der Veranstaltungen Elemente argumentativer Diskursformen verstärkt aufnehmen.

Die Auswertung der Interviews zeigt, dass die Studierenden die Thematik als relevant erleben, gleichzeitig aber eine Diskrepanz zwischen dieser Relevanz und der vergleichsweise späten Positionierung der Veranstaltungen im Studienverlauf sehen. Daraus ergibt sich, dass Diagnostik (von Heterogenität) im Sinne eines Spiralcurriculums früher und auch häufiger in die Studienstruktur eingebunden werden sollte.

Literatur

Aufschnaiter, C. v. (2007). Lernprozessorientierung als wesentliches Element von Lehrer-bildung. In D. Lemmermöhle, M. Rothgangel, S. Bögelholz, M. Hasselhorn, & R. Watermann (Hrsg.), *Professionell lehren – erfolgreich lernen* (S.53–64). Münster: Waxmann.

Aufschnaiter, C. v., Cappell, J., Dübbelde, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., Sträßer, R. & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz: Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik, 61*(5), 738-757.

Bauer, J., Prenzel, M. & Renkl, A. (2015). Evidenzbasierte Praxis – im Lehrerberuf?! Einführung in den Thementeil. *Unterrichtswissenschaft, 43*(3), 188-192.

Gholami, K. & Husu, J. (2010). How do teachers reason about their practice? Representing the epistemic nature of teachers‘ practical knowledge. *Teaching and Teacher Education, 26*, 1520-1529.

Hußmann, S. & Selter, C. (Hrsg.) (2013). *Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung – Das Projekt dortMINT*. Münster: Waxmann.

Ingenkamp, K. & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der pädagogischen Diagnostik* (6. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.

Sherin, M. G. (2001). Developing a professional vision of classroom events. In T. Wood, B. S. Nelson & J. Warfield (Eds.), *Beyond classical pedagogy: Teaching elementary school mathematics* (pp. 75-93). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, P. Roy & B. Barron (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383-396). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Seidel, T., Stürmer, K., Blomberg, G., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2011). Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: Does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of other? *Teaching and Teacher Education, 27*(0), 259-267.

van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2008). Mathematics teachers’ ‘‘learning to notice’’ in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education, 28*, 244-276.

Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz, 2*, 1-16.

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 15-31). Weinheim, Basel: Beltz.

Daniel Kost Justus-Liebig-Universität Gießen
Sophie Kirschner
Claudia von Aufschnaiter

Reflexion im Schulpraktikum - Pilotstudie

Motivation und Fragestellungen

Die Fähigkeit zur Reflexion der eigenen Tätigkeit kann als Teil professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften angesehen werden und gilt als elementar für den Lehrerberuf und das Lehrerhandeln (Korthagen, 2001; Schön, 1987; vgl. Abels, 2011). Trotz dieser Betonung der Relevanz befassen sich nur relativ wenig Projekte mit der Reflexionskompetenz von Lehrkräften (Clarà, 2015). Insbesondere ist bisher kaum untersucht, inwiefern schon bei Lehramtsstudierenden Reflexionskompetenz vorhanden ist. In der hier vorgestellten Studie wird die Reflexionskompetenz von Studierenden im Schulpraktikum untersucht, da Praxisphasen für die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit eine besondere Bedeutung zukommt (Rahm & Lunkenbein, 2014). In der ersten Phase der hessischen Lehrerbildung ist nach einem allgemeinen schulischen Praktikum ein „Fachpraktikum" vorgesehen, welches eines der Unterrichtsfächer nach Wahl der Studierenden in das Zentrum von Vorbereitung, Durchführung und Auswertung rückt. In der hier vorgestellten Erhebung werden ausschließlich Studierende betrachtet, die ihr Fachpraktikum in Physik absolvieren. Im Rahmen der Studie soll nicht nur der Reflexionsbegriff theoretisch geklärt werden, sondern auch die Reflexionskompetenz der Studierenden zu verschiedenen Zeitpunkten (während und nach dem Praktikum) mit unterschiedlichen Verfahren erfasst werden.

Wie lässt sich Reflexionskompetenz beschreiben, operationalisieren und erfassen?
Weil die Begriffe Reflexion und Reflexionskompetenz bisher nicht eindeutig geklärt sind, kommt einer literaturbasierten Klärung im Kontext des Projektes besondere Bedeutung zu. Sie bildet die Ausgangsbasis für eine Erfassung der Reflexionskompetenz der Studierenden. Es ist davon auszugehen, dass der Prozess der empirischen Untersuchung zur Begriffsklärung beiträgt, sich Empirie und Theorie also im Wechsel weiterentwickeln.

Wie hängen individuelle Reflexionen mit dem Reflexionsanlass zusammen?
Für das Praktikum ergeben sich drei strukturell etwas unterschiedliche Reflexionsanlässe: (1) Die Unterrichtsstunden werden in einem dialogischen Gespräch reflektiert. Hier erhalten die Studierenden nicht nur schriftliche Strukturierungshilfen, sondern ihre Überlegungen werden im Diskurs auch kritisch hinterfragt bzw. andere Einschätzungen präsentiert. (2) Die Studierenden verfassen nach dem Praktikum einen Bericht, in dem sie schriftlich zwei ihrer Stunden reflektieren müssen. Sie können sich dabei auf die schriftlichen Strukturierungshilfen aus (1) beziehen, müssen es aber nicht. (3) Nach Abgabe des Berichtes werden Interviews zum Unterricht durchgeführt, in denen den Studierenden nach einer kurzen freien Reflexionsphase erneut die aus (1) bereits bekannten strukturierenden Vorgaben gemacht werden. Im Interview werden die Ausführungen der Studierenden zwar durch festgelegte Fragen angeregt, aber nicht kritisch hinterfragt oder alternative Deutungen präsentiert. Im Vergleich dieser drei unterschiedlichen Anlässe soll untersucht werden, wie sich die Reflexionen der Studierenden unterscheiden.

Wie hängen Personenmerkmale und Reflexionsqualität zusammen?
Zu den erhobenen Personenmerkmalen zählen neben allgemeinen soziodemographischen Angaben (u. a. Vorerfahrungen im Unterrichten), das Pedagogical Content Knowledge (PCK, u. a. Shulman, 1986) und die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) bzgl. der eigenen

Lehrtätigkeit im Physikunterricht. Es ist zu vermuten, dass eine höhere Reflexionsqualität u. a. mit höherem PCK und höherer SWE einhergeht (für SWE und Lehrerverhalten in Warner und Schwarzer (2009) beschrieben).

Erste begriffliche Klärung zu „Reflexionskompetenz“

Wir gehen davon aus, dass eine Reflexion zwei Elemente enthält: Das erste Element betrifft das Wahrnehmen eines für das Lernen relevanten Sachverhaltes und dessen Deutung (Dewey, 2002; vgl. Schön, 1987). In ähnlicher Weise wird im internationalen Sprachraum von professional vision (PV) oder von noticing und knowledge-based-reasoning (KBR) gesprochen (u. a. Meschede, 2014, Sherin, 2007). Das zweite Element beinhaltet das Ableiten möglicher Konsequenzen, die sich u. a. auf unterrichtliche Maßnahmen oder auf das eigene Lehrerverhalten beziehen können (Copeland, 1993; Korthagen 2001). Die Ableitung von Konsequenzen ist typischerweise im internationalen Sprachraum in Überlegungen zum KBR oder PV enthalten. Es scheint uns aber hilfreich, die beiden Elemente „Aussagen über lernrelevante Sachverhalte generieren“ und „Konsequenzen ziehen“ zu trennen, weil wir u. a. vermuten, dass sich Reflexionsqualität gerade in zielgerichteten und mit Deutungen gestützten Aussagen zu möglichen Konsequenzen bemerkbar macht. Wir gehen dabei davon aus, dass eine Reflexion nur dann „vollständig“ ist, wenn sie auch Aussagen zu Veränderungen in den Lernangeboten, zum Unterricht oder zur eigenen Person beinhaltet. In dieser Annahme umfasst „Reflexionskompetenz“ somit die Fähigkeit von Lehrkräften, beide Elemente in sachangemessener Weise zu generieren und zu verbinden.

Qualität von Reflexionen

Als mögliche Kriterien für eine Einschätzung der Qualität bzw. Differenziertheit von Reflexionen (angehender) Lehrkräfte bieten sich folgende Aspekte an:

- Eingenommener Fokus: Ist der Fokus auf Aktivitäten der Schüler/-innen, der Lehrkraft, auf allgemeine unterrichtliche oder auf fachliche Aspekte gerichtet (Hofmann, 2015; vgl. Korthagen, 2001)? Obwohl Qualität hier nicht in einem bestimmten Fokus zu sehen ist, ist davon auszugehen, dass das Fehlen eines auf Schüler/-innen gerichteten Fokus bzw. ein alleiniger Fokus auf fachliche Aspekte nicht hinreichend für eine differenzierte Erfassung lernrelevanter Ereignisse ist.
- Art der Konsequenzen (Copeland, 1993): Alleine die Frage, ob überhaupt Konsequenzen gezogen werden, ist bereits für eine Qualitätseinschätzung relevant. Auch den Konsequenzen selbst kann aber unterschiedliche Qualität zugeschrieben werden, u. a. wenn sich die Konsequenzen nur auf Änderungen im Verhalten anderer beziehen, nicht aber Änderungen des eigenen Verhaltens in Betracht ziehen (eher niedrige Qualität).
- Verwendung von Begründungen (Copeland, 1993): Sowohl für Deutungen als auch für Konsequenzen ist das Anführen von Gründen zentral – Deutungen können dabei als Gründe für Konsequenzen fungieren – und ein Merkmal von Qualität im Sinne evidenzbasierten Argumentierens (in der Lehrerbildung u. a. Bauer, Prenzel & Renkl 2015; Gholami & Husu, 2010).
- Verallgemeinerungsgrad: Reflexionen können sich auch dadurch unterscheiden, ob sie situationsspezifische oder allgemeingültige Aussagen generieren. Aufschnaiter und Rogge (2010) sprechen in diesem Zusammenhang von einer Zunahme des Konzeptualisierungsniveaus. Es ist grundsätzlich davon auszugehen, dass ein höheres Niveau auf eine höhere Qualität der Reflexionen hindeutet, nicht immer aber legt die spezifische Situation tatsächlich ein solches Niveau nahe.

Daten und methodisches Vorgehen

Betrachtet werden 37 Studierende (10 aus einer Vorstudie im Studienjahr 14/15 sowie 27 aus der Hauptstudie im Studienjahr 15/16). Zur Erfassung von Personenmerkmalen werden

die Studierenden einmal im Rahmen der Vorbereitungsveranstaltung zur ihrer Soziodemographie befragt und ihr PCK mit Hilfe von ausgewählten Items erhoben (u. a. aus Gramzow, 2015; Kirschner, Borowski, & Fischer, 2011). Vor und nach dem Praktikum werden zudem die SWE in Bezug auf spezifische Aspekte des Unterrichtens erfasst (in Ahnlehnung an Rabe, Meinhardt & Krey, 2012). Zur Analyse der Reflexionskompetenz werden verschiedene Daten erhoben: (I) Es werden zwei Unterrichtsstunden besucht, nach Möglichkeit videographiert (nur Hauptstudie) und durch zwei Beobachter/-innen protokolliert. Die Nachgespräche zu den Unterrichtsstunden werden audiographiert. (II) Die von den Studierenden zu zwei Stunden abgefassten schriftlichen Reflexionen sowie das persönliche Resümee werden im Rahmen eines Praktikumsberichts abgegeben. (III) Halboffene Leitfadeninterviews werden nach Abschluss des Praktikums und der Abgabe des Berichts durchgeführt. Die Interviews enthalten ein Stundenprotokoll bzw. einen Videoausschnitt eines Unterrichtsbesuchs als Stimulus und nutzen ähnliche Strukturierungselemente wie in (I). Die in (I) bis (III) erhobenen Daten sollen mit einem einheitlichen Klassifikationsraster ausgewertet werden, das aus den Überlegungen zu Merkmalen von Reflexionskompetenz und ihrer Qualität abgeleitet wird.

Literatur

Abels, S. (2011). *LehrerInnen als „Reflective Practitioner“: Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht*. Wiesbaden: VS Verlag Sozialwissenschaften.

Aufschnaiter, C. v., & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16*, 95–114.

Bauer, J., Prenzel, M., & Renkl, A. (2015). Evidenzbasierte Praxis - im Lehrerberuf?! Einführung in den Thementeil. *Zeitschrift für Lernforschung. Unterrichtswissenschaft. 43*(3), 188–192.

Clarà, M. (2015). What is reflection? Looking for clarity in an ambiguous notion. *Journal of Teacher Education*, 66(3), 261–271.

Copeland, W. D., Birmingham, C., De La Cruz, E., & Lewin, B. (1993). The reflective practitioner in teaching: Toward a research agenda. *Teaching & Teacher Education, 9*(4), 347–359.

Dewey, J. (2002). *Wie wir denken*. Zürich: Pestalozzianum.

Gholami, K., & Husu, J. (2010). How do teachers reason about their practice? Representing the epistemic nature of teachers’ practical knowledge. *Teaching and Teacher Education, 26*(8), 1520–1529.

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

Hofmann, J. (2015). *Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme*. Berlin: Logos.

Kirschner, S., Borowski, A., & Fischer, H. E. (2011). ProwiN-Test zum fachdidaktischen Wissen von Physiklehrkräften. In A. Borowski, H. E. Fischer, M. Jüttner, S. Kirschner, B. J. Neuhaus, E. Sumfleth, … S. Witner (Hrsg.), *ProwiN-Testinstrumente*. Essen: Universität Duisburg-Essen.

Korthagen, Fred A. J. (2001*). Linking practice and theory: The pedagogy of realistic teacher education*. Mahwah, N.J.: Erlbaum.

Meschede, N. (2014). *Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht: Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*. Berlin: Logos.

Rabe, T., Meinhardt, C., & Krey, O. (2012). Entwicklung eines Instruments zur Erhebung von Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18*, 293–315.

Rahm, S., & Lunkenbein, M. (2014). Anbahnung von Reflexivität im Praktikum: Empirische Befunde zur Wirkung von Beobachtungsaufgaben im Grundschulpraktikum. In K.-H. Arnold, A. Gröschner, & T. Hascher (Hrsg.), *Schulpraktika in der Lehrerbildung. Theoretische Grundlagen, Konzeptionen, Prozesse und Effekte* (S. 237–256). Münster: Waxmann.

Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass.

Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron, & S. J. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383–395). Mahwah, N.J.: Erlbaum.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher, 15*(2), 4–14.

Warner, L. M., & Schwarzer, R. (2009). Selbstwirksamkeit bei Lehrkräften. In O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), *Lehrerprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 629–640). Weinheim, Basel: Beltz.

Joost Massolt
Anna Nowak
Stephanie Trump
Andreas Borowski

Universität Potsdam

Mathematisches Modellieren im Physikunterricht
Erfolgreiche SuS vs. Nicht-erfolgreiche SuS

Einleitung

In der Schule stellt Modellierfähigkeit einen wichtigen Aspekt physikalischer Kompetenz dar (KMK, 2005). Allerdings haben deutsche Schülerinnen und Schüler (SuS) große Probleme mit Modellierungsaufgaben (Artelt et al., 2001). Der Modellierungskreislauf von Trump & Borowski (eingereicht) kann modellierende Löseprozesse von mathematisch-physikalischen Problemstellungen abbilden und wurde bereits an einer Expertengruppe (Trump, 2015) und an einer Schülergruppe validiert (Nowak et al., 2016). In dieser Studie wurden Unterschiede zwischen dem Vorgehen erfolgreicher und nicht-erfolgreicher SuS untersucht.

Theorie

Der Modellierungskreislauf von Trump & Borowski (eingereicht) basiert auf den Modellen von Borromeo Ferri (2011) und Uhden (2012). Der in Abbildung 1 dargestellte Kreislauf umfasst sechs Zustände in drei verschiedenen Wissenswelten: die problembereitstellende Welt (auch: Realität), die Welt des physikalischen Wissens und die Welt der notwendigen Mathematik.

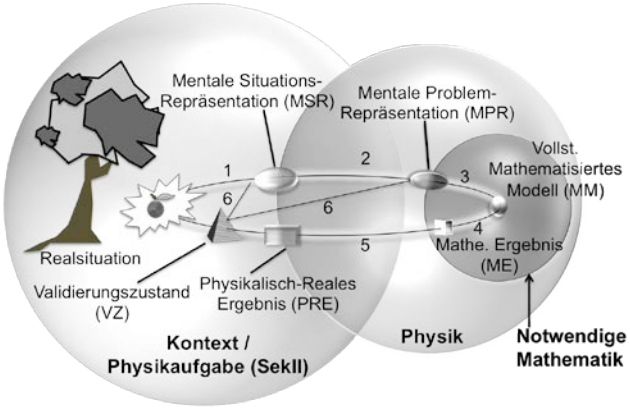


Abb. 1 Physikalischer Modellierungskreislauf zum mathematischen Modellieren: (1) Konstruieren / Verstehen • (2) Physik. Problem-Repräsentation / Strukturieren & Idealisieren • (3) Konzeptanpassung / Vollständiges (aktives) Mathematisieren • (4) Mathematisch Arbeiten • (5) Physikalisieren / mit physikalischer Bedeutung beladen bzw. Realisieren • (6) Validieren (Kontrolle / Prüfen) (Trump & Borowski, eingereicht)

Der erste Schritt in diesem Modell erfolgt durch das Erstellen der individuellen *Mentalen Situations-Repräsention* (MSR). Die gegebene Situation wird in Bezug auf ihre situativen Gegebenheiten und ihren Ablauf nachvollzogen und auf Basis des Wissens des Individuums verstanden. Im zweiten Schritt wird eine *Mentale Problem-Repräsentation* (MPR) aufgebaut, indem die Situation mit physikalischem Wissen beladen wird. Im dritten Schritt wird aktiv mathematisiert - ein *Vollständiges Mathematisiertes Modell* (MM) wird erstellt.

Der vierte Schritt ist das mathematische Arbeiten. Hier werden *Mathematische Ergebnisse* (ME) erstellt. Bei dem Erstellen des *Physikalischen bzw. Realen Ergebnisses* (PRE), werden die mathematischen Darstellungen in Bezug auf die MSR bzw. MPR interpretiert, wodurch ein Bezug auf die *Reale Welt* entsteht. Falls eine *Validierung* (VZ) stattfindet, werden die Ergebnisse kontrolliert und gewertet.
Der Modellierungskreislauf wurde bereits an erfolgreichen Lösungen einer Expertengruppe (Trump, 2015) sowie einer Schülergruppe (Nowak et al., 2016) validiert. Nachgewiesen wurde, dass beide Probandengruppen ein strukturiertes Vorgehen zeigen.
Nach Chi et al. (1981) haben Experten ein strukturierteres Vorgehen als Novizen. Zudem erstellen sie zuerst eine qualitativ-konzeptuelle mentale Repräsentation bevor sie eine quantitativ-numerische Lösung generieren. Novizen hingegen haben ein eher unsystematisches Vorgehen, ihre Repräsentation der Probleme ist meist nur quantitativ-numerisch (Larkin et al., 1980; Spada et al., 2000). Hieraus ergibt sich die Frage, ob nicht-erfolgreiche SuS anders vorgehen, als erfolgreiche SuS? Bleibt der Erfolg aus, weil sie nicht strukturiert vorgehen oder fehlt etwas anderes?

Forschungsfrage
Die Forschungsfrage dieser Studie beschäftigt sich damit, inwieweit sich das Vorgehen nicht-erfolgreicher SuS von dem der erfolgreichen SuS unterscheidet.
Hypothese
Die Erwartung ist, dass nicht-erfolgreiche Schüler und Schülerinnen weniger strukturiert vorgehen. Ein strukturiertes Vorgehen bedeutet in Bezug auf den Modellierungskreislauf, dass der Anteil der benachbarten Zustandswechsel hoch ist. Erwartet wird somit, dass bei den erfolgreichen SuS die relative Anzahl der benachbarten Zustandswechsel signifikant höher als bei den nicht-erfolgreichen SuS ist.

Design
SuS (N=12) einer Schule aus den Leistungskursen Physik wurden gebeten, eine Aufgabe mit einer mathematisch-physikalischen Fragestellung zu lösen. Davon waren sechs Probanden imstande, die Aufgabe erfolgreich zu lösen. Das Vorgehen dieser erfolgreichen Probanden ist in der Studie von Nowak et al. (2016) analysiert worden. Das Vorgehen sechs nicht-erfolgreicher Probanden wurde in der vorliegenden Studie analysiert; beide Ergebnisse wurden miteinander verglichen.
Jede Sitzung hatte einen standardisierten Ablauf. Die Probanden wurden gebeten, ihre Gedanken laut auszusprechen (Think-Aloud Methode), wobei eine Unterbrechung der Testleiterin vermieden wurde. Die Dokumentation der Sitzungen erfolgte über einen Smartpen und eine Kamera. Die Daten wurden regelgeleitet und systematisch transkribiert und mit einem von Trump (2015) entwickelten Analysemanual kodiert. Die Inter-Rater-Übereinstimmung wurde für drei unterschiedliche Rater bestimmt. Diese lagen im Bereich zwischen $\kappa = [0.72; 0.83]$.

Ergebnisse
Bei erfolgreichen SuS treten benachbarte Zustandswechsel nach einem zweiseitigen t-Test nicht signifikant häufiger auf ($t(10)=0.35$, $p=0.73$) als bei nicht-erfolgreichen SuS. Die beiden Gruppen folgen also beide in gleichem Maße dem Kreislauf. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass nicht-erfolgreiche SuS den gleichen Lösungsprozessen folgen, wie erfolgreiche SuS. In der Weise, wie SuS den Modellkreislauf durchlaufen, können wir also keine Unterschiede zwischen erfolgreichen und nicht-erfolgreichen Lösungsprozessen sehen. Signifikante Unterschiede gibt es allerdings in der Anzahl der Schritte und der benötigten Zeit. Erfolgreiche SuS brauchen nach zweiseitigen t-Tests signifikant weniger Schritte ($t(10)=3.20$, $p<0.01$, $d=1.81$) und signifikant weniger Zeit ($t(11)=3.70$, $p<0.01$, $d=2.07$) als

nicht-erfolgreiche SuS. Die Vermutung ist jedoch, dass dieser Unterschied von der Aufgabe abhängig ist. Bei der hier verwendeten Aufgabe führte der meist gefolgte falsche Lösungsweg zu einem Prozess, der viel mehr Zeit und mehr Schritte benötigte. Bei Verwendung einer Aufgabe, bei welcher die falsche Lösung zu einem weniger komplexen Weg führt, würde wahrscheinlich ein Modelldurchlauf stattfinden, der weniger Zeit und Schritte benötigt.

Diskussion

Zur Einschränkung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Stichprobe klein ist und Daten nur an einer Schule erhoben wurden. Diese Schule ist besonders naturwissenschaftlich geprägt, was zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen kann. Ein erster Hinweis hierfür ist, dass fast alle Probanden mindestens eine Einheitenprobe durchgeführt haben.

Ausblick

Das Vorgehen erfolgreicher und nicht-erfolgreicher SuS ist weiter zu analysieren. Ein erster Eindruck zeigt, dass manche nicht-erfolgreiche SuS die „Recursive Plug-and-Chug"-Strategie (Tuminaro et al., 2007) verwenden. Diese Strategie ist insbesondere für komplexere, mathematisierende Aufgaben nicht geeignet. Die SuS versuchen dabei eine Formel zu verwenden, ohne die Formel oder die Situation wirklich zu verstehen. Die meisten Fehler würden dann wahrscheinlich in der MPR-Situation gemacht werden. Weitere Analysen sollten zeigen, ob das wirklich der Fall ist.

Literatur

Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., ... Weiß, M. (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Zusammenfassung zentraler Befunde. Berlin: Max-Planck- Institut für Bildungsforschung. Zuletzt eingesehen am 25.05.2015 unter https://www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/ergebnisse.pdf

Borromeo Ferri, Rita (2011). Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens. Kognitive Analysen von Modellierungsprozessen im Mathematikunterricht. Wiesbaden: Vieweg

Chi, M. T. H., Feltovich, P., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. Cognitive Science 5, S. 121-152. Eingesehen am 05.10.2015 unter http://cognitrn.psych.indiana.edu/rgoldsto/cogsci/Chi.pdf

[KMK] Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder der Budensrepublik Deutschland (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand. Zuletzt eingesehen am 25.05.2015 unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf

Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. Science 208, S. 1335–1342

Nowak, A., Trump, S., Borowski, A. (in Vorbereitung, vor. 2016). Mathematisches Modellieren im Physikunterricht der Sek II. In diesem Buch. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015

Spada, H., & Lay, K. (2000). Erwerb und Anwendung domänenspezifischen Wissens: Eine psychologische Perspektive. In: D. Reinders u. Ch. von Rhöneck (Hrsg.). Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung. Kiel: IPN, S. 17-34

Trump, S. (2015). Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II?! Eine systematische Analyse zur notwendigen Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II sowie eine Benennung notwendiger mathematischer Fähigkeiten für einen flexiblen Umgang mit Mathematik beim Lösen physikalisch-mathematischer Probleme im Rahmen der Schul- und Hochschulbildung (Dissertation). Mathematische Naturwissenschaftliche Fakultät. Universität Potsdam

Trump, S. & Borowski, A. (eingereicht). Mathematisches Modellieren in der Physik – Ein Modell zur Beschreibung notwendiger Fertigkeiten im Umgang mit Mathematik in der Physik

Tuminaro, J. & Redish, E. (2007). Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic games. Physical Review Special Topics – Physics Education Research 3, 020101

Uhden, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht: Theorieentwicklung und Problemanalyse. Berlin: Logos, S. 28-74

Anna Nowak
Stephanie Trump
Andreas Borowski

Universität Potsdam

Mathematisches Modellieren im Physikunterricht der Sekundarstufe II

In der Schule stellt Modellierfähigkeit einen wichtigen Aspekt physikalischer Kompetenz dar (KMK, 2005). Allerdings haben deutsche Schülerinnen und Schüler große Probleme im Umgang mit Modellierungsaufgaben (Artelt et al., 2001). Der Modellierungskreislauf von Trump & Borowski (eing.) bildet modellierende Löseprozesse von mathematisch-physikalischen Problemstellungen ab. Nach der Validierung an einer Expertengruppe (Trump, 2015) wurde in dieser Studie die Eignung des Modells für die Schule anhand der erfolgreichen Lösungsprozesse von Schülerinnen und Schülern untersucht.

Theorie

Der mathematisch-physikalische Modellierungskreislauf besteht aus drei Wissenswelten: *Kontext/Physikaufgabe*, *Physik* und *Notwendige Mathematik*, die sich teilweise überlappen (siehe Abb. 1).

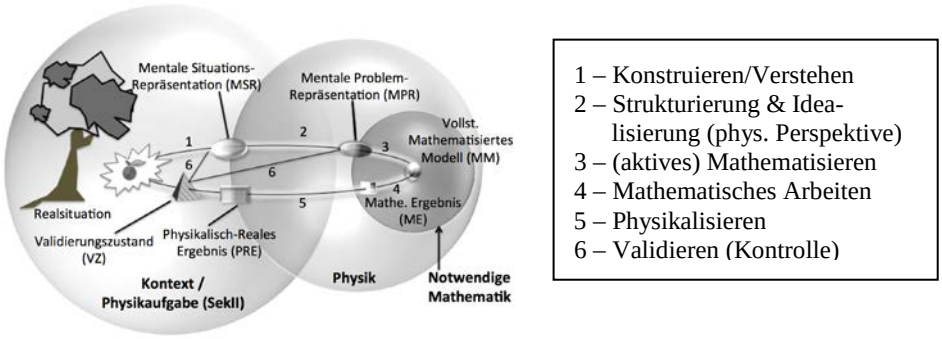


Abb. 1 Physikalische-mathematischer Modellierungskreislauf (Trump & Borowski, eing.)

Der Kreislauf beginnt mit der Erstellung des Zustandes *Mentale Situations-Repräsentation (MSR).* Dafür muss die gegebene Situation der Problemstellung verstanden werden. In der anschließenden Situationsanalyse wird die *MSR* vereinfacht und strukturiert, mit physikalischem Wissen beladen und somit die *Mentale Problem-Repräsentation (MPR)* erstellt, was wiederum einen Zugang zum *Vollständig Mathematisierten Modell (MM)* ermöglicht. Entsprechend der situativen Umstände wird das Wissen in Form von Darstellungen, Funktionen und Begriffen angepasst und akzeptiert, sodass das Problem nun auf rein mathematischer Ebene dargestellt wird. Durch mathematisches Arbeiten – vor allem durch technische Anwendungen, wie Umformungen und Berechnungen – kann das zuvor mathematisierte physikalische Problem nun gelöst werden, woraufhin das *Mathematische Ergebnis (ME)* entsteht. Durch physikalisches Wissen und in Bezug auf die *MSR* oder auf die *MPR* wird das Ergebnis interpretiert und wird somit zum *Physikalisch-Realen Ergebnis (PRE)*. Aufgrund von Unsicherheiten oder aus Gründen der Selbstkontrolle kann es im *Validierungszustand (VZ)* zu einer kritischen Überprüfung und gegebenenfalls zur Korrektur vorheriger Zustände kommen (Trump & Borowski, eing.). Die wichtigsten Ergebnisse der Expertenstudie, bei der Physik-Doktorierende zwei Aufgaben lösten, waren (Trump, 2015):

- Alle sechs theoretisch postulierten Zustände waren rekonstruierbar.
- Vor- und Rückschritte waren üblich.

- Es traten signifikant häufiger benachbarte als nicht benachbarte Zustandswechsel auf, die zudem häufiger vorwärts gerichtet waren.

Es hat sich somit gezeigt, dass die kreislaufartige Darstellung des Modells von Trump (2015) Rechtfertigung findet und dass Experten beim Lösen von physikalisch-mathematischen Problemaufgaben insofern strukturiert vorgehen, als dass sie häufig vorwärts gerichtete und benachbarte Schritte ausführen.

Forschungsfragen

Damit ergeben sich zur Überprüfung der Übertragbarkeit des Kreislaufs auf die Anwendung in der Schule folgende Forschungsfragen:

FF 1: Sind die theoretisch postulierten Zustände des Modells in den Lösungen von erfolgreichen Schülerinnen und Schüler nachweisbar und unterscheidbar?

FF 2: Findet das strukturierte Vorgehen eine Abbildung in den erhobenen Lösungen erfolgreicher Schülerinnen und Schüler?

Im Vergleich zu den Experten ergibt sich die Forschungsfrage:

FF 3: Inwieweit unterscheidet sich das Vorgehen erfolgreicher Schülerinnen und Schüler von dem der Expertengruppe von Trump (2015)?

Design

Die Studie wurde in Anlehnung an die Expertenstudie von Trump (2015) konzipiert an welcher N=18 erfolgreiche Physik-Doktorierende teilnahmen. Es haben insgesamt 14 Schülerinnen und Schüler aus den Leistungskursen Physik eines mathematisch-naturwissenschaftlich orientierten Gymnasiums teilgenommen. 6 Schülerinnen und Schüler lösten dabei die ihnen gestellte Aufgabe erfolgreich, sodass sich für die Auswertung eine Probandenzahl von N=6 ergibt. Die zu lösende Abituraufgabe ist auf Sekundarstufen-II-Niveau inhaltlich relevant und insofern repräsentativ für die Modellierung physikalischer Problemstellungen, als dass alle theoretisch postulierten Modellierungsschritte vorkommen (siehe Abb. 1). Sie ist weder nur durch ein physikalisch-konzeptuelles Verständnis lösbar, noch durch bloßes Erinnern von Fakten, da eine Formel an die gegebene Situation angepasst werden muss, wobei der Schwerpunkt auf der Mathematisierung liegt. Mit dem Ziel, die kognitiven Prozesse und die generierten mentalen Modelle ohne störende Einwirkung von Außen sichtbar zu machen, wurde als Erhebungsmethode die Think-Aloud-Methode ausgewählt (van Someren, Barnard & Sandberg, 1994). Nach einer Übungsphase lösten die Probanden die Aufgabe und sprachen dabei ihre Gedanken während der Lösungserstellung laut aus. Zur Dokumentation wurden ein Smartpen und eine Videokamera verwendet. Zunächst wurden dann die durch den Smartpen aufgezeichneten Lösungsprozesse nach Regeln von van Someren et al. (1994) transkribiert. Danach wurden die Videos gesichtet, um die Handlungen den entsprechenden Aussagen hinzuzufügen und das Handgeschriebene wurde als Bild im Transkript ergänzt. Diese Transkripte wurden anschließend nach dem Kodiermanual von Trump (2015) kodiert, welches entsprechend der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) entwickelt und an der Expertengruppe validiert wurde. Dabei waren Handlungen Indikatoren für die theoretischen Zustände. 42% des Datenmaterials wurden von zwei Ratern doppelt kodiert (Cohens-Kappa κ=.83).

Ergebnisse

Insgesamt konnten mit dem Manual N=198 der theoretisch postulierten Zustände rekonstruiert und empirisch unterschieden werden. Ungefähr 15% der Textpassagen trugen nicht zum Löseprozess bei und ließen sich keinem der Zustände zuordnen. Der Zustand MM tritt mit 28% am häufigsten auf, gefolgt von den Zuständen ME mit 24%, MPR mit 19% und MSR mit 15%. Die Zustände PRE mit 8% und VZ mit 4% treten am seltensten auf. Somit können alle Zustände und die jeweils damit einhergehenden Handlungen des Kreislaufs als

in den individuellen Prozessen von erfolgreichen Schülerinnen und Schülern empirisch unterscheidbar und rekonstruierbar angesehen werden.

Bei allen erfolgreichen Schülerinnen und Schülern wurden häufiger benachbarte als nicht benachbarte Schritte rekonstruiert. Die mittlere relative Häufigkeit beträgt für benachbarte Schritte 76.33% (SD=5.75%) und 23.67% (SD=5.75%) für nicht benachbarte Schritte. Der zweiseitige parametrische t-Test für abhängige Stichproben ergibt einen statistisch signifikanten Unterschied mit großem Effekt zwischen Schritten benachbarter Zustände und nicht benachbarter Zustände ($t(5)=11.22$; $p<0.01$; $d_z=4.58$). Weiterhin lässt sich feststellen, dass bei den Schritten benachbarter Art die vorwärts gerichteten signifikant häufiger auftreten als die rückwärts gerichteten. Auch hier ist die Effektstärke hoch ($t(5)=6.98$; $p<0.01$; $d_z=3.12$). Unter der Annahme, dass unter Strukturiertheit der theoretisch postulierte Problemlöseprozess verstanden wird, kann auf Basis der erhobenen Daten von erfolgreichen Schülerinnen und Schülern im Mittel ein strukturiertes Vorgehen erkannt werden.

Zum Vergleich der absoluten, probandenbezogenen Zustandsanzahl wurde der zweiseitige Mann-Whitney-U-Test herangezogen, da die Zustandsanzahl der erfolgreichen Schülerinnen und Schüler zwar normalverteilt ist ($x_{arithm}=32$), die der Expertengruppe aber nicht ($x_{arithm}=26$; $x_{med}=21$). Er ergab keinen signifikanten Unterschied ($\alpha=5\%$; $U_{krit}=24$; $\min(U)=32$). Für den Vergleich der mittleren relativen Zustandshäufigkeiten, die sich durch die probandenweise Normierung der Zustandshäufigkeit eines Zustands ergeben haben, wurde aufgrund der Datenverteilung der Welch-Test durchgeführt. Er ergibt für keinen der sechs Zustände einen signifikanten Unterschied. Zum Vergleich der relativen Häufigkeit der einzelnen Schritttypen[1] (bei einer 5%-Hürde) konnte durch den zweiseitigen Mann-Whitney-U-Test bei allen acht Schritten kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen festgestellt werden. Insgesamt ist folglich feststellbar, dass die *erfolgreichen* Schülerinnen und Schüler ähnlich strukturiert vorgingen, wie die Experten.

Es hat sich gezeigt, dass durch den physikalisch-mathematischen Modellierungskreislauf auch Schülerlöseprozesse rekonstruierbar sind. Er erscheint somit als geeignet für die Anwendung in der Schule beispielsweise als Diagnoseinstrument für Schwierigkeiten oder zur Aufgabenentwicklung, wobei in diesem Bereich weitere Untersuchungen notwendig und geplant sind. Zu bedenken ist natürlich, dass die Stichprobe der erfolgreichen Schülerinnen und Schüler mit N=6 sehr klein ist, was Einbußen bei der Verallgemeinerbarkeit zur Folge hat. Eine größere Stichprobe, Untersuchungen an verschiedenen Schulen und das Entwickeln und Testen weiterer Aufgaben kann gesichertere Ergebnisse hervorbringen und gleichzeitig die Grundlage bieten, mögliche Schwierigkeiten genauer zu untersuchen.

Literatur

Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., ... Weiß, M. (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Zusammenfassung zentraler Befunde. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung

[KMK] Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2005) Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz

Trump, S. (2015). Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II?! Eine systematische Analyse zur notwendigen Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II sowie eine Benennung notwendiger mathematischer Fähigkeiten für einen flexiblen Umgang mit Mathematik beim Lösen physikalisch-mathematischer Probleme im Rahmen der Schul- und Hochschulbildung (Dissertation). Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät. Universität Potsdam

Trump, S. & Borowski, A. (eing.). Mathematisches Modellieren in der Physik – Ein Modell zur Beschreibung notwendiger Fertigkeiten im Umgang mit Mathematik in der Physik

van Someren, M. W., Barnard, Y. F. & Sandberg, J. A. C. (1994). The Think Aloud Method. A practical guide to modelling cognitive processes. London: Academic Press

[1] Schritte, die häufiger als 5% auftreten, sortiert nach Rangfolge der Schülerinnen und Schüler: MM→ME, ME→MM, MPR→MM, MM→MPR, MSR→MPR, ME→PRE, MPR→MSR, MSR→MM

Sebastian Habig Universität Duisburg-Essen
Helena van Vorst
Elke Sumfleth

Optimierung des Kontexteinsatzes im Chemieunterricht

Ausgangslage

Nach wie vor sieht sich der naturwissenschaftliche Unterricht im Allgemeinen und der Chemieunterricht im Speziellen mit dem Problem abnehmenden Interesses seitens der Schülerinnen und Schüler konfrontiert (Potvin & Hasni, 2014). Oftmals wird mangelnde wahrgenommene Relevanz von naturwissenschaftlichen Unterrichtsinhalten als Grund für dieses Problem genannt. Schülerinnen und Schüler können keine Verbindung zwischen ihrem alltäglichen Leben und den im Unterricht vermittelten Inhalten herstellen (Barmby, 2008).

Um diesen Problemen zu begegnen, hat sich die Verwendung lebensweltlicher Kontexte im naturwissenschaftlichen Unterricht in den letzten Jahren etabliert. Es stellt sich jedoch die Frage, welche Merkmale einen geeigneten Kontext ausmachen und unter welchen Umständen der Kontexteinsatz im Unterricht zu den gewünschten Erfolgen hinsichtlich der Steigerung des Schülerinteresses und ihrer Leistung führt.

Theoretischer Hintergrund

Nach Gilbert (2006) bildet ein Kontext einen situativen Zusammenhang, der einen Bezug zur Lebenswelt von Schülerinnen und Schülern darstellt. Innerhalb dieses Rahmens können Problemstellungen generiert werden, die mit Hilfe von Fachwissen gelöst werden können. Kontextbasierte Lernumgebungen sollen so die Relevanz des Gelernten verdeutlichen und das Interesse von Schülerinnen und Schülern am naturwissenschaftlichen Unterricht fördern (Bennett & Holman, 2003). Darüber hinaus wird angenommen, dass durch den Einsatz variierter Kontexte ein Wissenstransfer auf andere Kontexte erleichtert wird (Nentwig, et al., 2005). Bezogen auf affektive Variablen zeigt die bisherige Forschung durchaus förderliche Effekte des kontextbasierten Lernens. Werden jedoch kognitive Faktoren des Lernens in den Blick genommen, ist die Forschungslage eher ambivalent (Benneth, Lubben & Hogarth, 2007; Ültay & Çalik, 2012).

Um Kontexte systematisch zu beschreiben, schlagen van Vorst et al. (2014) ein Modell zur Operationalisierung von Kontextmerkmalen vor, das es erlaubt, einzelne Kontextmerkmale zu identifizieren und hinsichtlich ihrer Effekte auf affektive und kognitive Faktoren des Lernens zu überprüfen. So konnte gezeigt werden, dass *besondere* Kontexte ein höheres situationales Interesse bei Lernenden erzeugen als *alltägliche* Kontexte (van Vorst, 2013).

Des Weiteren scheint es eine Beziehung zwischen Kontext und zugrundliegendem Fachinhalt zu geben. Kölbach (2011) hat nachgewiesen, dass positive Kontexteffekte insbesondere dann hoch ausfallen, wenn ein für Schülerinnen und Schüler wenig interessanter Fachinhalt erlernt werden soll.

Neben Effekten auf das Interesse und die Motivation von Schülerinnen und Schülern ist zu beachten, dass Kontexte häufig in problemorientierten Lernumgebungen eingesetzt werden. Durch zusätzliche Informationen, die mit einer kontextuellen Einbettung einhergehen, erhöhen sich jedoch die kognitiven Anforderungen an die Lernenden (Harbach, 2013).

Fragestellung

Im Rahmen dieses Projekts wird die Fragestellung verfolgt, welchen Einfluss die Variablen Kontextmerkmal *(Alltäglichkeit/Besonderheit)*, Fachinhalt *(Säure-Base/RedOx)* und Problemorientierung *(Problemorientierung/keine Problemorientierung)* auf das situationale

Interesse, die Lernleistung und die kognitive Belastung von Schülerinnen und Schülern beim Lernen mit kontextbasierten Aufgaben haben.

Studiendesign

Durch die systematische Variation der o. g. unabhängigen Variablen ergibt sich ein 2x2x2 Aufgabendesign (Abb.1). Zu jeder Zelle des Designs werden drei ca. 45-minütige experimentunterstützte Lerneinheiten entwickelt. Der Lernzuwachs wird im Rahmen einer Prä-, Post-, Follow-up- Studie erhoben, wohingegen das situationale Interesse und die kognitive Belastung direkt im Anschluss an die Bearbeitung jeder Aufgabe gemessen werden.

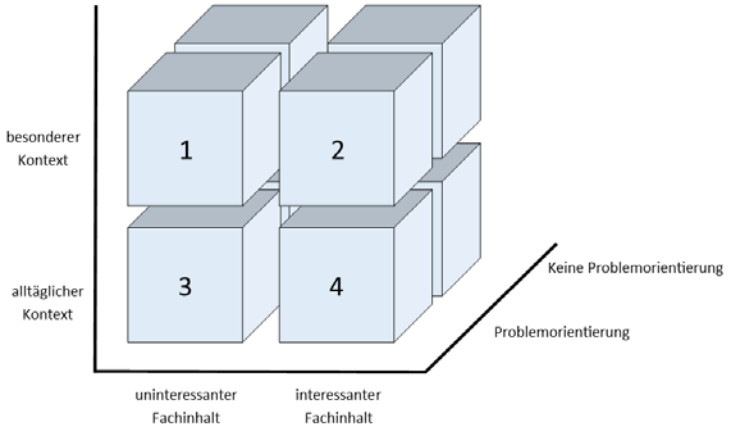


Abb. 1: Aufgabendesign

Um merkmalsgetreue Aufgaben konstruieren zu können und erste Interessensdaten zu erhalten, wurde eine Vorstudie durchgeführt. Schülerinnen und Schüler (N = 435) der neunten Jahrgangsstufe an Gymnasien bekamen kontextbasierte Einführungstexte zu den Fachinhalten *Säure/Base* und *RedOx* vorgelegt, die sie hinsichtlich der Ausprägungen *Alltäglichkeit* bzw. *Besonderheit* bewerten sollten. Des Weiteren wurde ein Fragebogen zum situationalen Interesse (wert- und emotionsbezogen) (van Vorst, 2013) eingesetzt.

Ausgewählte Ergebnisse der Vorstudie

Die Analyse der erhobenen Daten zeigt, dass besondere Kontexte (M = 2.34, SD = 0.64) zu höherer emotionaler Valenz führen als alltägliche Kontexte (M = 2.28, SD = 0.64). Ein t-Test für verbundene Stichproben weist diesen Unterschied als signifikant aus ($t(432) = -3.29$, $p = .001$, $d = 0.1$) (Abb. 2). Demnach haben die Schülerinnen und Schüler mehr Freude und Vergnügen, wenn sie sich mit besonderen Kontexten beschäftigen. Wird jedoch die wertbezogene Valenz des situationalen Interesses in den Blick genommen, zeigt sich ein anderes Bild. Die Lernenden sprechen alltäglichen Kontexten (M = 2.16, SD = 0.65) eine höhere persönliche Wertschätzung zu als besonderen Kontexten (M = 2.06, SD = 0.64). Auch hier erweist sich der Unterschied der Mittelwerte als signifikant ($t(432) = 5.49$, $p < .001$, $d = 0.16$) (Abb.3).

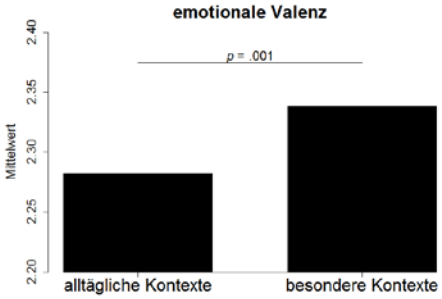


Abb. 2: Ergebnisse zur emotionalen Valenz

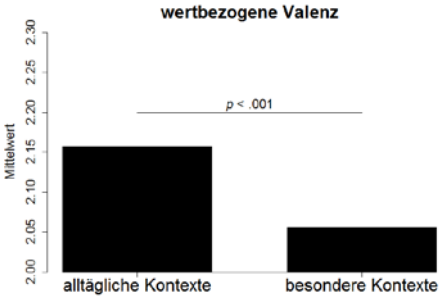


Abb. 3: Ergebnisse zur wertbezogenen Valenz

Diskussion und Ausblick

Im Allgemeinen legen die Ergebnisse der vorgestellten Studie nahe, dass für besondere Kontexte zwar eine höhere emotionale Valenz gefunden werden kann, dass die wertbezogene Valenz jedoch für alltägliche Kontexte signifikant höher ausfällt als für besondere Kontexte. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass besondere Kontexte zwar geeignet sind, Lernende zu motivieren und kognitiv zu aktivieren, dass aber alltägliche Kontexte aufgrund der höheren Anwendbarkeit in der eigenen Lebenswelt zu einer höheren persönlichen Bedeutsamkeit führen. Zudem ist davon auszugehen, dass auch der chemische Inhaltsbereich an sich eine Rolle spielt.

Literatur

Barmby, P., Kind, P. M., & Jones, K. (2008). Examining Changing Attitudes in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075–1093.

Bennett, J., & Holman, J. (2003). Context-Based Approaches to the Teaching of Chemistry: What are They and What Are Their Effects? In J. K. Gilbert, O. Jong, R. Justi, D. F. Treagust, & J. H. Driel (Eds.), *Science & Technology Education Library. Chemical Education: Towards Research-based Practice*, 165–184. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

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.

Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976.

Harbach, A. (2013). Problemorientierung und Vernetzung in kontexbasierten Lernaufgaben. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 159. Berlin: Logos Berlin.

Kölbach, E. (2011). Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 123. Berlin: Logos.

Nentwig, P., Parchmann, I., Demuth, R., Gräsel, C. & Ralle, B. (2005). Chemie im Kontext – From situated learning in relevant contexts to a systematic development of basic chemical concepts. In P. Nentwig & D. Waddington (Hrsg.), *Making it relevant. Context based learning in science* (S. 155-173). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129.

Ültay, N., & Çalık, M. (2012). A Thematic Review of Studies into the Effectiveness of Context-Based Chemistry Curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 686–701.

van Vorst, H. (2013). Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 145. Berlin: Logos.

van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H., & Sumfleth, E. (2014). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.

Nicole Kohnen IPN Kiel
Hendrik Härtig
Sascha Bernholt
Jan Retelsdorf

Naturwissenschaftsbezogenes Textverständnis als Interaktion von Personen- und Textmerkmalen

Hintergrund und Ziele des Projekts

Auch für den Bildungserfolg in den Naturwissenschaften ist es wesentlich, Texte angemessen verstehen zu können (Norris & Phillips, 2003). Im Allgemeinen geht man dabei davon aus, dass Texte nicht per se eine bestimmte Bedeutung haben. Lesen ist demnach keine reine Informationsentnahme aus einem Text. Vielmehr haben die Lesenden individuelle Zugangsvoraussetzungen wie z.B. ein gewisses Vorwissen oder eine gewisse Erwartung an den Text, auf deren Basis der Verstehensprozess stattfindet. Dieser führt zu einer individuellen Repräsentation des Textes auf drei verschiedenen Ebenen. Die grundlegende Ebene ist dabei die wörtliche Repräsentation, die kein angemessenes inhaltliches Verständnis voraussetzt. Die propositionale Repräsentation umfasst dagegen die Bedeutungen der Aussagen. Und schließlich stellt das Situationsmodell, in dem Informationen aus dem Text mit bereits vorhandenen Wissensstrukturen verknüpft werden, die höchste Ebene dar (Kintsch & van Dijk, 1983). Da der Verstehensprozess also sowohl von den einzelnen Lesenden abhängt, als auch vom Text angeleitet wird, nimmt man für die Rezeption eines Textes zwei parallele Prozesse an: den vom Text gesteuerten Konstruktionsprozess und den von den Lesenden gesteuerten, aktiven Integrationsprozess. Das Textverständnis ergibt sich somit auf allen Ebenen immer aus einem Zusammenspiel von Personenmerkmalen und Textmerkmalen (Schnotz, 2006; Kintsch, 1988).

Im Rahmen dieses Projekts wird das naturwissenschaftsbezogene Textverständnis von Schüler/innen erstmals systematisch als eine Interaktion von Personen- und Textmerkmalen untersucht. An Personenmerkmalen werden das inhaltsbezogene, domänenspezifische Vorwissen, der allgemeine rezeptive Wortschatz, die basale Lesekompetenz, das allgemeine Textverständnis narrativer Texte, das allgemeine Lesestrategiewissen und das schlussfolgernde Denken erhoben. Auf der Textseite wird die Kohäsion variiert (d.h. je nach Kohäsionsgrad werden auf der Textoberfläche mehr oder weniger sprachliche Verknüpfungsmittel zwischen den einzelnen Sätzen bzw. Absätzen eingesetzt), da ein Einfluss der Kohäsion auf das Textverständnis belegt ist (Schmitz & Gräsel, angenommen; Ozuru, Dempsey & McNamara, 2009; McNamara & Kintsch, 1996).

Forschungsfragen des Projekts

Vor diesem theoretischen Hintergrund ergeben sich folgende drei Forschungsfragen:

1. Inwiefern beeinflussen die Domäne (Physik / Chemie) sowie die sprachliche Gestaltung (Leichte Sprache / lokal und global kohäsiv / lokal und global inkohäsiv) das Textverständnis naturwissenschaftlicher expositorischer Texte für die Sekundarstufe 1?
2. Welchen Effekt haben die personenbezogenen Variablen (Vorwissen, Wortschatz, allgemeine Lesekompetenz, Lesestrategien, schlussfolgerndes Denken) auf das Textverständnis?
3. Welche Interaktionseffekte stellen sich zwischen den Personen- und den Textmerkmalen mit Blick auf das Textverständnis naturwissenschaftlicher Texte dar?

Methode der Studie 1 (Pilotierung)

Antworten auf diese Fragen sollen im Rahmen eines randomisierten Experiments mit den drei genannten Textversionen (Leichte Sprache, lokal und global kohäsiv, lokal und global inkohäsiv) als Bedingungen gefunden werden. In der Pilotierungsstudie werden zu zwei Themen (Atomaufbau und Arbeit) jeweils drei Textvarianten eingesetzt. Innerhalb eines Themenbereiches unterscheiden sich die Texte voneinander zwar in sprachlicher, nicht aber in inhaltlicher Hinsicht. Die erste Version ist in leichter Sprache (nach Maaß, 2015) verfasst und damit lokal und global hochkohäsiv. Im Vergleich zur ersten Version sind die Syntax und die Morphologie der zweiten Version komplexer, außerdem ist das Layout verändert. Auch diese Variante ist aber auf Grund der explizit gemachten semantischen Relationen, vieler Erklärungen und Schlussfolgerungen sowie der Einleitungssätze zu Beginn der Absätze lokal und global sehr kohäsiv. Diese Kohäsionsmittel sind in der dritten Version nicht vorhanden, in syntaktischer und morphologischer Hinsicht bestehen aber, verglichen mit der zweiten Version, keine Unterschiede in der Komplexität.

Version 1: Leichte Sprache (nach Maaß, 2015)

Rutherford hat überlegt:
Vielleicht sind Atome wirklich so aufgebaut wie ein Rosinenkuchen.
Dann können die positiv geladenen Teilchen **nicht** durch die Goldfolie durchkommen.
Sondern die positiv geladenen Teilchen prallen von der Goldfolie zurück.
Oder die positiv geladenen Teilchen bleiben in der Goldfolie stecken.
Aber Rutherford hat festgestellt:
Sehr viele positiv geladene Teilchen kommen durch die Goldfolie durch.
Also können Atome **nicht** feste Teilchen sein.
Das hat Rutherford **nicht** erwartet.
Rutherford hat daher überlegt:
Die Goldfolie besteht aus Goldatomen.
Und in der Goldfolie muss viel Platz sein.
Also muss in den einzelnen Goldatomen viel Platz sein.
Daher kommen die meisten positiv geladenen Teilchen durch die Goldfolie durch.

Version 2: lokal und global kohäsiv

Er überlegte, dass diese positiv geladenen Teilchen nicht durch die Goldfolie durchkommen können, wenn die Goldatome so aufgebaut sind wie ein Rosinenkuchen. In dem Fall würden die positiv geladenen Teilchen entweder von der Goldfolie zurückprallen oder in der Goldfolie stecken bleiben.
Überrascht stellte Rutherford dann aber fest, dass sehr viele positiv geladene Teilchen durch die Goldfolie durchkommen. Atome können also keine festen Teilchen sein. Daher überlegte Rutherford, dass in der Goldfolie viel Platz sein muss. Und da die Goldfolie aus Goldatomen besteht, muss auch in den einzelnen Goldatomen viel Platz sein.

Version 3: lokal und global inkohäsiv

Er ging davon aus, dass die positiv geladenen Teilchen nicht durch die Goldfolie durchkommen können. Sie müssten entweder von der Goldfolie zurückprallen oder in der Goldfolie stecken bleiben.
Rutherford stellte fest, dass sehr viele positiv geladene Teilchen durch die Goldfolie durchkommen. Rutherford überlegte, dass Atome keine festen Teilchen sein können und dass in den Goldatomen viel Platz sein muss.

Zusätzlich zu den genannten Personenmerkmalen werden personenbezogene Kontrollvariablen (Sprache im Elternhaus, sozio-ökonomischer Hintergrund, Alter, Geschlecht, Deutsch- und Physiknote, generelles Fachinteresse, Selbstkonzept Physik, habituelle Lesemotivation, Grit und nach dem Lesen situatives Interesse und Einschätzung der eigenen Leistung) und lesbarkeitsbezogene Maße (Lesbarkeitsindizes und Lesedauer) erhoben. Der Verständnistest besteht aus zwölf Items, die das Textverständnis auf den drei Ebenen der Textrepräsentation (wörtlich, propositional, Situationsmodell) prüfen.
Befragt werden ca. 450 Neuntklässler/innen von Gemeinschaftsschulen in Schleswig-Holstein. Jede/r Schüler/in liest dabei einen Text zum Atomaufbau und einen zur Arbeit, wobei jeweils beide Texte in leichter Sprache verfasst, kohäsiv oder inkohäsiv sind.

Erwartete Ergebnisse der Studie 1 und Ausblick

Erwartet wird der Expertise Reversal Effect (McNamara & Kintsch, 1996; McNamara, Kintsch, Songer & Kintsch, 1996), der besagt, dass Lesende mit wenig Vorwissen stärker von einer hohen Kohäsion, Lesende mit viel Vorwissen dagegen stärker von einer geringen Kohäsion profitieren. Vermutlich wird dieser Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Kohäsion aber durch die Lesekompetenz beeinflusst. So kann eine hohe Kohäsion auch für Lesende mit viel Vorwissen vorteilhaft sein, wenn diese über eine hohe Lesekompetenz verfügen (O'Reilly & McNamara, 2007). Und ebenso sollten Lesende mit wenig Vorwissen mit Hilfe eines kohäsiven Textes v.a. dann eine angemessene Textrepräsentation erlangen können, wenn sie im Allgemeinen gut lesen können (Ozuru, Dempsey & McNamara, 2009). Ferner gehen wir davon aus, dass Lesende mit wenig Vorwissen den Nachteil beim Lesen inkohäsiver Texte durch hohe allgemeine Lesefähigkeiten und schlussfolgerndes Denken kompensieren können. Schließlich erwarten wir, dass der Wortschatz, das Vorwissen und das schlussfolgernde Denken das Textverständnis am stärksten beeinflussen (v.a. bei kohäsiven Texten).
Im Sommer 2016 sollen die im Herbst 2015 pilotierten Instrumente eingesetzt werden. Für den Sommer 2017 ist eine Replikationsstudie für die Fächer Physik und Chemie geplant. Die Ergebnisse des Projekts können zu einer angemesseneren Gestaltung von Texten für den Physik- und Chemieunterricht beitragen.

Literatur

Kintsch, W. (1988). The Role of Knowledge in Discourse Comprehension. A Construction-Integration Model. Psychological Review, 95, 163-182

Maaß, C. (2015). Leichte Sprache. Das Regelbuch. Berlin: LIT Verlag

McNamara, D. S. & Kintsch, W. (1996). Learning from texts: Effects of prior knowledge and text coherence. Discourse processes, 22(3), 247-288

McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. Cognition and instruction, 14(1), 1-43

Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2003). How Literacy in its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. Science Education, 87, 224-240

O'Reilly, T. & McNamara, D. S. (2007). The impact of science knowledge, reading skill, and reading strategy knowledge on more traditional "highstakes" measures of high school students' science achievement. American Educational Research Journal, 44, 161-196

Ozuru, Y., Dempsey, K., & McNamara, D. S. (2009). Prior knowledge, reading skill, and text cohesion in the comprehension of science texts. Learning and Instruction, 19, 228-242

Schmitz, A. & Gräsel, C. (angenommen). Bei welchen Lernenden fördert globale Textkohäsion das Verständnis von Sachtexten? Eine Studie zu Wechselwirkungen zwischen globaler Textkohäsion und kognitiven Verständnisvoraussetzungen. Unterrichtswissenschaft

Schnotz, W. (2006). Was geschieht im Kopf des Lesers? Mentale Konstruktionsprozesse beim Textverständnis aus der Sicht der Psychologie und der kognitiven Linguistik. In H. Blühdorn, E. Breindl & U. H. Waßner (Eds.), Text - Verstehen. Grammatik und darüber hinaus. Berlin: Walter de Gruyter, 222-238

Van Dijk, T. A. und Kintsch, W. (1983). Strategies of discourse comprehension. New York: Academic Press

Janet S. Blankenburg[1]
Karolina Broman[2]
Ilka Parchmann[1]

[1]IPN Kiel
[2]Universität Umeå

Interesse an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten – Das RIASEC+N Modell

Die Förderung von Interesse ist neben der Kompetenzentwicklung eines der wichtigsten Ziele naturwissenschaftlicher Bildung (OECD, 2008). Um das Erreichen dieser Ziele in verschiedenen Schulsystemen genauer zu untersuchen, wird im Rahmen des Projektes *Development of Learning in Science* (DoLiS) die Entwicklung in Deutschland und Schweden in Bezug auf kognitive, metakognitive und motivationale Merkmale mit einer Querschnitts- und einer Längsschnittserhebung verfolgt (Bernholt & Parchmann, 2015).

Theoretischer Hintergrund

Interesse hat als eines der wichtigsten affektiven Konstrukte Einfluss auf Leistung (Bybee & McCrae, 2011) und führt zu komplexeren Lernstrategien und erhöhter Aufmerksamkeit (Ainley, Hidi & Berndorff, 2002). Außerdem ist Interesse ein signifikanter Prädiktor für die Wahl von Oberstufenkursen, welche wiederum zur Wahl eines naturwissenschaftlichen Studiums führen können (Bøe & Henriksen, 2013; Maltese & Tai, 2011; Mujtaba & Reiss, 2013; Potvin & Hasni, 2014). Naturwissenschaftliches Interesse kann in die zwei Bereiche Fachinteresse und Sachinteresse gegliedert werden. Während das Fachinteresse – wie der Name vermuten lässt – das Interesse an einem bestimmten (Schul-) Fach beschreibt, umfasst das Sachinteresse spezifisches Interesse auf verschiedenen Ebenen (in Anlehnung an Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Häußler & Hoffmann, 2000, 2002):

- Interesse an einer Domäne (z. B. Chemie);
- Interesse an einem bestimmten Themengebiet in einer Domäne (z. B. Verbrennung);
- Interesse an einem bestimmten Kontext (z. B. Verbrennung in Alltagssituationen);
- Interesse an einer bestimmten Tätigkeit (z. B. das Brennen einer Kerze zu untersuchen).

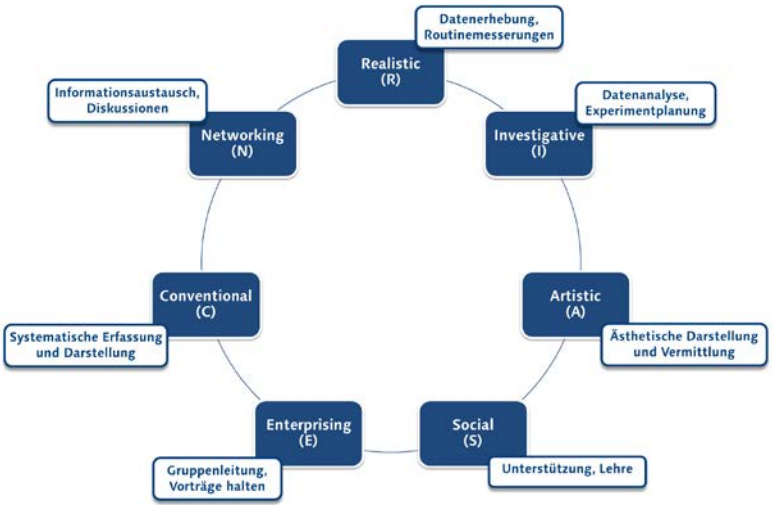


Abb. 1: Das RIASEC+N Modell zur Erfassung des Interesses an nat. Tätigkeiten

Ein Modell zur Charakterisierung des Interesses an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten wurde von Dierks, Höffler und Parchmann (2014) durch Adaption des ursprünglich für die Berufswahl konzipierten RIASEC-Modells (Holland, 1997) für die Naturwissenschaften (RIASEC+N) entwickelt (Abb. 1).
Das adaptierte Modell postuliert sieben Interessensdimensionen: *realistic* (praktisch, technisch versiert), *investigative* (analytisch, forschend), *artistic* (kreativ, künstlerisch), *social* (gesellig, hilfsbereit), *enterprising* (unternehmerisch, führend), *conventional* (konventionell, präzise) und *networking* (austauschend, vernetzend). Das Modell wurde bereits erfolgreich zur Erhebung des Interesses an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten verschiedener Schülergruppen eingesetzt (Dierks et al., 2014; Blankenburg, Höffler & Parchmann, 2015).

Zielsetzung und Forschungsfragen
Das Ziel dieser Studie ist die querschnittliche Charakterisierung des Interesses an naturwissenschaftlichen Aktivitäten im Chemieunterricht von Schülerinnen und Schülern vom 5. bis zum 12. Jahrgang. Dabei stellen sich die folgenden Forschungsfragen:
- Inwieweit ist das Modell geeignet, das Interesse an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten Lernender von der 5. bis zur 12. Klasse abzubilden?
- Welche naturwissenschaftlichen Tätigkeiten bewerten die befragten Schülerinnen und Schüler als am interessantesten?
- Welche Unterschiede ergeben sich in den Interessensausprägungen zwischen den Jahrgängen?
- Welche Unterschiede zeigen sich zwischen Mädchen und Jungen?

Methoden und Design
Die Fragebogenstudie wurde in Schleswig-Holstein an fünf Gymnasien während der Unterrichtszeit durchgeführt, wobei insgesamt 2722 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 5 bis 12 (52% weiblich) befragt wurden. Ein Beispielitem für die Dimension *realistic* lautete: „Experimente nach einer vorgegebenen Anleitung durchführen“. Die Befragten bewerteten ihr Interesse an den verschiedenen Tätigkeiten auf einer vierstufigen Likert-Skala (von „Das interessiert mich sehr“(4) bis „Das interessiert mich gar nicht“(1)).

Ergebnisse
Die eingesetzten Skalen zeigten in allen Jahrgängen akzeptable bis gute Reliabilitäten (Cronbachs Alpha .70 - .91).
Insgesamt betrachtet, nahm das Interesse an allen Dimensionen von der 5. bis zur 12. Klasse ab, wobei zunächst alle Oberstufenschülerinnen und -schüler unabhängig vom belegten Profil berücksichtigt wurden. Dieses Ergebnis spiegelt den von Hoffmann et al. (1998) für das Interesse an Physik untersuchten Verlauf wider. Als am interessantesten schätzen die Schülerinnen und Schüler Tätigkeiten der *realistic*, *investigative* und *networking* Dimensionen ein. Beim Vergleich von Mädchen und Jungen zeigten sich in fast allen Dimensionen signifikante Unterschiede (Ausnahme: *conventional*), zumeist zugunsten der Jungen. Mädchen waren lediglich in der *artistic* (künstlerisch/kreativ) Dimension interessierter als Jungen.

Zusammenfassung und Ausblick
Das RIASEC+N Modell hat sich als geeignet erwiesen, das Interesse an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten über das Spektrum aller Schuljahrgangsstufen zu erfassen. Auffällig ist das hohe Interesse der Schülerinnen und Schülern der 5. und 6. Klasse.
Zwischen Mädchen und Jungen zeigen sich in fast allen Dimensionen signifikante Unterschiede, wobei Mädchen lediglich an der *artistic* (künstlerisch/kreativ) Dimension ein

höheres Interesse als Jungen angaben. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit, durch zusätzliche Tätigkeiten dieser Dimension sowie eine stärkere Gewichtung der bereits durchgeführten künstlerischen und kreativen Aktivitäten (z. B. Zeichnungen von Zellstrukturen) den Naturwissenschaftsunterricht für Mädchen interessanter zu gestalten. Dabei muss die Bedeutung aller Dimensionen für das Lernen herausgestellt werden. In weiteren Analysen sollen Profile entlang der RIASEC+N Dimensionen untersucht sowie Vergleiche zwischen Subgruppen (Jahrgänge, verschiedene Profile, Hochleister und Minderleister, interessierte und nicht-interessierte Lernende etc.) vorgenommen werden.

Literatur

Ainley, M., Hidi, S., & Berndorff, D. (2002). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology, 94,* 545-561

Bernholt, A., & Parchmann, I. (2015). *Was lernen Schülerinnen und Schüler im Chemieunterricht der Sekundarstufe?* (IPN-Blätter 2/2015). Retrieved from http://www.ipn.uni-kiel.de/de/publikationen/ipn-blaetter/ipn-blaetter-2-2015/at_download/file

Blankenburg, J. S., Höffler, T. N., & Parchmann, I. (accepted). Fostering today what is needed tomorrow: Investigating students' interest in science. *Science Education*.

Bøe, M. V., & Henriksen, E. K. (2013). Love it or leave it: Norwegian students' motivations and expectations for postcompulsory physics. *Science Education, 97*(4), 550-573.

Bybee, R., & McCrae, B. (2011). Scientific literacy and student attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education, 33*(1), 7-26.

Dierks, P. O., Höffler, T. N., & Parchmann, I. (2014). Profiling interest of students in science: Learning in school and beyond. *Research in Science & Technological Education, 32*(2), 97-114.

Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik. IPN-Schriftenreihe: Vol. 158*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).

Häußler, P., & Hoffmann, L. (2000). A curricular frame for physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept. *Science Education*, 84(6), 689-705.

Häußler, P., & Hoffmann, L. (2002). An intervention to enhance girls' interest, self-concept, and achievement in physics classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 870-888.

Holland, J. L. (1997). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments* (3rd ed.). Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.

Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2011). Pipeline persistence: Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among U.S. students. *Science Education*, 95(5), 877-907.

Mujtaba, T., & Reiss, M. J. (2013). Inequality in experiences of physics education: Secondary school girls' and boys' perceptions of their physics education and intentions to continue with physics after the age of 16. *International Journal of Science Education, 35*(11), 1824-1845.

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2008). Encouraging Student Interest in Science and Technology Studies. OECD Publishing.

Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education, 50*(1), 85-129.

Luzie Semmler Universität Oldenburg
Verena Pietzner

Untersuchung von Auffassungen zur Kreativität mit Concept Maps

Einführung

Kreativität ist ein Begriff, für den es keine einheitliche Definition gibt. Was als kreativ bezeichnet wird, ist stark von der Gesellschaft, deren Entwicklung und dem Zeitgeist der jeweiligen Epoche abhängig. Kreativität ist in Deutschland ein vernachlässigter Forschungsbereich. Dennoch gewinnt er in der heutigen sich schnell entwickelnden Zeit an neuer Bedeutung, da die Industrie und Technologie immer mehr auf Innovationen angewiesen sind. Kreativität wird somit von Schulabgängern gefordert, dennoch ist sie kein fester Teil der Schulbildung. Sie findet ihren Platz vor allem in den künstlerischen, musischen und handwerklichen Fächern. In den MINT-Fächern scheint sie aber noch nicht im Unterricht etabliert zu sein und wird auch nicht in den Lehrplänen/Curricula beschrieben. Um sie in den Unterricht zu integrieren, ist es wichtig, die Auffassungen von Lehrkräften und Lehramtsstudierenden zur Kreativität zu erfassen und als Ausgangspunkt für Fort- und Weiterbildungen und Studienseminare zu nutzen. Zudem haben die Vorstellungen von Kreativität einen großen Einfluss auf die Unterrichtsgestaltung, sodass es sinnvoll ist, Lehrkräfte und Studierende damit zu konfrontieren und sie reflektieren zu lassen.

Was ist Kreativität?

Kreativität kann aus unterschiedlichen Perspektiven gesehen werden. Zusammengefasst werden diese in dem 4P-U-Modell nach Urban (2004). Demnach kann Kreativität an einer Person, einem Problem, einem Prozess und/oder einem Produkt festgemacht werden, die immer in Wechselbeziehung zu sozialen, gesellschaftlichen, kulturellen, politischen und historischen Faktoren der Umwelt stehen. Eine einheitliche Definition von Kreativität kann es somit nicht geben, sie muss immer vom Kontext abhängig gemacht werden. Für die Schule ist es wichtig, dass ein gemeinsames Verständnis von Kreativität geschaffen wird, auf dem Unterricht aufgebaut werden kann. Die englische Regierung hat sich dies zur Aufgabe gemacht und entwickelte in einem Komitee (National Advisory Committee on Creative and Cultural Education) eine Definition. Kreativität wird hier definiert als „imaginative activity fashioned so as to produce outcomes that are both original and of value“ (NACCCE, 1999). Diese Definition soll auch beinhalten, dass Kreativität alle menschlichen Tätigkeiten umfasst und dass jeder Mensch kreatives Potential in sich trägt, das entdeckt, entwickelt und gefördert werden kann. Das Komitee stellt außerdem Möglichkeiten vor, wie Kreativität im Unterricht umgesetzt werden kann. Dabei wird zwischen „teaching creatively“, „teaching for creativity“ und „teaching creativity“ unterschieden (NACCCE, 1999; Jeffrey/Craft, 2004).

Im Folgenden wird eine Studie vorgestellt, welche die Entwicklung eines Untersuchungsinstruments zur Erfassung von Einstellungen und Konzepten zur Kreativität von Chemie-Lehramtsstudierenden zum Ziel hat.

Eingesetzte Methoden

Concept Maps sind strukturierte, zweidimensionale Darstellungen von Wissensbeständen oder Vorstellungen zu einem Thema. Sie bestehen aus Begriffen bzw. Konzepten, zwischen denen durch entsprechende Verbindungswörter sinnvolle Relationen hergestellt werden. Wissen ist laut der aktuellen neurologischen Forschung in Form eines Netzwerks im Gedächtnis repräsentiert. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Struktur der

Darstellungen in Concept Maps mit der Struktur von Wissen im Gehirn korrespondiert (Graf, 2014). Die Testpersonen entwickeln nach einer Einführung zu Concept Maps zwei Maps; eine ohne und eine mit Vorgabe von Begriffen (s. Abbildung 1). Diese Vorgehensweise basiert auf dem Hintergrund, dass die Testpersonen nicht sofort durch die Vorgabe von Begriffen beeinflusst werden und frei ihre Gedanken äußern können. Dabei kann die Verwendung eines weiteren Begriffsspektrums erwartet werden. Die Vorgabe von Begriffen dient dazu, das Verständnis der Testpersonen in genau diesen Begrifflichkeiten herauszustellen (Fischler & Peuckert, 2000).

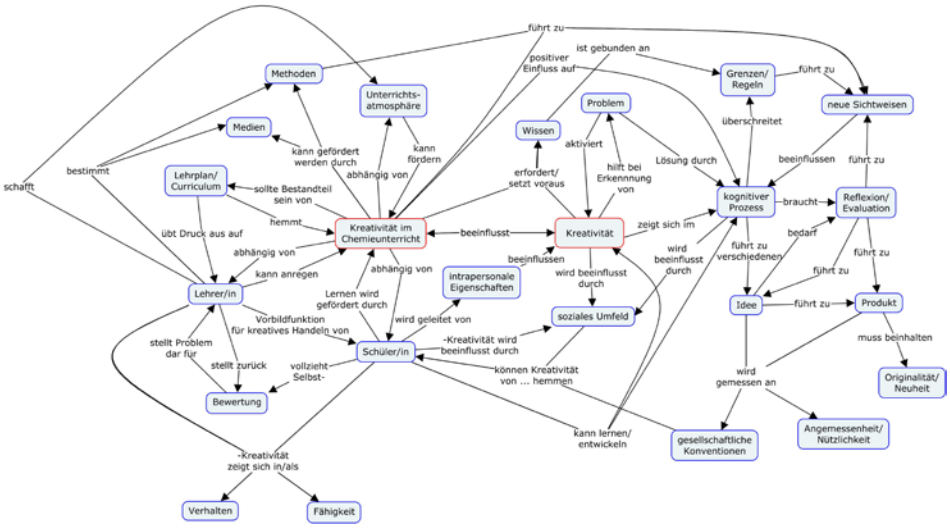


Abbildung 1: Literaturbasierte Concept Map zu den Begriffen "Kreativität" und "Kreativität im Chemieunterricht"

Der zusätzlich zur Conpect Map eingesetzte *Fragebogen* dient zur Unterstützung der Concept Maps und zur Erhebung personenbezogener Daten. Die Fragen orientieren sich an einem Fragebogen aus einer Masterarbeit zur Kreativität (Springub, 2014) und beziehen sich auf die Kreativitätsförderung von Schüler/innen, die Integration von Kreativität im Unterricht und die Einschätzung der eigenen Kreativität.

Lautes Denken und *Stimulated Recall* sind Methoden, mit denen Einblicke in die Gedanken und Gefühle einer Person gewonnen sowie kognitive Prozesse offengelegt werden können (O'Brien, 1993). Sie unterstützen die Interpretation der Concept Maps und werden in einer interviewartigen Situation angewandt, in der die Testperson ihre Gedanken frei äußern kann. Die Testperson strukturiert die Situationen weitestgehend selbst. Der Interviewende hält sich größtenteils zurück, kommentiert die Verbalisierungen der Testperson nicht bewertend oder kritisch, kann aber ggf. Verständnisfragen oder Aufforderungen zum näheren Erläutern oder Zusammenfassen von Gedanken stellen.

Auswerteverfahren

Quantitative Auswertungsmethoden kommen bei den Concept Maps zum Einsatz und beziehen sich auf die verwendeten, nicht verwendeten und neu hinzugefügten Begriffe sowie die Verbindungen und Propositionen.

Qualitativ werden die Concept Maps nach ihren Strukturen und nach einem Kategoriensystem ausgewertet. Die Strukturen spiegeln die Vernetztheit der Begriffe im

Gedächtnis einer Person wider, sodass sie Rückschlüsse auf die Tiefe und Komplexität des Verständnisses von Kreativität erlauben. Neben der Identifizierung des Zentrums werden die Concept Maps auf folgende Strukturen hin analysiert: Ketten-, Kreis-, Stern-, Baum- und Netzwerkstruktur (Yin et al., 2005). Die inhaltliche Analyse der Concept Maps und der Transkripte der Lautes Denken- bzw. Stimulated Recall-Aufnahmen erfolgt in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010). Die Propositionen werden dabei anhand von induktiv ermittelten Kategorien zusammengefasst. Ebenfalls werden die Transkripte der Lautes Denken- bzw. Stimulated Recall-Interviews nach diesen Kategorien analysiert. Die Antworten aus dem Fragebogen werden zum Vergleich herangezogen und dienen ggf. als Ergänzung.

Ergebnisse aus der Pilotierung

Aus der Analyse von Propositionen der Concept Maps von 17 Studierenden haben sich diese Kategorien ergeben:

Kreativität im Chemieunterricht	Kreativität
Haltung/Einstellung	Persönliche Definition
Inhalte/Umsetzung	Einflussfaktoren auf Kreativität
Bedingungen	Merkmale
Hindernisse bei der Umsetzung	Einfluss auf allg. Unterrichtsprozesse
Folgen/Wirkung	
Rolle der Schüler/innen/ Rolle der Lehrkraft	

Tabelle 1: Induktiv abgeleitete Kriterien zur Analyse der Concept Maps

Mit den Concept Maps kann somit ein umfassender und vielfältiger Einblick in die Auffassungen von Kreativität gewonnen werden, ohne die Testpersonen durch lenkende Fragen zu beeinflussen. Die Stimulated Recall-Aufnahmen haben sich in der Pilotierung als hilfreich erwiesen, da dem Problem der Unerfahrenheit bei der Erstellung von Concept Maps entgegengewirkt werden kann. Zudem haben sie auch Gedanken offenbart, die aus Gründen der Strukturierung nicht in die Concept Maps aufgenommen wurden.

Literatur

Graf, D. (2014): Concept Mapping als Diagnosewerkzeug. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Eds.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Heidelberg: Springer Spektrum, 325-337

Jeffrey, B., Craft, A. (2004): Teaching creatively and teaching for creativity: distinctions and relationships. Educational Studies, 30 (1), 77-87

Fischler, H. & Peuckert, J. (2000): Concept Mapping in Forschungszusammenhängen. In: H. Fischler & J. Peuckert (Eds.), Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie. Berlin: Logos-Verlag, 1-21

Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim, Basel: Beltz Verlag

National Advisory Committee on Creative and Cultural Education (1999): All Our Futures: Creativity, Culture and Education. London: Department for Education and Employment

O'Brien, J. (1993): Action Research through Stimulated Recall. Research in Science Education, 23 (1), 214-221

Springub, A. (2014): Kreativität im Chemieunterricht. Unveröffentlichte Masterarbeit. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Urban, K. K. (2004): Kreativität. Herausforderung für Schule, Wissenschaft und Gesellschaft. Münster: LIT Verlag

Yin, Y. et al. (2005): Comparison of two Concept-Mapping Techniques: Implications for Scoring, Interpretation, and Use. Journal of Research in Science Teaching, 42 (2), 166-184

Michael Albertus
Claus Bolte
Freie Universität Berlin

„Berufe-NaWigator“: Berufsorientierende Potenziale im Chemieunterricht

Einleitung

Anknüpfend an die europäische Debatte über einen steigenden Bedarf an naturwissenschaftlichen Fachkräften (European Commission, 2004, 181) beleuchten die Studien von Bertels und Bolte (z.B. 2009; 2010) das Feld der *Berufsorientierung im Chemieunterricht*, um besonders relevante Einflussfaktoren auf eine chemiebezogene Berufswahl von Schülern identifizieren und umfassend ergründen zu können. Diese Forschungsbemühungen scheinen insbesondere deshalb notwendig, da schon jetzt nicht mehr alle Stellen in naturwissenschaftlichen Tätigkeitsbereichen besetzt werden können (McKinsey, 2011, 21). Außerdem wird prognostiziert, dass sich der Bedarf an Fachkräften aufgrund von demografischen Veränderungen in der deutschen Gesellschaft künftig noch weiter verstärken wird (Brenke, Zimmermann, 2005).

Die Bedeutung des Forschungsfeldes *chemiebezogener Berufsorientierungen* zeigt sich außerdem im Rahmen der Internationalen Curricularen Delphi Studie zur naturwissenschaftlichen Bildung (Bolte & Schulte, 2014). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen eine deutliche Diskrepanz zwischen wünschenswerter und tatsächlicher Umsetzung von Berufsorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht auf (Schulte, 2015).

Die Ergebnisse von Bertels und Bolte (eingereicht) belegen zudem den offensichtlichen Optimierungsbedarf bzgl. der Förderung berufsorientierender Prozesse im Chemieunterricht. Die Autoren sehen besonders großen Handlungsbedarf in der Verknüpfung chemiebezogener Inhalte mit berufsorientierenden Elementen.

Diese Option wird im Rahmen eines Projektes mit dem Titel „Berufe-NaWigator“ aufgegriffen. Das Projekt umfasst die Konzeption, Durchführung und Evaluation des gleichnamigen Lernangebotes, das darauf ausgerichtet ist, chemiebezogene Inhalte und berufsorientierende Elemente so zu verbinden, dass die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler in ihrer beruflichen Orientierung unterstützt und gefördert werden.

Fragestellung und Theoretischer Rahmen

Im Rahmen des Berufe-NaWigator Projekts wird der folgenden Frage nachgegangen: *Inwiefern fühlen sich Schülerinnen und Schüler in eigens entwickelten chemiebezogenen und zugleich berufsorientierenden Lernumgebungen in dem von ihnen zu bewältigenden Prozess der Berufsorientierung unterstützt?*

Um eine Antwort auf diese Frage zu finden, greifen wir auf ein Berufswahlmodell von Bertels und Bolte (eingereicht) zurück, das eine Beschreibung und Operationalisierung bedeutender Einflussfaktoren auf die Berufswahlabsichten von Schülerinnen und Schülern vornimmt. Das Modell stützt sich auf vier Theorieelemente, von denen jedes einzelne Element unterschiedliche – statistisch relevante – Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlabsichten liefert.

Eine dieser Theorien – die Theorie der Entwicklungsaufgaben – wollen wir uns in diesem Aufsatz stärker zuwenden: Havighursts *Developmental Task Theory* (1981, VI) zufolge ist eine Entwicklungsaufgabe (EA) als Schnittstelle zwischen den Bedürfnissen eines Individuums und den gesellschaftlichen Anforderungen und Erwartungen zu verstehen. Dem Modell weiter folgend existieren z.B. im Kontext allgemeiner Bildung bestimmte sogenannte „fachbezogene Entwicklungsaufgaben“, deren Bearbeitung u.a. im Chemieunterricht Raum gegeben werden sollte (Schenk, 2005). Eine dieser fachbezogenen Entwicklungsaufgaben ist es, zu wissen, welchen Beruf man in der Zukunft ergreifen möchte und welche

Anforderungen und Bedingungen mit den potenziell in Frage kommenden Berufen einhergehen. Diese fachbezogene Entwicklungsaufgabe (sie wird als Entwicklungsaufgabe „BERUF“ bezeichnet) bezieht sich unmittelbar auf Prozesse beruflicher Orientierung und beruflicher Entscheidungsfindungen.
Das Konstrukt der fachbezogenen Entwicklungsaufgabe wurde u.a. von Bertels und Bolte (2009; 2010) näher erforscht und empirisch begründet operationalisiert. Mit Hilfe der von Bertels und Bolte (2009; 2010) entwickelten Skalen ist es möglich, einerseits die persönliche Bedeutung von Entwicklungsaufgaben für Schülerinnen und Schüler zu eruieren; andererseits gelingt es mit Hilfe der Skalen, die subjektiv wahrgenommene Unterstützung in der Bearbeitung der Entwicklungsaufgaben in der Unterrichtspraxis (z.B. während der Berufe-NaWigator Intervention oder während des regulären Chemieunterrichts) empirisch gesichert zu beschreiben. Weitere Skalen, die für die Evaluation der Berufe-NaWigator Intervention herangezogen wurden, stammen aus der PISA Studie von 2006 (Frey et al., 2009) und von Kessel und Hannover (2006) (siehe Methode).
Im Rahmen der Berufe-NaWigator Evaluation kann die eingangs dargestellte Fragestellung nunmehr wie folgt präzisiert werden: *Inwiefern verändern sich die zur Auswertung herangezogenen Faktoren bzw. Skalen im Vorher-Nachher-Vergleich*.

Methode

Die Berufe-NaWigator Evaluation wurde im Pre-Post-Test- und Intervention-Kontroll-Gruppen-Design konzipiert.
Im Rahmen der 5-tägigen ***Berufe-NaWigator Intervention*** nehmen Schülerinnen und Schüler an einem speziell entwickelten Lernangebot in den Räumlichkeiten der Chemiedidaktik der FU Berlin teil. Während der Berufe-NaWigator Intervention lernen die Schülerinnen und Schüler verschiedene Ausbildungsberufe kennen, nämlich den Beruf des/der: Chemielaborant/-in, Chemikant/-in, Pharmakant/-in sowie den der Fachkraft für Lebensmitteltechnik und den der Fachkraft für Abwassertechnik. Außerdem übernehmen die Schülerinnen und Schüler im Laufe der Berufe-NaWigator Intervention typische Arbeitsaufgaben der ausgewählten Berufe, genauer gesagt sind dies Tätigkeiten, die eng mit chemiebezogenen Schülerversuchen verknüpft sind. Zu den Schülerversuchen der Intervention gehören: Säure-Base-Titration, Verbrennung von Schwefel, Herstellung einer Erkältungssalbe, Reinigung von verunreinigtem Wasser und Herstellung von Sojamilch.
Die ***Evaluation der Berufe-NaWigator Intervention*** orientiert sich u.a. an dem Berufswahlmodell von Bertels und Bolte (2010). Dementsprechend werden die von Bertels und Bolte für die Operationalisierung ihres Modells verwendeten Skalen für die Evaluation der Berufe-NaWigator Intervention genutzt (Albertus et al., 2011). Zusätzlich werden zwei Skalen aus der PISA Studie 2006 verwendet; nämlich die Skalen *Freude und Interesse an Naturwissenschaften* und *Kenntnis über naturwissenschaftsbezogene Berufe* (Frey et al., 2009).

Ergebnisse

Der für die Evaluation der Berufe-NaWigator Intervention zusammengestellte Fragebogen wurde in einem Pre-Post-Test Verfahren eingesetzt. Die Stichprobe umfasst 95 Schülerinnen und Schüler im Alter zwischen 13 und 14 Jahren aus fünf Integrierten Sekundarschulen in Berlin. Für die eingesetzten Skalen wurden Cronbachs Alpha Werte von 0,8 und darüber ermittelt (Albertus, 2015).

Skala (Ursprung der Items) Antwortformat jeweils 4-stufig (1-negativ, 4-positiv)	**Mittelwert**	
	Pretest	**Posttest**
Berufswahlabsichten (Kessels & Hannover, 2006) / 6 Items	2,1 (SD 0,7)	2,4 (SD 0,7)
Freude und Interesse an Naturwissenschaften (Frey et al., 2009) / 5 Items	2,7 (SD 0,8)	2,8 (SD 0,8)
Kenntnis über naturwissenschaftsbezogene Berufe (Frey et al., 2009) / 4 Items	2,5 (SD 0,5)	2,6 (SD 0,6)
Entwicklungsaufgabe Beruf (Bertels & Bolte, 2009) / 3 Items Praxis	2,1 (SD 0,8)	3,4 (SD 0,5)
Entwicklungsaufgabe Beruf (Bertels & Bolte, 2009) / 3 Items Distanz	1,2 (SD 0,8)	0,6 (SD 0,4)

Tabelle 1: Ausgewählte Ergebnisse der Evaluation der Berufe-NaWigator Intervention

Die Pre-Post-Test-Unterschiede (z.B. bzgl. der Skala Entwicklungsaufgabe Beruf und die daraus resultierenden Priorität-Praxis-Unterschiede) sind für nahezu alle Skalen statistisch signifikant ($p<0.05$). Lediglich der Pre-Post-Test-Unterschied der Skala „Freude und Interesse an Naturwissenschaften“ erwies sich statistisch betrachtet als nicht signifikant.

Diskussion und Ausblick

Im Rahmen unseres Projekts ist es gelungen, chemiebezogene Inhalte mit berufsorientierenden Elementen so zu verknüpfen, dass die Berufe-NaWigator Intervention einen positiven Beitrag zur Unterstützung der Schüler/-innen bezüglich der Planung und Vorbereitung ihres persönlichen Berufs- und Lebenswegs zu leisten vermag. Gegenwärtig handelt es sich bei der Berufe-NaWigator Intervention noch um ein ausschließlich an der FU Berlin unterbreitetes Lernangebot; die Evaluationsergebnisse (Albertus, 2015) legen aber einen Transfer des Lernangebotes in den regulären (Chemie-)Unterricht an allgemein bildenden Schulen nahe. Auch scheint ein Transfer in die Praxis des Physik- und Biologieunterrichts leicht möglich, da die Module der chemiebezogenen Berufe-NaWigator Intervention mit wenig Aufwand und vielfältig modifiziert auf biologie- und physikbezogenen Berufe übertragen werden könnten. Selbstverständlich wären gezielt zugeschnittene und langfristig ausgerichtete Fortbildungsveranstaltungen für Lehrer/-innen diesbezüglich sinnvoll und hilfreich.

Literatur

Albertus, M. (2015): Berufsorientierung als Bestandteil zeitgemäßen Chemieunterrichts – Interventionsstudie zur Implementierung ausgewählter berufsorientierender Elemente in chemiebezogene Lernumgebungen der Sekundarstufe I. Dissertation. Freie Universität Berlin.

Albertus, M., Bolte, C., & Bertels, N. (2011). Chemieunterricht und naturwissenschaftsbezogene Berufswahlentscheidung. Höttecke, D. (Ed.). *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (Vol. 31) (pp 569-571). Münster: LIT Verlag.

Bertels, N. (2015). Unterrichtsrelevante Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlabsichten im Meinungsbild von Jugendlichen - eine empirische Studie über fachbezogene Entwicklungsaufgaben, Selbst-Prototypen-Abgleich, chemiebezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und motivationales Lernklima im Chemieunterricht. Dissertation. Freie Universität Berlin.

Bertels, N., & Bolte, C. (2009): Developmental Task, Stereotypes and Motivational Learning Environments in Science Lessons (in Germany). *Proceedings of the Annual Meeting of the National Association for the Research on Science Education (NARST)*, Los Angeles, USA, April 2009.

Bertels, N., & Bolte, C. (2010). Occupational Orientation – A Foreign Concept to Chemistry Lessons. *Proceedings of the Annual Meeting of the National Association for the Research on Science Education (NARST)*, Philadelphia, USA, March 2010.

Bolte, C., & Schulte, T. (2014). Wünschenswerte naturwissenschaftliche Bildung im Meinungsbild ausgewählter Experten. In: *MNU*. 67,(6), 370-376.

Brenke, K., & Zimmermann, K. F. (2005). *Demographischer Wandel erfordert Bildungsreformen und lebenslanges Lernen*. In: Wochenbericht des DIW Berlin. 19/2005. 329-335.

European Commission. (2004). *Europe needs more scientists: Report by the high level group on increasing human resources for science and technology*. Brussels: European Commission.

Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E., Pekrun, R. (2009). PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.). *PISA 2006 Skalenhandbuch–Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster. Waxmann-Verlag.

Havighurst, R. J. (1981): *Developmental Tasks and Education (3rd ed.)*. New York and London: Longman.

Hannover, B., &Kessels, U. (2004). Self-to-prototype matching as a strategy for making academic choices. Why high school students do not like math and science. *Learning and instruction*, *14*(1), 51-67.

Kessels, U., & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Image von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessenentwicklung. In Prenzel, M., Allolio-Näcke, L. (Hrsg.).*Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule*. Münster: Waxmann, 350-369.

McKinsey Deutschland. (2011). *Wettbewerbsfaktor Fachkräfte - Strategien für Deutschlands Unternehmen*. Berlin: McKinsey & Company, Inc.

Schenk, B. (2005): Entwicklungsaufgaben und Schule. In: Schenk, B. (Hrsg.): *Bausteine einer Bildungsgangtheorie*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 275-289.

Schulte, T. (2015). *Desirable Science Education – Findings from a Curricular Delphi Study on Scientific Literacy Based Science Education in Germany*. Dissertation. Freie Universität Berlin.

Nina Bertels[1/2] [1]Heinz Brandt Oberschule Berlin
Claus Bolte[2] [2]Freie Universität Berlin

Pfadanalytisch identifizierte Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlabsichten von Schülerinnen und Schülern

Ausgangspunkt

Trotz der allgemeinen Forderung nach mehr Naturwissenschaftlern (Gago et. al., 2004) ziehen nur sehr wenige Jugendliche (in Deutschland) einen naturwissenschaftsbezogenen Beruf für sich in Betracht (VSD, 2014). Wir fragen uns deshalb: Woran liegt das? und verfolgen mit unserer Studie vor allem das Ziel, unterrichtsrelevante Einflussfaktoren auf die Absicht von Schülerinnen und Schülern, einen (nicht akademischen) chemiebezogenen Beruf zu ergreifen, zu identifizieren.

Theoretischer Rahmen

Das Besondere an unserer Studie ist, dass wir einerseits den Einfluss der Variablen von vier unterrichtsrelevanten theorie-basierten Konzepten auf die chemiebezogene Berufswahlabsicht von Jugendlichen untersuchen, und dass wir andererseits die wechselseitigen Beziehungen zwischen den besonders relevanten Variablen aufzudecken versuchen. Ausgangspunkt bilden die folgenden theoretischen Konzepte:

- das Konzept der fachbezogenen Entwicklungsaufgaben (Schenk, 2005),
- das Konzept des Selbst-Prototypen-Abgleichs (Kessels & Hannover, 2006),
- das schulische und chemiebezogene Fähigkeitsselbstkonzept (Dickhäuser et al., 2002),
- das Modell zur Analyse des motivationalen Lernklimas im Chemieunterricht (Bolte, 2004).

Das erste theoretische Konzept fokussiert auf die „fachbezogenen Entwicklungsaufgaben“, die nach Schenk (2005) im Chemie- und Physikunterricht Beachtung finden sollten (zu nennen sind die Entwicklungsaufgaben: „Beruf“, „Selbst“, „Konzepte“, „Werte“, „Rolle“ und „Körper“). Unsere bisherigen Forschungsergebnisse legen den Schluss nahe, dass ein Zusammenhang zwischen der Ablehnung naturwissenschaftsbezogener Berufe auf Seiten von Jugendlichen und der mangelnden Unterstützung bei der Bearbeitung von fachbezogenen Entwicklungsaufgaben durch den naturwissenschaftlichen Unterricht bestehen könnte (Bertels & Bolte, 2015; Bertels, 2015).

Das zweite theoretische Konzept ist das des Selbst-Prototypen-Abgleichs (Kessels & Hannover, 2006). Die Autorinnen beschreiben den Selbst-Prototypen-Abgleich als ein Mittel der Identitätsregulation (Kessels & Hannover, 2006). Ein Zusammenhang zur Berufswahlabsicht bei technisch-naturwissenschaftlich interessierten Jugendlichen konnte bereits nachgewiesen werden (Kessels & Hannover, 2002).

Bolte (2004) postuliert ein empirisch gesichertes Instruktionsmodell zur Analyse des motivationalen Lernklimas. Seinen Modellannahmen folgend gehen wir davon aus, dass Schülerinnen und Schüler, die ihren Chemieunterricht in der Schule bereits als wenig motivierend empfunden haben, chemiebezogene Berufe für sich eher ablehnen.

Als viertes theoretisches Konzept ist das akademische Fähigkeitsselbstkonzept zu nennen, das Eingang in unsere Untersuchung gefunden hat. Hier ist neben dem schulischen Fähigkeitsselbstkonzept (Schöne et al., 2002) insbesondere das chemiebezogene Fähigkeitsselbstkonzept zu nennen, das offensichtlich Einfluss auf die chemiebezogene Berufswahlabsicht von Jugendlichen ausübt. Diesbezüglich möchten wir auf die Arbeit von Taskinen (2010) verweisen, die in ihrer Arbeit bereits einen Zusammenhang zwischen naturwissenschaftsbezogenem Fähigkeitsselbstkonzept und naturwissenschaftsbezogener Berufserwartung nachweisen konnte.

Forschungsfragen

Nachdem wir regressionsanalytisch bereits aufklären konnten, inwiefern ausgewählte Variablen der vier theoretischen Konzepte chemiebezogene Berufswahlabsichten beeinflussen (Bertels & Bolte, 2015), möchten wir nun der Frage nachgehen, inwiefern diese linear zu interpretierenden Zusammenhänge zwischen den bereits identifizierten und theorie-basierten Berufswahlabsichtsvariablen auch komplexeren und interdependenten Modellannahmen standhalten. Unsere Forschungsfrage lautet daher: Welche Beziehungen bestehen zwischen den Variablen *„fachbezogene Entwicklungsaufgaben“*, *„Selbst-Prototypen-Abgleich“*, *„motivationales Lernklima“*, *„chemiebezogenes Fähigkeitsselbstkonzept“* und der *„chemiebezogenen Berufswahlabsicht“*?

Methode

Das von uns eingesetzte Befragungsinstrument beinhaltet die folgenden (Sub)Skalen:

- *Fachbezogene Entwicklungsaufgaben:* Beruf, Selbst, Werte, Konzepte, Rolle, Körper (Bertels & Bolte, 2015),
- *Selbst-Prototypen-Abgleich*: Attraktivität, soziale Kompetenz, Selbstbezogenheit, Intelligenz, Kreativität, Maskulinität, Weiblichkeit (Kessels & Hannover, 2002),
- *motivationales Lernklimas:* Zufriedenheit, Anforderungen/Verständlichkeit, Fachorientierung, Relevanz der Themen, Partizipationsmöglichkeiten, Mitarbeit der Klasse, Partizipationsbereitschaft und berufsorientierende Anteile (Bolte, 2004),
- *schulisches und chemiebezogenes Fähigkeitsselbstkonzepts* (Schöne et al., 2002)
- *chemiebezogene Berufswahlabsichten* (Kessels & Hannover, 2002).

Mit dem eigens zusammengestellten Instrument (Bertels 2015) wurden 392 Haupt- und 111 Berufsschülern aus dem Bereich der Chemie befragt. Für die Beantwortung der oben beschriebenen Forschungsfrage wurden Pfadanalysen nach Muthen und Muthen (2012) durchgeführt.

Ergebnisse

Auf der Grundlage der durchgeführten Pfadanalysen postulieren wir das folgende Modell.

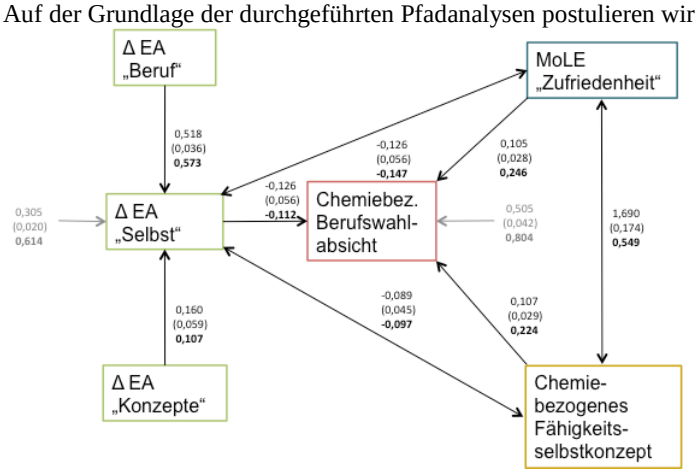


Abbildung 1. Pfadmodell zum Einfluss ausgewählter Variablen auf chemiebezogene Berufswahlabsichten Jugendlicher; Ergebnisse der Parameterschätzung, Standardfehler (in Klammern), Schätzung für standardisierte Variablen (fett), Residualvarianzen (grau)

Den Pfadanalysen folgend werden „chemiebezogene Berufswahlabsichten“ maßgeblich von den folgenden drei Variablen beeinflusst; von der „Zufriedenheit“ mit erlebtem Chemieunterricht (Motivationales Lernklima), von der subjektiv geprägten Einschätzung des

eigenen „chemiebezogenen Fähigkeitsselbstkonzept“ und von der ebenfalls subjektiv geprägten Beurteilung, inwiefern sich das Individuum in der Bearbeitung seiner fachbezogenen Entwicklungsaufgabe „Selbst“ im und durch Chemieunterricht unterstützt gefühlt hat. Des Weiteren bringt das Pfadmodell zum Ausdruck, dass die fachbezogene Entwicklungsaufgabe „Selbst“ wiederum von der Beurteilung der beiden fachbezogenen Entwicklungsaufgaben „Beruf“ und „Konzepte“ beeinflusst wird. Weitere Kovarianzen zeigen sich zwischen den Variablen „Zufriedenheit “ mit erlebtem Chemieunterricht, „chemiebezogenes Fähigkeitsselbstkonzept“ und der fachbezogenen Entwicklungsaufgabe „Selbst“.

Diskussion

Das von uns aus den Daten der Schüler/-innen rekonstruierte Pfadmodell verdeutlicht, welche der Variablen chemiebezogene Berufswahlabsichten besonders stark und unmittelbar beeinflussen und welche Variablen (nur) mittelbar Einfluss auf chemiebezogene Berufswahlabsichten ausüben. Des Weiteren heben die Pfadanalysen hervor, dass auch weitere Beziehungen in Form von Kovarianzen zwischen den als besonders relevant zu erachtenden Variablen der vier theoretischen Konzepte bestehen.

Insgesamt können wir nachweisen, dass ein Chemieunterricht, der Schüler/-innen bei der Bearbeitung ihrer Entwicklungsaufgaben unterstützt, der in einem für die Schüler/-innen zufriedenstellenden motivationalen Lernklima stattfindet und der ihr chemiebezogenes Fähigkeitsselbstkonzept stärkt, einen wesentlichen Beitrag leisten würde, um chemiebezogene Berufswahlabsichten von Jugendlichen positiv zu beeinflussen.

Literatur

Bertels, N. (2015). Unterrichtsrelevante Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlabsichten im Meinungsbild von Jugendlichen - eine empirische Studie über fachbezogene Entwicklungsaufgaben, Selbst-Prototypen-Abgleich, chemiebezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und motivationales Lernklima im Chemieunterricht. Dissertation. Freie Universität Berlin.

Bertels, N. & Bolte, C. (2015). Einflussfaktoren des Chemieunterrichts auf die Berufswahl. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. (S. 358-360). Kiel: IPN.

Bolte, C. (2004). Motivationales Lernklima im Chemieunterricht. Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, 53(7), 33-37.

Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 23(4), 393–405.

Gago, J. M., Ziman, J., Caro, P., Constantinou, C., & Davies, G. (2004). Europe needs more scientists. Brussels: European Community Conference Increasing Human Resources for Science and Technology.

Haucke, K. & Parchmann, I. (2012). Berufsorientierung - auch eine Aufgabe für den Fachunterricht?! In: S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht (S. 104-106). Münster: LIT-Verlag.

Kessels, U., & Hannover, B. (2002). Die Auswirkungen von Stereotypen über Schulfächer auf die Berufswahlabsichten Jugendlicher. Pädagogische Psychologie unter gewandelten gesellschaftlichen Bedingungen, 53–67.

Kessels, U., & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Images von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessensentwicklung. Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster, 350–369.

Muthen, L., & Muthen, B. (2012). Mplus Statistical Analysis with Latent Variables User’s Guide. Los Angeles.

Schenk, B. (2005). Entwicklungsaufgaben und Schule. In: B. Schenk (Ed.), Bausteine einer Bildungsgangtheorie (275–289). Wiesbaden: VS-Verlag.

Taskinen, P. H. (2010). Naturwissenschaften als zukünftiges Berufsfeld für Schülerinnen und Schüler mit hoher naturwissenschaftlicher und mathematischer Kompetenz: eine Untersuchung von Bedingungen für Berufserwartungen. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

[VSD] Vodafone Stiftung Deutschland (2014). Schule, und dann? Herausforderungen bei der Berufsorientierung von Schülern in Deutschland. Düsseldorf/ Korschenbroich: Verlagshaus Beineke Dickmanns.

Fiona Affeldt[1]
Silvija Markic[1]
Antje Siol[1]
Ingo Eilks[1]
Sabine Fey[2]
Johannes Huwer[2]
Rolf Hempelmann[2]
Michael Urbanger[3]
Andreas Kometz[3]
Uta Beck[4]
Matthias Ducci[4]

[1]Universität Bremen
[2]Universität des Saarlandes
[3]Universität Erlangen-Nürnberg
[4]PH Karlsruhe

Schülerlaborangebote zur Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung für alle Schülerinnen und Schüler

Ausgangspunkte

Schulische Bildung wird zunehmend zur Querschnittsaufgabe, die durch Kooperation von formaler, nicht-formaler und informeller Bildung zu bewältigen ist. Das nicht-formale Bildungsangebot zur Erweiterung des Erfahrungshorizontes von Lernenden und zum Erwerb von auch über den Lehrplan hinausgehenden Kompetenzen ist für Gymnasien deutlich größer als für Haupt-, Real- und Gesamtschulen. Auch speziell nachhaltigkeitsorientierte Angebote richten sich vornehmlich an leistungsstärkere Kinder und Jugendliche (Bloemen, Heyse, Porath & Schlömer, 2012).

Bezogen auf Umwelt und Nachhaltigkeitsfragen zeigen leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler bereits häufig gute Einstellungen und Kenntnisse (Gaiser, Krug & de Rijke, 2012). Defizite bestehen hingegen insbesondere bei Schülerinnen und Schülern mit benachteiligten Bildungsbiographien, beispielsweise begründet durch einen Migrationshintergrund (Michelsen, Grunenberg & Rode, 2012). Somit stellt sich die Herausforderung für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler und solche aus bildungsfernen Milieus Angebote im Bereich der Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung zu entwickeln. Zudem haben Entwicklungen von Lebensmustern sowie die Vielfalt nationaler Herkunft und Familienformen in den letzten Jahren dazu geführt, dass die Heterogenität in den Schulen verstärkt an Bedeutung gewinnt (Bräu, 2005). So resultiert auch ein Bedarf an Lernangeboten mit einem hohen Grad an Differenzierung und individueller Förderung – auch in nicht-formalen Bildungsangeboten. Ein gezielter Ausbau von außerschulischen Bildungsangeboten mit einem speziellen Fokus auch auf Schülerinnen und Schüler aus bildungsfernen Schichten und mit Migrationshintergrund kann zu mehr Chancengleichheit im Bereich der Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung beitragen.

Im hier vorgestellten Projekt werden in Kooperation der Universitäten Bremen, des Saarlandes, Erlangen-Nürnberg und der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe Schülerlaborangebote zu chemiebezogenen Themen der Nachhaltigkeitsdebatte für heterogene Lerngruppen von stärker integrierten Schulformen und für Lerngruppen aus der außerschulischen Bildung entwickelt (Affeldt, Weitz, Siol, Markic & Eilks, im Druck). An dieser Stelle sollen die Gestaltung der Angebote und erste Erfahrungen vorgestellt werden.

Differenzierende Schülerlaborangebote: Entwicklung und Implementierung

Der Umgang mit Heterogenität stellt eine besondere Herausforderung auch in der Gestaltung außerschulischer Bildungsangebote dar. Ziel der in diesem Projekt entwickelten Lernangebote ist es Leistungsheterogenität, sprachliche Heterogenität und kulturelle Diversität in

besonderem Maße zu berücksichtigen, zugleich auf Kompetenzen im Alltagshandeln bezüglich umweltrelevanter Fragestellungen hinzuwirken und Orientierungswissen über die Relevanz der Chemie für Nachhaltigkeitsfragen zu vermitteln. Die Lernumgebungen orientieren sich an alltäglichen Problemen der Nachhaltigkeitsdebatte, um den Schülerinnen und Schüler die Bedeutung der Chemie für Umwelt, Nachhaltigkeit und ihr eigenes Leben zu verdeutlichen. Kontroverse Fragestellungen sollen sie auf zukünftige Entscheidungen und ihre Teilhabe an der Gesellschaft vorbereiten. Die Themen greifen jeweils unterschiedliche Aspekte der Nachhaltigkeitsdebatte auf, deren Komplexität mit dem Alter der Lernenden zunimmt. Entwickelt und angeboten werden sechs Schülerlaborangebote für die Jahrgänge 5-10. Die Gestaltung folgt einem mehrdimensionalen Differenzierungsmodell, das zur Adaption des Lernens an unterschiedlichste Voraussetzungen dienen soll (Abb. 1).

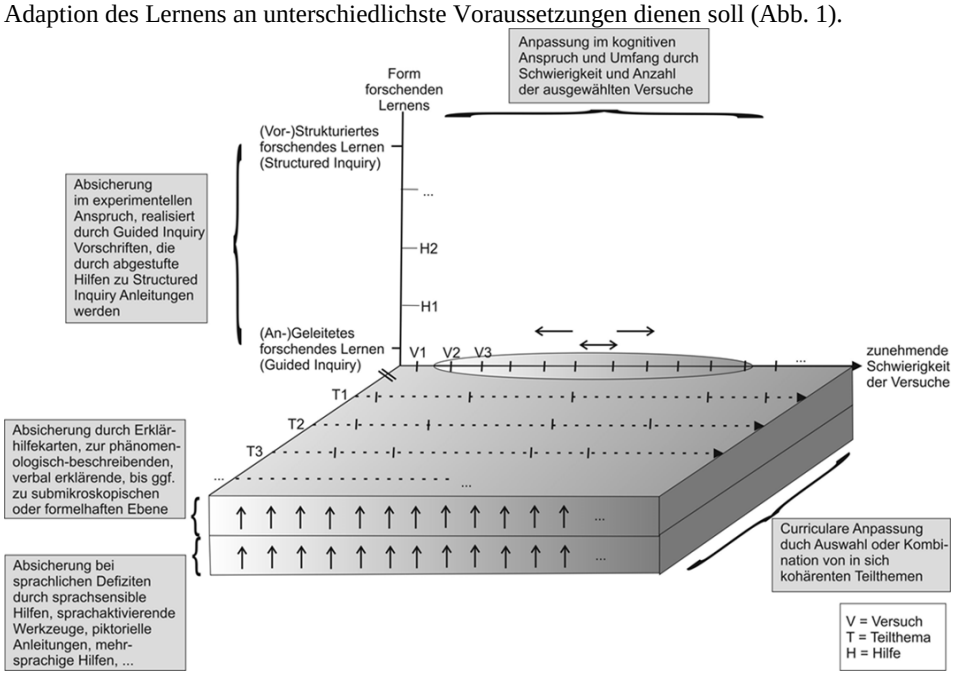


Abb.1. Vorschlag für ein Differenzierungsmodell für die Arbeit im Schülerlabor (Affeldt et al., im Druck)

Jedes Schülerlaborangebot ist aus vier bis fünf in sich kohärenten Teilthemen aufgebaut (z-Achse). Diese können im Umfang und der thematischen Ausrichtung auf die jeweilige Lerngruppe angepasst werden. Die Teilthemen bestehen jeweils aus drei bis fünf in ihrer Komplexität variierenden Experimenten (x-Achse). Die Experimentieranleitungen werden im Sinne eines Guided Inquiry gestaltet (Tafoya, Sunal & Knecht, 1980). Diese sind mit Experimentiertippkarten unterlegt, so dass bei Nutzung der Karten auch ein Structured Inquiry bis hin zum bestätigenden forschenden Lernen möglich wird (y-Achse). Die Materialien werden sprachsensibel gestaltet. Der inhaltliche Zugang erfolgt durch Verknüpfungen zu Berufen aus Umwelt und Technik, um den Lernenden berufliche Orientierung zu ermöglichen. Für die motivierende Gestaltung der Aufgaben werden kreative Elemente (z.B. Comics oder Einträge aus Internetforen) verwendet. Diese orientieren sich an den üblichen Kommunikationsmedien der Lernenden. Zusätzlich können sie Tippkarten zu fachlichen und sprachlichen Aspekten in Anspruch nehmen.

Die Entwicklung der Schülerlaborangebote folgt einem zyklischen Prozess aus Design, Implementierung, Evaluierung und Optimierung. Seit April 2015 werden drei der

entwickelten Lernumgebungen angeboten. Bisher haben an der Universität Bremen 20 Lerngruppen (N = 432) die Schülerlaborangebote besucht. Zur Evaluation wurde ein Fragebogen mit zwei offenen Fragen und 10 Likert-skalierten Fragen eingesetzt.

Erste Ergebnisse und Diskussion

Abb. 2 zeigt erste Ergebnisse der Befragung. Die Ergebnisse zeigen, dass fast alle Schülerinnen und Schüler (95%) die Themen zumindest teilweise interessant fanden. 90% der Schülerinnen und Schüler stimmten zumindest teilweise zu, dass die Versuchsanleitungen Lust auf Chemie machen. Lediglich 5% der Schülerinnen und Schüler sind mit den Versuchsanleitungen nicht gut zurechtgekommen. Für fast alle Schülerinnen und Schüler (98%) war die Wortwahl verständlich. Nur ein kleiner Teil von ihnen (2%) konnte die Versuche mit den verschiedenen Tippkarten nicht problemlos durchführen.

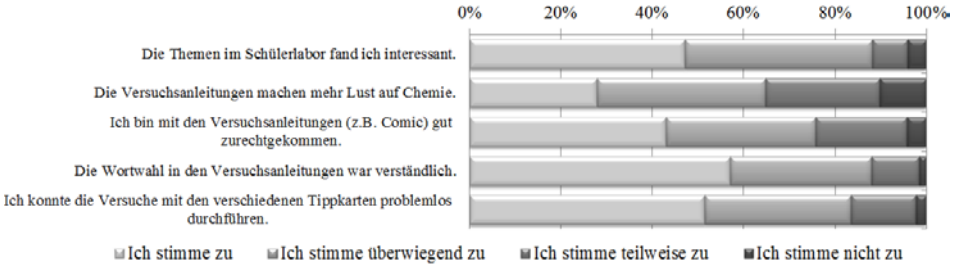


Abb.2. Ausgewählte Ergebnisse Likert-Items

Deutlich wird, dass das Aufgreifen von Aspekten aus Umwelt und Technik in Schülerlaborangebote durchaus an die Lebenswelt dieser Schülerinnen und Schüler anknüpfen kann und ihr persönliches Interesse anspricht. Gründe für eine erhöhte situationale Motivation können die schülerorientierte Gestaltung sowie die Begegnung von fachlichen Inhalten mit der Lebenswirklichkeit sein. Die Differenzierungsmaßnahmen erweisen sich dabei als geeignet, um allen Schülerinnen und Schülern umwelt- und nachhaltigkeitsbezogene Themen näher zubringen.

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt waren die Rückmeldungen zu den Schülerlaborangeboten positiv. Das Differenzierungsmodell scheint gut geeignet, die Gestaltung der Angebote anzuleiten. Eine gezielte Förderung von nicht-formalen Bildungsangeboten für Schülerinnen und Schüler aus bildungsfernen Milieus scheint im Schülerlabor möglich, wenn entsprechende Differenzierungs- und Unterstützungsmaßnahmen ergriffen werden. Eine Optimierung der Lernangebote und des vorgeschlagenen Differenzierungsmodells findet derzeit statt.

Literatur

Affeldt, F., Weitz, K., Siol, A., Markic, S., & Eilks. I. (2015). A non-formal student laboratory as a place for Innovation in education for sustainability for all students. Education Sciences, 5(3), 238-254

Bloemen, A., Heyse, K., Porath, J., & Schlömer, T. (2012). Die Integration von Nachhaltigkeit und Energiebildung in die berufliche Bildung benachteiligter Jugendlicher. In C. Bick, G. Brandt & A. Eiselt (Eds.), Integration im Prozess der Internationalisierung. Oldenburg: BIS, 13-24

Bräu, K. (2005). Individualisierung des Lernens. In K. Bräu & U. Schwerdt (Eds.), Heterogenität als Chance. Vom produktiven Umgang mit Gleichheit und Differenz in der Schule. LIT-Verlag: Münster, 129-149

Gaiser, W., Krug, W., & de Rijke, J. (2012). Jugend, Nachhaltigkeit und nachhaltiger Konsum. Düsseldorf: Setzkasten GmbH

Michelsen, G., Grunenberg, H., & Rode, H. (2012). Was bewegt die Jugend. Bad Homburg: VAS

Tafoya, E., Sunal, D.W., & Knecht, P. (1980). Assessing inquiry potential: A tool for curriculum decision makers. School Science and Mathematics, 80(1), 43-48

Marcus Bohn Pädagogische Hochschule Heidelberg
Manuela Welzel-Breuer

Zum Streben nach Erkenntnis und Selbstständigkeit hochbegabter Kinder

Das dargestellte Forschungsprojekt wird im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Fach Physik der Pädagogischen Hochschule Heidelberg und der Kinderakademie Mannheim „Verein zur Förderung besonders und hoch begabter Kinder e.V.“ durchgeführt und stellt eine wissenschaftliche Begleitforschung der naturwissenschaftlich - technischen außerschulischen Förderangebote in Form von Arbeitsgemeinschaften dar. Die gewonnenen Ergebnisse sollen ebenso akademieintern zur Evaluation der angebotenen Arbeitsgemeinschaften herangezogen werden, wie zur Schulung der Leiter/innen dieser Arbeitsgemeinschaften.

Ziel des Projektes ist es, herauszufinden, welche Faktoren des Lernkontextes das Streben nach Erkenntnis und Selbstständigkeit bei hochbegabten Kindern im Vor- und Grundschulalter im Rahmen von naturwissenschaftlichen Lernangeboten fördern bzw. hemmen. Damit orientiert sich dieses an der selbst gestellten Zielsetzung der Kinderakademie: die Förderung des Strebens der Kinder nach Wissen und Selbstständigkeit.

Dieses von der Kinderakademie Mannheim in den Mittelpunkt gestellte und zu fördernde Streben nach Wissen und Selbstständigkeit wird von uns im Sinne des Lehwald´schen Erkenntnis- und Selbständigkeitsstrebens verstanden, welches er als prägnantes Merkmal besonders und hoch begabter Kinder herausstellt. Er spricht diesem Merkmal - sowohl für die Diagnose von Begabung als auch für deren positive (Weiter-) Entwicklung - eine entscheidende Rolle und Funktion zu (vgl. Lehwald, 1981, 1985, 2009, 2010). Lehwald stellt das Erkenntnis- und Selbständigkeitsstreben als „eine Form der (habituellen) Motiviertheit.“ (Lehwald, 1985, S. 38) und somit ebenfalls als ein Persönlichkeitsmerkmal dar, welches in der Wechselwirkung (Transaktion) mit Situationsvariablen zu einem erkennbaren Verhalten führt (vgl. ebd., S. 19), wobei die situative Interaktion „sich als gegenseitiger Beeinflussungsprozess“ (ebd., S. 19) äußert. In diesem Sinne wird das Erkenntnis- und Selbstständigkeitsstreben zu einem Basismotiv des Lernens (vgl. ebd.).
Die Einbeziehung der situationsbezogenen Motiviertheit findet sich auch in den heute gängigen psychologischen, sogenannten dynamischen Begabungsmodellen wieder. Bei Gagnés wird situationsbezogene Motiviertheit als intrapersonaler Katalysator (vgl. Feger & Prado, 1998, S. 39) betrachtet, bei Mönks als Faktor (vgl. Mönks & Ypenburg, 2000, S. 23) und bei Heller hat sie als (nichtkognitives) Persönlichkeitsmerkmal, als sogenannter Moderator (vgl. Heller, 2001, S. 24) in unterschiedlicher Ausprägung, Eingang und Einfluss gefunden. Lehwald beschreibt dieses Persönlichkeitsmerkmal auf der Ebene des beobachtbaren Verhaltens unter anderem als:

- „Bevorzugung selbständiger geistiger Arbeit (…)
- Affektiv emotionale Zuwendung zu Problemen
- Neigung, nicht aufzugeben und Schwierigkeiten zu meistern
- Beständiges Interesse an zusätzlichen Informationen
- Interesse an komplizierten Tätigkeiten, die flexibles Denken ermöglichen“

(Lehwald, 2009, S.11).
Wir verstehen diese verschiedenen Aspekte auch im Rückgriff auf Trautmann als einzelne Persönlichkeitseigenschaften und somit als Elemente des Seins, die gespeist von einer besonderen Anlage (= Hochbegabung im Sinne einer geistigen Disposition), der Einfluss nehmenden Umwelt und dem sich entwickelnden Ich, bei einer günstigen Kombination und Umwelt (Familie, Schule, Peers, Medien) zu einer erkennbaren Hochbegabung führen

können. Dieses pädagogische Interventionsmodell, das sogenannte „Mikadomodell“ (Trautmann, 2008) entspricht dem forschungsimmanenten Fokus der Förderung des Strebens nach Erkenntnis und Selbstständigkeit als pädagogische Intervention in den Arbeitsgemeinschaften der Kinderakademie und besitzt darüber hinaus, den auch bei Lehwald als grundlegend verstandenen Interaktionsgedanken zwischen Kind und situativem Lernkontext.

Untersucht werden daher Interaktionsprozesse zwischen den hochbegabten Kindern und deren Lernkontext, um Faktoren gelingender Förderung des Strebens herauszustellen. Der Begriff der Förderung ist in diesem Zusammenhang nicht als tatsächliche Steigerung, sondern als Zulassen und Ermöglichen, also „nicht Hemmen“, definiert. Den Lernkontext verstehen wir dabei als die Gesamtheit der räumlichen und sächlichen Lernumgebung sowie den/die Leiter/in der Arbeitsgemeinschaft. Unser Blick richtet sich also sowohl auf den Lernraum und die Lernmaterialien, als auch auf das Verhalten des/der Lehrenden im Rahmen naturwissenschaftlicher Lernangebote. Die in unserer Studie zu betrachtenden Interaktionsfolgen umfassen:

- 1. Aktion des Kindes, in der sich Streben nach Erkenntnis und/oder Selbstständigkeit offenbart
- 2. Reaktion des Lernkontextes darauf
- 3. Reaktion des Kindes

Als Forschungsdesign wird eine qualitative Interaktionsanalyse basierend auf video-erhobenen Daten durchgeführt. Dazu sollen Interaktionsfolgen einzelner Kinder mit Lehrenden videografiert und anschließend mit Hilfe verschiedener Analysemethoden sowohl auf der Makro- als auch auf der Mikroebene gefiltert und untersucht werden. In einem ersten Schritt werden dafür die oben beschriebenen Interaktionsfolgenpunkte in drei Beobachtungs-kategorien umgewandelt und diese mit Operatoren ausgestattet. Die Interaktionsfolgen-punkte 1. und 2. werden sowohl deduktiv als auch induktiv operationalisiert. Für die deduktive Operationalisierung wird unter anderem auf die oben genannten Ausführungen Lehwalds zurückgegriffen, sowie auf Aspekte aus der Motivationstheorie nach Deci und Ryan (2000) und auf das TARGET-Model of Motivation (vgl. Clinkenbeard 2012). Der Interaktionsfolgenpunkt 3. kann nur induktiv operationalisiert werden, da hierzu bislang keine theoretischen Erkenntnisse vorhanden sind. Anhand dieser Kategorien wird in einem zweiten Schritt das gesamte Videomaterial mit Hilfe der CBAV-Methode (Niedderer et. al., 1998) gesichtet, um die detaillierter zu untersuchenden Interaktionsfolgen herauszufiltern. Neben der Filterung des Datenmaterials nach den Interaktionsfolgen erwarten wir bereits bei dieser Makroanalyse Ergebnisse, die übergeordnete Zusammenhänge hinsichtlich der Förderung des Strebens auf Seiten der Kinder aufzeigen, wie etwa den Freiheitsgrad der Lehr-Lern-Organisation oder auch die Ausstattung des Raumes mit zusätzlichen Lern-materialien. Dass dies möglich ist, hat eine erste Durchsicht des Videomaterials aus der Pilotphase gezeigt.

In einem weiteren Schritt werden die gefundenen Interaktionsfolgen nach der Sequenzanalyse, wie dies bei Dinkelaker und Herrle (2009) beschrieben ist, rekonstruktiv analysiert. Wir haben uns für dieses Verfahren entschieden, weil es dem interpretativen Charakter der Studie sowohl auf der Ebene des Videos als auch auf der Ebene der Definition des Verhaltens entspricht und so gewährleistet ist, dass nahezu alle Lesearten berücksichtigt werden. Um neben den Interaktionen zwischen den Kindern und den Leitern der Arbeits-gemeinschaften sowie dem Material auch der räumlichen Gestaltung als Teil des Lern-kontextes gerecht zu werden, wird diese bei jeder videografierten Arbeitsgemeinschaft anhand einer Konfigurationsanalyse detailliert betrachtet, so dass auch Interaktionen mit den räumlichen Bedingungen analysiert werden können. Zudem ermöglicht dies in der Kombination mit der Sequenzanalyse einen genaueren Blick auf die Wirkung des äußeren

Kontextes auf den eigentlichen Text innerhalb der Interaktionsfolgen (vgl. Dinkelaker & Herrle, 2009, S. 107).

Wir erwarten, dass sich mit Hilfe dieses Vorgehens abschließend die Faktoren herausstellen lassen, die das Streben nach Wissen und Selbstständigkeit bei hochbegabten Vor- und Grundschulkindern fördern bzw. hemmen, um so der Kinderakademie Mannheim Ergebnisse zur Evaluation der Angebote und zur Schulung der Leiter ihrer Arbeitsgemeinschaften zu präsentieren.
Über den Rahmen der Kinderakademie hinaus erhält das Forschungsprojekt seine Aktualität durch den Beschluss der Kultusministerkonferenz „Förderstrategie für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler“ vom 11.06.2015. In diesem Beschluss wird die „Notwendigkeit, die Förderung von leistungsstarken und potenziell leistungsfähigen Schülerinnen und Schülern zu verbessern“ (KMK, 2015, S. 3), festgehalten, und es werden konkrete Förderbereiche und Fördermöglichkeiten herausgestellt: „Ziel der vorliegenden Förderstrategie ist es, Möglichkeiten für eine Optimierung der Lernbedingungen (…) aufzuzeigen durch Maßnahmen, die den spezifischen Anforderungen dieser Gruppe (…) auch durch außerschulische Angebote gerecht werden.“ (KMK, 2015, S. 3).

Literatur

Clinkenbeard, P. R. (2012). Motivation and gifted students: Implications of theory and research. In: Psychology in the Schools, Vol. 49(7), 2012 http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pits.21628/epdf Zugegriffen am 26. Juni 2015

Deci, E. L., Ryan, R. M. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. In: Contemporary Educational Psychology 25. http://ac.els-cdn.com/S0361476X99910202/1-s2.0-S0361476X99910202-main.pdf?_tid=74b2f21a-1b2e-11e5-ab1c-00000aacb35d&acdnat=1435232384_730a1c3 81d7fce2d5a278aac79dde80b. 26. Juni 2015

Dinkelaker J. & Herrle, M. (2009). Erziehungswissenschaftliche Videografie Eine Einführung. Reihe: Qualitative Sozialforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften

Feger, B., Prado, T. M. (1998). Hochbegabung Die normalste Sache der Welt. Darmstadt: Primus Verlag.

Heller, K. A. (2001). Hochbegabung im Kindes- und Jugendalter. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Göttingen: Hogrefe

KMK, 2015. Förderstrategie für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 11.06.2015). http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/350-KMK-TOP-011-Fu-Leistungsstarke_-_neu.pdf. 10. September 2015

Lehwald, G. (1981). Verfahren zur Untersuchung des Erkenntnisstrebens. In: Guthke, Witzlack (Hrsg.) (1981). Zur Psychodiagnostik von Persönlichkeitsqualitäten bei Schülern. Beiträge zur Psychologie, Band 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag

Lehwald, G. (1985). Zur Diagnostik des Erkenntnisstrebens bei Schülern. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag.

Lehwald, G. (2009). Beiträge zur Motivationsdiagnostik und Motivförderung in der Schule (5.–12. Schulstufe). özbf-Handreichungen zur Differenzierung von Lern-, Trainings- und Motivierungs-prozessen (Heft 2). http://www.oezbf.at/cms/tl_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/lehwald_2small.pdf. 26. Juni 2015

Lehwald, G., Paternostro, M. (2010). Beiträge zur Motivationsdiagnostik bei Volksschulkindern. ÖZBF Handreichung zur Differenzierung von Lern-, Trainings- und Motivierungsprozessen (Heft 3). http://www.oezbf.at/cms/tl_files/Publikationen/Veroeffentlichungen/Lehwaldheft_3_kleiner.pdf. 26. Juni 2015

Mönks, F. J., Ypenbeurg, I. H. (2000). Unser Kind ist hochbegabt: ein Leitfaden für Eltern und Lehrer. 3. Auflage. München, Basel: Reinhardt Verlag

Niedderer, H., Tiberghien, A., Buty, C., Haller, K., Hucke, L., Sander, F., … Welzel, M. (1998). Category Based Analysis of Videotapes from Labwork (CBAV) - Method and Results from Four Case-Studies; Targeted Socio-Economic Research Programme. Project PL 95-2005 Labwork in Science Education. http://www.idn.uni-bremen.de/pubs/Niedderer/1998-WP9.pdf. 28. Dezember 2014

Trautmann, T. (2008). Hochbegabt - was n(t)un? Hilfen und Überlegungen zum Umgang mit Kindern. Reihe: Hochbegabte, Bd. 6. 2. Auflage. Berlin: LIT Verlag

Steffen Smoor Universität Oldenburg
Michael Komorek

Forschendes Lernen von Lehramt Physik-Studierenden im Lehr-Lern-Labor

Aufgrund der Forderung nach einer besseren Verzahnung von Theorie und Praxis in der ersten Phase der Lehrerbildung (u.a. KMK, 2014) werden vor allem Schülerlabore als komplexitätsreduzierende Lernumgebung diskutiert, in der angehende Physiklehrkräfte Schüler_innen beim Experimentieren anleiten, ihre kognitiven Prozesse diagnostizieren und Angebot und Unterstützungen an die Bedarfe der Lernenden anpassen können. Die Studierenden befinden sich dabei in einer doppelten Rolle, als Lehrende im Schülerlabor und als Lernende bzgl. des Denkens der Schüler_innen. Durch den Einsatz von Schülerlaboren in der Lehre entstehen so genannte Lehr-Lern-Labore, die in Form von didaktischen Miniaturen an die Perspektiven von Schüler_innen und die Praxis der Vermittlung heranführen.
In einem von der Deutschen Telekom Stiftung geförderten Verbundprojekt (FU und HU Berlin, Unis Koblenz-Landau, Münster, Kiel, Oldenburg) werden Seminarformate entwickelt und erprobt, die Prozesse Forschenden Lernens bei Studierenden fördern und damit zur Professionalisierung beitragen sollen (vgl. Nordmeier et al., 2014). Vor diesem Hintergrund wird hier über eine Studie zum regulären Modul „Physikdidaktische Forschung für die Praxis“ des Master of Education Physik berichtet, das weiterentwickelt wird, damit Studierende Diagnose- und Reflexionskompetenz als Teil ihrer adaptiven Lehrkompetenzen (Beck et al., 2008) aufbauen und sich mit Planungs- und Adaptionsprozessen vertraut machen können.

Lehr-Lern-Labor unter Realbedingungen

Im Rahmen seiner empirischen Studie zu adaptiven Planungs- und Diagnoseprozessen Studierender im Lehr-Lern-Labor untersucht Mansholt die Rolle von Lehr-Lern-Laboren bei der Entwicklung von Planungs- und Diagnosekompetenzen der teilnehmenden Studierenden (vgl. Mansholt & Komorek, 2015). Da diese Studierenden viel Zeit und Aufmerksamkeit auf ihre Experimentierangebote für Schüler_innen verwenden konnten, bleibt die Frage, inwieweit studentische Experimentierangebote unter den Bedingungen eines regulären Hochschulseminars entstehen, optimiert und reflektiert werden können.
Dieser Frage soll hier nachgegangen werden. Um Adaptionen an die Lernmöglichkeiten der Schüler_innen zuzulassen und damit einen zyklischen Prozess hervorzurufen, werden die Angebote im Schülerlabor physiXS der Uni Oldenburg auf drei Besuche der Schüler_innen ausgerichtet. Die Studierenden durchlaufen dadurch Planungs-, Durchführungs- sowie Diagnose- und Reflexionsphasen mehrfach (vgl. Nordmeier et al., 2014) und haben so die Möglichkeit forschend zu lernen. Ein besonderes Augenmerk wird auf den Teilprozess der Diagnose gelegt: Die Studierenden setzen sich mit Diagnose von Schülerlernvoraussetzungen und unterschiedlichen Diagnosetools auseinander und erproben sie.
Auf Grundlage ihrer Diagnosedaten sollen sie eine Angebotsstruktur schaffen, die sich dem Bedarf der Schüler_innen anpasst. So kann z. B. untersucht werden, ob es stimmt, dass Schüler_innen mit hohen kognitiven Fähigkeiten gut durch offene Formate gefördert werden und Schüler_innen mit größerem Unterstützungsbedarf höheren Nutzen aus instruktionalen Angeboten ziehen. Mit der Struktur des Seminars ist beabsichtigt, dass sich durch den mehrfachen Durchlauf der Teilprozesse Planung, Diagnose, Reflexion und Adaption die entsprechenden Fähigkeiten der Studierenden weiterentwickeln. Als wichtiger Faktor, der die ‚Realbedingungen‘ ausmacht, ist die begrenzte Workload eines Moduls zu nennen; zudem wird durch die dreiteilige Struktur des Schülerlabors ein hohes Maß an Organisationsfähigkeit von den Studierenden verlangt; weitere Faktoren sind die Motivation der Schüler_innen und die ihnen zur Verfügung stehende wenige freie Zeit für Laborbesuche.

Forschungsdesign und Modulstruktur

Das Modul gliedert sich in die vier Phasen Einführung, Planung, Umsetzung und Reflexion. Um eine Prozessbegleitung zu gewährleisten, sind die Erhebungszeitpunkte auf die Modulphasen verteilt. In Abbildung 1 werden der schematische Ablauf der Erhebung und die Struktur des Moduls dargestellt. Die zentralen Fragestellungen sind in den Kästen zu finden; sie orientieren sich an der Wirksamkeit der Modulelemente (vgl. Hascher, 2011).

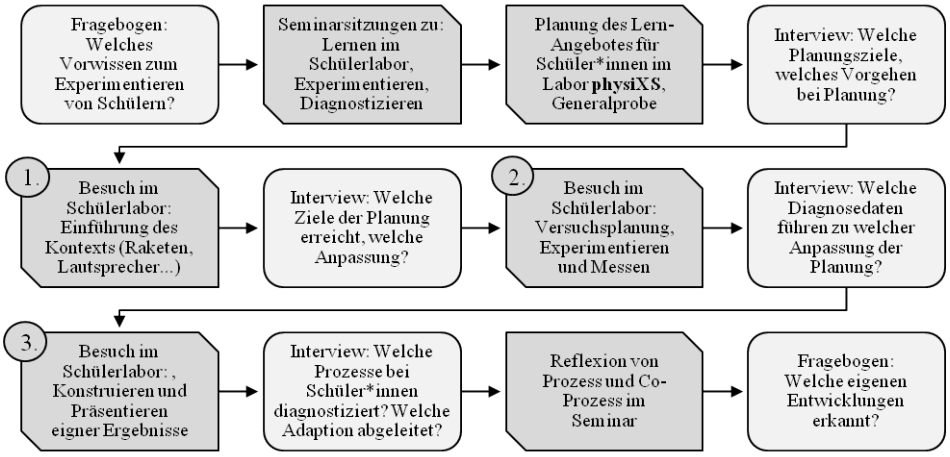


Abb. 1 Forschungsdesign (runde Kästen) und Modulstruktur (eckige Kästen) sind in der vorliegenden Studie miteinander verzahnt.

Vor und nach dem Seminar wird ein Fragebogen bearbeitet, mit dem die Teilkompetenzen zyklischen Forschenden Lernens im Schülerlabor untersucht werden bzw. der Zugewinn durch die Aktivitäten im Lehr-Lern-Labor. Die Studierenden beantworten Fragen zu ihren Planungsprozessen, welches Wissen sie für die Durchführung eines Lehr-Lern-Labors zu benötigen glauben, wie sie bei der Diagnose von Denk- und Lernprozessen vorgehen (wollen), wie sie die gewonnenen Daten reflektieren und wie sie darauf reagierend ihre Planungen anpassen (wollen).

Das Seminar beginnt mit Basisinformationen zu den Themen Lernen im Schülerlabor, Experimentieren, Diagnose und Reflexion von Denk- und Lernprozessen der Schüler_innen, Nutzung von Diagnosetools. Daran anknüpfend finden sich die Studierenden in Kleingruppen zusammen und planen die Besuche der Schüler_innen im Schülerlabor. Den Studierenden ist es dabei freigestellt, eher instruktional oder eher offen vorzugehen. Ein Planungsraster soll die Planungsprozesse unterstützen; ein abschließendes Durchdenken des Ablaufs schließt diese Phase ab. In der Begleitforschung wird nun ein Interview eingeschoben, das sich auf die Planungen bezieht. Planungsentscheidungen, Planungsmittel und Erwartungen stehen vor dem ersten Besuch der Schüler_innen im Mittelpunkt. Ebenso Fragen nach den geplanten Diagnose-, Reflexions- und Adaptionsmaßnahmen. Der explorative Charakter der Erhebung wird durch die qualitative Ausrichtung der Erhebungsinstrumente unterstützt. Die Interviews nach den einzelnen Besuchen im Schülerlabor zielen ab auf die Auswertung von Diagnosedaten, ihre Reflexion und die Art der Anpassung der Lehrgebote.

Studierende waren nicht nur als Anbieter für die Schülerlaborsituationen im Modul aktiv, sondern auch im Rahmen der Begleitforschung: In das oben dargestellte Design waren drei Studierende im Rahmen ihre Bachelorarbeiten mit den Interviews, Fragebögen und mit Beobachtungen befasst, wodurch auch für sie Forschendes Lernen realisiert wurde.

Ergebnis: Ebene Modulentwicklung
Das Modul „Physikdidaktische Forschung für die Praxis“ ist eines von mehreren am Standort, das im Rahmen des beschriebenen Projekts weiterentwickelt werden sollte, indem zyklisches Forschendes Lernen im Schülerlabor als neues Element der Lehrerbildung zu integrieren war. Es hat sich gezeigt, dass das grundsätzliche Ziel des Moduls, Studierende an aktuelle fachdidaktische Forschung heranzuführen und ihnen die Nützlichkeit von Forschungsergebnissen in der Praxis zu demonstrieren, durch das zusätzliche Element des Schülerlabors bestens erreicht werden kann. Allerdings wird das Modul durch dieses Element komplexer, mehrere theoretische und pragmatische Schichten sind für Lehrende und Studierende auseinanderzuhalten. Hier bedarf es in Zukunft größter Aufmerksamkeit, denn es besteht die Gefahr der Überforderung von Studierenden, Prozesse der Forschung von den eigenen Entwicklungen und denen der Schüler_innen getrennt zu sehen und dann aber aufeinander zu beziehen. In einem weiteren Durchgang ist hier mehr Gewicht drauf zu legen.

Ergebnis: Ebene Konstruktion von Angeboten im Schülerlabor
Die Studie hat gezeigt, wie eng Studierende an ihren Vorstellungen von instruktionalen Unterrichtsstunden hängen inkl. enger Führung und dyadischen Kommunikationssituationen, die durch die Studierenden als Lehrpersonen bestimmt sind. Dies geschieht, obwohl oder vielleicht gerade weil sie durch verschiedenen Praktika in der Schule auf einen eng geführten Unterrichtsstil getrimmt sind und ihr Erfahrungshorizont oft nur diesen erlaubt. Andere Fälle von Studierendengruppen zeigen, dass dies auch offener gestaltet werden kann, ohne dass die Erfahrung gemacht wurde, dass die notwendige Kontrolle der Prozesse oder Lernziele verloren ging. Diese Beispiele sind bei weiteren Durchgängen des Moduls explizit zu thematisieren und die Studierenden sind zu ermutigen, den Schüler_innen mehr Verantwortung für ihre Erkundungs- und Konstruktionsprozesse zu überlassen. Entsprechend sind auch die Schüler_innen daran heranzuführen, sich auf explorative Zugänge eines Themas einzulassen. Das bedeutet nicht, dass dabei das Modell des Forschenden Lernens auf Schülerseite immer das passende Modell darstellt.

Ergebnis: Ebene Curriculumentwicklung
Die Schwierigkeiten der Studierenden, die Schüler_innen offener arbeiten zu lassen, Diagnosedaten zu nutzen, um mit passenden Vorschlägen den Schüler_innen entgegenzutreten, sowie ihr Unbehagen in mancher ungewohnten Situation sprechen dafür, das Element der Schülerlabore von Anfang an in Module der Lehrerbildung zu integrieren. Es ergibt sich, dass wenn sich die Studierenden den Möglichkeiten eines Schülerlabors öffneten, haben sie es als bereichernd und hilfreich für die eigene Professionalisierung wahrgenommen.

Literatur

Beck, E., Baer, M., Guldimann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C. & Müller, P. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz: Analyse und Struktur, Veränderung und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens.* Münster: Waxmann.

Hascher, T. (2011). Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In: E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.). *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf.* Münster: Waxmann, 418-440

KMK (2014). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Abgerufen von http://www.kmk.org/dokumentation/veroeffentlichungen-beschluesse/bildung-schule/allgemeine-bildung.html [10.09.2015]

Komorek, M. (2015). Schülerlabore als dynamischer Lernort eines praxisnahmen Lehrerbildung. In: O. Haupt (Hrsg.). *Festschrift 10 Jahre Lela*. Dänischenhagen: Lernort Labor e.V.

Mansholt, M. & Komorek, M. (2015). Adaptive Planungs- und Diagnoseprozesse im Lehr-Lern-Labor. In: S. Bernholt (Hrsg.) *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. GDCP Jahrestagung in Bremen 2014*, Kiel: IPN, 289-291

Nordmeier, V. et al. (2014). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore – Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. Antrag an die Deutsche Telekom Stiftung.

Philipp Spitzer Universität Siegen
Martin Gröger

Zum Lernen im Freilandlabor: Eine Evaluationsstudie

Studien zur Wirkung schulischer Umweltbildung zeigen mehrheitlich höchstens kurzfristige Effekte auf das persönliche Umwelthandeln der Schülerinnen und Schüler (Rieß, 2003). All diesen Studien ist gemein, dass der Unterricht an eher schultypischen Orten stattfand. Einen anderen Ansatz verfolgten zum Beispiel Bogner (1998) sowie Dettmann-Easler und Peace (1999), indem sie die schulische Umweltbildung in sogenannte „outdoor-field-courses" verlegten und als Unterricht in der Natur durchführten. Ihre Befragungen ergaben sehr wohl Auswirkungen auf das individuelle Umweltverhalten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

In einer Evaluationsstudie zu Halbtagesexkursionen zum Thema Umweltanalytik von Schulklassen ins Freilandlabor FLEX (Gröger et al., 2012) untersuchen wir die Wirkung der außerschulischen Maßnahme auf das Umweltverhalten der Teilnehmenden. Da fraglich ist, ob durch einen nur wenige Stunden dauernden Besuch ganze Handlungsmuster verändert werden können, erscheint uns sinnvoll, zunächst mögliche Änderungen in Handlungsabsichten in Bezug auf das eigene Umwelthandeln zu untersuchen. Dazu wurde eine eigene Erhebung (siehe Abbildung 1) entwickelt, die hier in Auszügen vorgestellt wird.

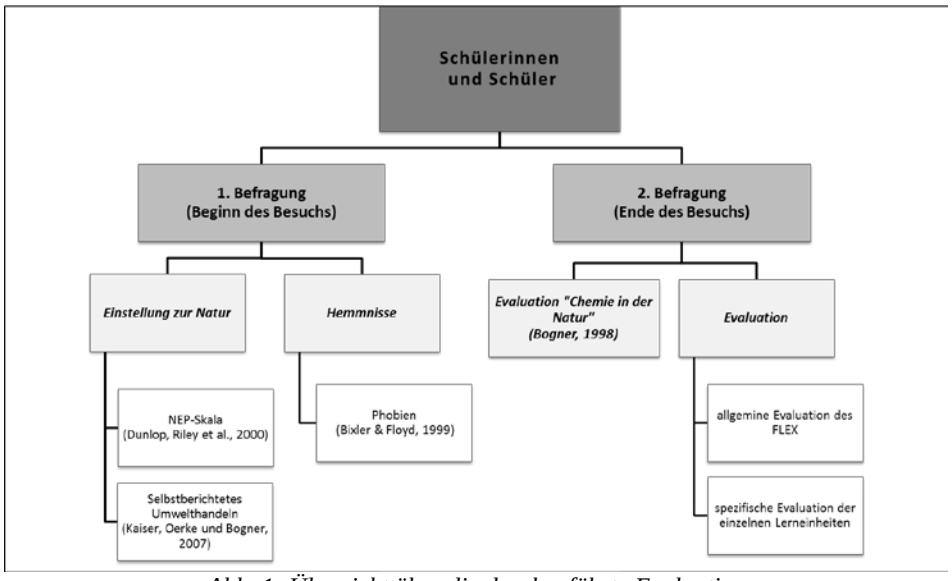


Abb. 1: Übersicht über die durchgeführte Evaluation

Stichprobe

Über drei Jahre hinweg (2012-2014) wurden Schüler/-innen im Freilandlabor zum besuchten Modul befragt. Die Gesamtgröße beträgt N = 212 Schülerinnen und Schüler (56,1% Jungen, 44,9% Mädchen). 80,2% der Schülerinnen und Schüler besuchten die Realschule, 12,7% das Gymnasium und 7,1% die Gesamtschule.

Chemie in der Natur

Die generierten Umwelthandlungsabsichten werden mit einem an Bogner (1998) angelehnten Fragenkatalog erhoben. Die befragten Schülerinnen und Schüler nehmen sich nach einem FLEX-Besuch vor, respektvoller mit der Natur umzugehen. Dies führt jedoch nicht zwangsweise dazu, dass sie nach dem Besuch auch häufiger hinaus in die Natur gehen.
Bezüglich des Chemieunterrichts geben sie an, dass sie im Freilandlabor mehr über Chemie lernen als in der Schule. Daraus lässt sich jedoch nicht ableiten, dass sie auch mehr Chemie verstehen. Möglicherweise spielt hier die hohe Komplexität chemischer Prozesse in der Natur eine Rolle.
Ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern konnte bei der Auswertung nicht festgestellt werden.

Phobien

Die befragten Schülerinnen und Schüler haben nahezu keine Angst vor den mit Items von Bixler & Floyd (1999) abgefragten Phobien. Lediglich die Items „Eine Zecke finden, die sich in meine Kopfhaut beißt“ (m = 3,20) und „aus Versehen in Tierkot treten“ (m= 3,63) rufen leichtes Unbehagen hervor (signifikanter Unterschied zum Skalenmittelwert).

Chemie lernen im FLEX

Mit Hilfe einer explorativen Faktorenanalyse mit Varimaxrotation konnten die drei Faktoren „Chemie lernen im FLEX“, „Freude am Lernen im FLEX“ und „Einfluss des FLEX auf das Verhältnis zur Natur“ extrahiert werden. Alle drei Faktoren weisen gute Reliabilitäten auf (siehe Tabelle 1).
Der Faktor „Chemie lernen im FLEX“ korreliert hoch mit der Freude am Lernen im FLEX (r = .642, 2-seitig signifikant) sowie mit dem Einfluss des FLEX auf das Verhältnis zur Natur (r = .663, 2-seitig signifikant). Eine moderate bis große Korrelation ist zwischen den Faktoren „Einfluss des FLEX auf das Verhältnis zur Natur“ und der Freude am Lernen im FLEX erkennbar (r = .478, 2-seitig signifikant). Die Notengebung für die Gesamtnote des Workshops korreliert stark mit dem Faktor „Freude am Lernen im FLEX“ (r = -.664, 2-seitig signifikant) gefolgt von dem Faktor „Chemie lernen im FLEX“ (r = -.511, 2-seitig signifikant).
Die extrahierten Faktoren korrelieren nur gering mit Items zur Messung der Hemmnisse. Es ist somit davon auszugehen, dass eventuell vorhandene Phobien sich nicht negativ auf die drei Faktoren auswirken und somit einem Lernen im FLEX nicht entgegenstehen.

Faktor	Item
Chemie lernen im FLEX r = .841	Während des Besuchs im FLEX habe ich mehr über Naturwissenschaften oder Chemie gelernt als in der Schule.
	Der Besuch im FLEX hat dazu beigetragen, dass ich mehr in Chemie verstehe.
	Ich habe heute etwas über Chemie gelernt.
	Ich habe heute gelernt, dass Chemie auch in der Natur zu finden ist.
	Im FLEX lerne ich mehr über Chemie als im normalen Chemieunterricht.
	Der Besuch im FLEX hat mich weitergebracht.
Freude am Lernen im FLEX r = .802	Mein bester Freund/ meine beste Freundin sollte auch die Möglichkeit zu einem Besuch des Freilandlabors FLEX haben
	Im FLEX ist Chemie spannender als im normalen Chemieunterricht.
	Der Besuch im FLEX hat mir Spaß gemacht.
Einfluss des FLEX auf das Verhältnis zur Natur r = .782	Ich will die Natur bewusster wahrnehmen und respektvoller mit ihr umgehen.
	Der Besuch im FLEX hat mich dazu ermutigt häufiger raus in die Natur zu gehen.
	Wörter wie Natur und Leben sind mit wichtiger geworden.

Tabelle 1: Extrahierte Faktoren aus dem Itempool

Wir bedanken uns bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die Förderung des Freilandlabors „FLEX“

Literatur

Bixler, R. D., und Myron, F. F. (1999). Hands On or Hands Off? Disgust Sensitivity and Preference for Environmental Education Activities. The Journal of Environmental Education, 30(3), 4–11.

Bogner, F. X. (1998). The Influence of Short-Term Outdoor Ecology Education on Long-Term Variables of Environmental Perspective Journal of Environmental Education, 29(4), 17.

Dettmann-Easler, D. J. L. (1999). Evaluating the Effectiveness of Residential Environmental Education Programs in Fostering Positive Attitudes Toward Wildlife. Journal of Environmental Education, 31(1), 33

Dunlap, R. E. et al. (2000). Measuring Endorsement of the New Ecological Paradigm: A Revised NEP Scale. Journal of Social Issues, 56(3), 425–442.

Gröger, M,. Janssen, M., Spitzer, P., Wurm, K. (2012): Das Freilandlabor mit Experimentierfeld (FLEX) als außerschulischer und außeruniversitäter Lernstandort. In D. Brovelli, K. Fuchs (Hrsg.), Kompetenzentwicklung an außerschulischen Lernorten. Tagungsband zur 2. Tagung Außerschulische Lernorte der PHZ Luzern vom 24. September 2011 (S. 11-34). Zürich: Lit.

Kaiser, F. G., Oerke, B., and Bogner, F. X. (2007). Behavior-based environmental attitude: Development of an instrument for adolescents. Journal of Environmental Psychology, 27(3), 242–251.

Rieß, W. (2003). Die Kluft zwischen Umweltwissen und Umwelthandeln als pädagogische Herausforderung. Entwicklung und Erprobung eines Prozessmodels zum "Umwelthandeln in alltäglichen Anforderungssituationen". Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 9, 147–159.

Anita Jeremias
Andreas Kometz
Universität Erlangen-Nürnberg

Außerschulisches Experimentieren – Ein Schülerlabor im Schullandheim

Der durch Studien festgestellte kontinuierliche Interessensabfall am Fach Chemie (vgl. Stern & Möller, 2004) fordert in der fachdidaktischen Bildungslandschaft Interventionsmaßnahmen, die diesem Problem präventiv entgegenwirken. Das Forschungsprojekt „NESSI im Schullandheim“ beinhaltet die Auslagerung, Weiterentwicklung und Adaption des seit zehn Jahren etablierten klassischen Schüler- und Lehr-Lern-Labors NESSI-Lab (Nürnberger-Erlanger-Schüler und Schülerinnen-Labor) an die Bedingungen des außerschulischen Lernortes Schullandheim. Dabei ist das primäre Ziel, Materialien zu konzipieren, die eine interessesteigernde Wirkung haben und sich somit positiv auf die Lernmotivation der Schülerinnen und Schüler auswirken sowie einen Wissenszuwachs zum jeweiligen Thema herbeiführen. Die Überprüfung des Interventionserfolgs vollzieht sich anhand einer quantitativen Stichprobenuntersuchung zu drei Messzeitpunkten durch adaptierte und pilotierte Fragebögen.

Theoretischer Hintergrund

Neben geeigneten Themen ist es für den Interventionserfolg von zentraler Bedeutung, jene Kriterien zu eruieren, die dieses Konzept für die angestrebte Wirkung erfüllen muss. Die Materialien werden basierend auf der Interessenstheorie nach KRAPP konzipiert, sodass durch projekt- und tätigkeitsorientiertes Arbeiten sowie forschendes, kompetenzorientiertes und situiertes Lernen mit einem hohen Anteil an Schüleraktivitäten und naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen die affektiven und kognitiven Ziele erreicht werden. Die Komponenten „Motivation“ und „Interesse“ und deren theoretische Ansätze sind für die Konzeption der Materialien von großer Relevanz, weil sie dafür sorgen, dass Lernende auch längerfristig nach der aktiven Auseinandersetzung mit bestimmten Fächern streben (vgl. Schiefele, 2008). Da das Interesse die aktuelle Lernmotivation von Schülerinnen und Schülern beeinflusst, muss neben den motivationspsychologischen Hintergründen nach RHEINBERG auch dem interessenstheoretischen Ansatz nach KRAPP eine tragende Rolle zukommen. KRAPP unterscheidet innerhalb seines Rahmenmodells zwischen situationalem und individuellem Interesse (vgl. Krapp 1998, S.191), wohingegen das Grundmodell nach RHEINBERG jene Zustände als aktuelle Motivation und Verhalten deklariert (vgl. Rheinberg, 2000, S.70). Die Bedingungsfaktoren setzen sich aus der Person, dem Reiz und der Lernsituation zusammen, welche in situationales Interesse bzw. aktuelle Motivation innerhalb des sogenannten aktuellen individuellen Zustands münden. Wenn die Interessenhandlung also von außen forciert wird und somit gegenstands- und situations-immanente Anreize (Interessantheit eines Gegenstands) Anlass dazu geben, sich mit jenem Gegenstand auseinanderzusetzen, ist die Rede vom situationalen Interesse oder einer Person-Gegenstands-Beziehung (vgl. Guderian, 2007) bzw. von Verhalten. Wohingegen sich eine wiederholte Auseinandersetzung mit einem reizvollen Gegenstand, dem vor der Handlung kein ausgeprägtes individuelles Interesse vorausging, dazu führen kann, dass diese sich zu einer stabilen individuellen Handlungsbereitschaft entwickeln, nämlich der Bereitschaft, sich weiterhin aus eigenem Antrieb mit dem Gegenstand zu beschäftigen (vgl. Guderian, 2007). Durch den Prozess der Internalisierung wird folglich ein individuelles Interesse bzw. Verhalten geschaffen, das im Vergleich zum situationalen Interesse einen anhaltenden Entwicklungseffekt impliziert. Die Analogie der Modelle sowie deren Korrelation sind

deutlich zu erkennen und somit sind beide Modelle als theoretische Basis gleichermaßen zu berücksichtigen.
Das Forschungsprojekt „NESSI im Schullandheim“ setzt sich mit der Verknüpfung zweier außerschulischer Lernorte – Schullandheim und Schülerlabor – auseinander und konzentriert sich bei der Materialkonzeption auf jene Merkmale, die eine Lernumgebung besonders interessenfördernd wirken lassen. Somit wird zunächst ein situationales Interesse in einer authentischen Lernumgebung erreicht, das durch die wiederholte Auseinandersetzung innerhalb des Schullandheimaufenthaltes den Prozess der Internalisierung begünstigt, um somit das Ziel des individuellen Interesses mit anhaltendem Entwicklungseffekt zu erlangen.

Der außerschulische Lernort Schullandheim

Ergänzend neben den Kriterien auf inhaltlicher Ebene muss noch die Problematik einer geeigneten Lernumgebung, die sowohl die Durchführbarkeit als auch eine gute Erreichbarkeit möglichst vieler Schülerinnen und Schüler erfüllt, geklärt werden. Da sich am außerschulischen Lernort Schullandheim aufgrund von curricularer und institutioneller Freiheiten die zuvor aufgeführten Lernansätze und -theorien gut vereinen lassen, wird die Intervention auf diese Lernumgebung verlagert. Es herrscht kaum Noten-, Zeit-, Lehrplan- und Leistungsdruck, da den Lehrkräften die Gestaltung des Schullandheimaufenthaltes freigestellt ist. Es sollen zwar schul- und lehrplanrelevante Aspekte aufgegriffen werden, jedoch mit großen inhaltlichen und konzeptionellen Spielräumen sowie ohne strikte Vorgaben bezüglich Leistungserhebungen, wodurch dem forschenden Lernen ein anderer Charakter und mehr Raum zugesprochen werden kann. Außerdem können viele – vor allem ländliche Schulen – das universitäre Angebot von klassischen Schüler- bzw. Lehr-Lern-Laboren, deren interessesteigernde Wirkung in der Vergangenheit bereits belegt werden konnte (vgl. Brandt, Möller& Kohse-Höinghaus, 2008), wegen zu weiter Entfernungen nicht wahrnehmen. Zusätzlich sind solche Angebote aufgrund ihrer hohen Beliebtheit meist mit langen Wartezeiten verbunden, da die räumlichen und zeitlichen Kapazitäten beschränkt und nicht auf eine besonders hohe Besucherfrequenz ausgelegt sind. Jedoch ist der Besuch eines Schullandheims in den meisten Bundesländern fester Bestandteil der Primar- oder ersten Sekundarstufe und so fahren fast alle Schülerinnen und Schüler mindestens einmal für drei bis fünf Tage mit ihrer Klasse ins Schullandheim, weswegen sich die Intervention für diesen Lernort besonders eignet. Im Verband Deutscher Schullandheime e.V. sind knapp 400 Schullandheime in 14 Bundesländern organisiert, die jährliche Besucherzahlen von über 1,2 Millionen Schülerinnen und Schüler aufweisen (vgl. Verband Deutscher Schullandheime e.V., 2015).

Konzeption, Umsetzung und Evaluation des Projekts „NESSI im Schullandheim“

Durch die Kooperation mit dem 2013 eröffneten Europäischen Schullandheim Bad Windsheim, das die Förderung des naturwissenschaftlichen Arbeitens zu einem seiner Leitgedanken ernannt hat, kann das Forschungsprojekt praktisch erprobt und evaluiert werden. Die inhaltliche Umsetzung erfolgt anhand von fünf Modulen (ein Modul umfasst drei Stunden an einem Vor- oder Nachmittag), differenziert durch zwei Schwierigkeitsstufen, die nach dem Baukastenprinzip flexibel miteinander verknüpft oder auch einzeln durchgeführt werden können. Thematisch werden die Module aufgrund der authentischen Lernumgebung Natur und des großen Potenzials

Abb. 1: Das Schullandheim Bad Windsheim

hinsichtlich eines fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterrichts rund um das Themengebiet „Wasser“ entwickelt. Bewährte Materialien des NESSI-Labs werden adaptiert und erweitert, sodass den Schullandheimklassen ein projektorientiertes und abwechslungsreiches Lernen zur Erforschung der Phänomene der Umwelt, Natur und des Alltags ermöglicht wird. Für die praktische Umsetzung des Projekts wurden drei Durchführungsoptionen entwickelt. Die Betreuung der Schülergruppen kann durch Studierende innerhalb universitärer Blockveranstaltungen oder die jeweiligen Lehrkräfte erfolgen, die zuvor während einer ganztägigen Fortbildung eingearbeitet wurden. Deshalb müssen die Materialien selbsterklärend sein, sodass eine intensive Betreuung nicht zwingend notwendig, sondern nur optional möglich ist. Eine weitere Betreuungsmöglichkeit bieten ausgebildete Schülerinnen und Schüler aus Gymnasien und Realschulen eines Peer-Tutoring-Programms, das an einer Partnerschule zukünftig auch als P-Seminar der bayerischen Gymnasialoberstufe etabliert werden soll. Die Pilotstudie zur Erprobung eines Testmoduls mit N=50 wird zur Validierung der adaptierten Fragebögen zur aktuellen Motivation (FAM-Fragebogen mit 18 Items der vier Komponenten Erfolgswahrscheinlichkeit, Herausforderung, Misserfolgsbefürchtung und Interesse, nach Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) und zum Wissen durchgeführt. Die Überprüfung der Interventionsergebnisse erfolgt in der Hauptstudie durch eine quantitative Erhebung mit Stichprobe N=300 aus insgesamt zwölf Klassen der dritten und vierten Jahrgangsstufe mittels Experimental-Kontrollgruppen-Design zu drei Messzeitpunkten (Prätest und Posttest sowie Behaltenstest einige Monate später). Auf diese Weise kann festgestellt werden, ob die Motivation und das Wissen der Interventionsgruppen einen signifikanten Unterschied zur Kontrollgruppe aufweisen und mit welcher Nachhaltigkeit dies am außerschulischen Lernort Schullandheim mit all seinen Möglichkeiten geschieht.

Abb. 2: Ein Realschul-Tutor betreut Lernende der fünften Jahrgangsstufe beim Experimentieren.

Literatur

Verband Deutscher Schullandheime e.V., unter: http://www.schullandheim.de/. [Stand: 10.09.2015]

Ahnert, L. (2014). Theorien in der Entwicklungspsychologie, Berlin Heidelberg: SV.

Brandt, A., Möller, J. & Kohse-Höinghaus, K. (2008). Was bewirken außerschulische Experimentierlabors? Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 22, 5-12.

Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I.

Krapp, A. (2014). Theorien der Lern- und Leistungsmotivation (S.252-276). In: L. Ahnert (Hrsg.), Theorien in der Entwicklungspsychologie, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Krapp, A. (1998) Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht Jg. 45, S. 185-201. München Basel: Ernst Reinhardt Verlag.

Rheinberg, F. (2000). Motivation (3. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern-- und Leistungssituationen. Diagnostica, 2, 57-66.

Schiefele, U. (2008): Lernmotivation und Interesse. In: Schneider, Wolfgang; Hasselhorn, Marcus (Ed.), Handbuch der Pädagogischen Psychologie B10 (S. 38-49). Göttingen: Hogrefe.

Stern, E. & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichtes. In D. Lenzen, J. Baumert, R. Watermann & U. Trautwein (Hrsg.), PISA und die Konsequenzen für die erziehungswiss. Forschung (S.25-36). Wiesbaden: VS.

Fabian Leiß RWTH Aachen
Ralf Detemple
Heidrun Heinke

Wie arbeiten Wissenschaftler? Antworten aus dem Schülerlabor

Einleitung

Schülervorstellungen zur Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern weisen häufig große Diskrepanzen zur gegenwärtigen Forschungswelt auf. Dies zeigt sich nicht nur in den „tendenziell naiv-empiristischen“ Vorstellungen (Höttecke, 2001) von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, sondern auch in den Vorstellungen von äußeren Bedingungen realer Forschung. So stellen sich viele Schülerinnen und Schüler (SuS) eine Person in der Forschung meist als „allein und isoliert arbeitend“ vor (Höttecke, 2001).

Ziel dieser Arbeit ist daher die Vermittlung eines differenzierten Bildes moderner wissenschaftlicher Forschung, insbesondere des kommunikativen und kooperativen Charakters heutiger Forschungsarbeiten. An der RWTH Aachen wird im Rahmen eines Teilprojektes zur Öffentlichkeitsarbeit des Sonderforschungsbereiches 917 (SFB 917, 2015) ein Schülerlabor aufgebaut, das diese Thematik behandelt. Im vorliegenden Artikel werden zuerst einige Merkmale des SFB genannt, die bei der Konzeption des Schülerlabors für die Mittelstufe berücksichtigt werden. Anschließend wird auf die Umsetzung im Schülerlabor eingegangen sowie das Studiendesign zur Untersuchung der Schülervorstellungen von naturwissenschaftlicher Arbeit dargestellt.

Das wissenschaftliche Vorbild für das Schülerlabor

Die Anbindung des Schülerlabors an den Sonderforschungsbereich 917 zum Thema Nanoswitches bietet vielfältige Möglichkeiten den SuS die Bedingungen der Forschungswelt zu veranschaulichen. Gerade die interdisziplinäre Forschung in Sonderforschungsbereichen spiegelt die Aufteilung der wissenschaftlichen Arbeit nach Kompetenzen und Themenschwerpunkten wider, so dass ein hohes Maß an Kommunikation und Kooperation nötig wird. Neben internen Meetings und Vorträgen sind auch internationale Konferenzteilnahmen und Publikationen Teil der wissenschaftlichen Arbeit. Das Forschungsfeld der resistivschaltenden elektronischen Speichereinheiten bietet in Zeiten von Smartphones und Tablets alltagsnahe Möglichkeiten den SuS die Aktualität und den Anwendungsbezug des konkreten Forschungsthemas zu verdeutlichen.

Umsetzung im Schülerlabor

Für das Kennenlernen und Erleben von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen durch die SuS werden für die Konzeption des Schülerlabors neben fachlichen Inhalten auch typische Merkmale und Strukturen des SFB 917 ausgewählt und auf das Schülerlabor übertragen. In Form eines Planspiels sollen sowohl die Notwendigkeit für arbeitsteiliges Forschen in Gruppen, als auch die Zusammenarbeit aller Gruppen für ein gemeinsames Forschungsziel, explizit thematisiert werden. Das gemeinsame Ziel – Materialien für neuartige Datenspeicher zu erforschen – soll die Schülergruppen einerseits motivieren und dient andererseits dazu, ihnen im Planspiel Verantwortung zu übertragen. Selbstständiges Experimentieren steht dabei im Mittelpunkt der Gruppenarbeiten. Wie in der realen Forschung wird auch im Schülerlabor kooperiert, um gemeinsam zu Ergebnissen zu gelangen.

Der Ablauf solcher Kooperation wird im Folgenden am Beispiel der Schülerlaborstation zur Bestimmung der Kristallisationsgeschwindigkeit eines Salzhydrates skizziert (siehe Abbildung 1). An dieser Station arbeiten sich drei Teams zunächst an verschiedenen Versuchsauf-

bauten unabhängig voneinander in verschiedene Arbeitstechniken ein, um sich zu Experten auszubilden. Team A übernimmt die Herstellung von Proben, indem es für die spätere Kristallisation ein Materialgemisch zusammenstellt und erwärmt, bis es sich verflüssigt. Währenddessen wird von Team B die Untersuchung der Probe mittels Videoaufnahme vorbereitet. Für gut erkennbare Videos des Kristallisationsprozesses werden Umgebungsbedingungen getestet und ausgewählt. Sobald von Team A das Material vorbereitet ist, wird es zur Untersuchung zu Team B gebracht. Gemeinsam führen die beiden Teams die weiteren Schritte zur Videoaufnahme des Kristallisationsprozesses durch. Mit den aufgenommenen Videodaten wird nun mit Team C am dritten Aufbau die Auswertung vorgenommen. Team C hatte sich dafür zuvor in ein Videoanalyseprogramm eingearbeitet. Zur Wiederholung einzelner Schritte oder zur Variation von Parametern des Materialgemisches ist jeweils ein Austausch zwischen den Teams nötig. Auf diese Weise sind alle Teams in den gemeinsamen Forschungsprozess eingebunden und können durch ihre Ergebnisse oder Kompetenzen zum Erreichen des gemeinsamen Zieles beitragen.

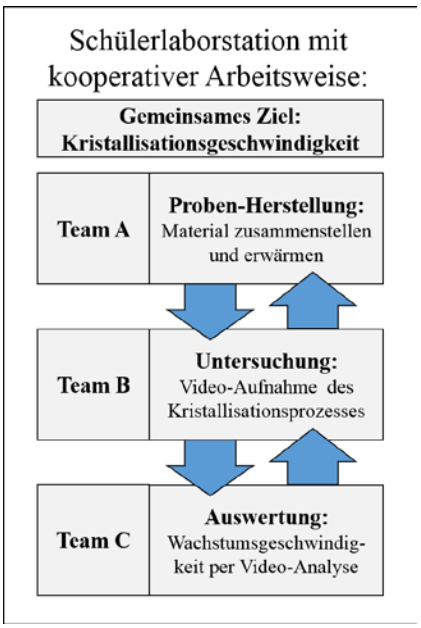


Abbildung 1: Beispiel einer Schülerlaborstation, bei der die Abläufe an die der realen Forschung angelehnt sind.

Neben der Kooperation während der Gruppenarbeitsphasen findet zu Beginn und am Ende des Schülerlaborbesuches im Rahmen von Schülerkonferenzen eine Zusammenarbeit aller Gruppen statt. Diese verschiedenen Elemente der Zusammenarbeit sollen den SuS in Form des Planspiels einen Eindruck von Kooperation in der realen Forschung ermöglichen. Außerdem besteht mithilfe von Vorlagen die Möglichkeit noch während des Schülerlaborbesuchs oder im Anschluss Texte im Stile kurzer wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu erstellen.

Studiendesign

Zur Untersuchung möglicher Änderungen der Schülervorstellungen von naturwissenschaftlicher Arbeit durch die Aktivitäten im Schülerlabor wird für eine Pilotierung ein geeignetes Erhebungsinstrument benötigt, mit dem sich die Schülervorstellungen explorativ erfassen lassen.

Seit den 1960er Jahren wurden Studien durchgeführt, in denen SuS ihre Vorstellungen eines Wissenschaftlers zeichnerisch darstellten (Chambers, 1983). Das *Draw-A-Scientist Test*-Format und dessen Weiterentwicklungen wurden wegen ihrer einfachen und sprachunabhängigen Aufgabenstellung auch für internationale Vergleiche genutzt. Diese Studien dienten insbesondere zur Untersuchung stereotypischer Vorstellungen von Wissenschaftlern im Laufe der Zeit sowie deren Aufkommen bei Schulkindern. In den Zeichnungen zeigte sich beispielsweise die Sicht der Kinder, wonach ein weißer Kittel oder eine Brille typische Merkmale eines Wissenschaftlers seien. Diese Ergebnisse werden auch in neueren Untersuchungen der Schülervorstellungen vom Bild der Physik bzw. eines Physikers bestätigt (Mikelskis-Seifert & Müller, 2005).

Für die vorliegende Pilotierung wurde in Anlehnung an diese Studien ein eigenes Format entwickelt, mit dem die Vorstellungen der SuS vom Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlern erfasst werden sollen. Im Unterschied zu bisherigen Formaten werden die SuS aufgefordert,

drei für die Arbeit von Naturwissenschaftlern typische Situationen zu zeichnen. So wird auch die Möglichkeit gegeben ganz unterschiedliche Situationen oder einen Verlauf darzustellen. Außerdem werden die SuS gebeten ihre Zeichnungen in wenigen Sätzen zu beschreiben, um bei der Auswertung gegebenenfalls darauf zurückgreifen zu können. Des Weiteren werden Alter und Geschlecht abgefragt.

Erste Daten wurden mit dem entwickelten Format an einer Aachener Gesamtschule (N=148) und im Rahmen einer Schüleruniversität (N=18) an der RWTH Aachen erhoben. Bei der Erhebung in der Gesamtschule handelt es sich um Schüler der Klassenstufen acht und neun und damit um die Zielgruppe des Schülerlabors. Die SuS der Schüleruniversität, die während der Sommerferien stattfand, waren aus der Klassenstufe 11. Wegen ihres höheren Alters, insbesondere aber wegen ihres ausgeprägten Physik-Interesses und ihrer Aktivitäten in der Schüleruniversität ist zu erwarten, dass diese SuS deutlich differenziertere Vorstellungen vom naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag besitzen als die SuS der Mittelstufe. Ein vorläufiger Eindruck zeigt bei den Zeichnungen der Klassenstufe 11 deutlich häufiger Darstellungen von Theorie-Arbeiten, Auswertungen gemessener Daten und Präsentationen, als dies in der Mittelstufe der Fall ist. Zwei Beispiel-Zeichnungen mit zugehörigem Text sind in den Abbildungen 2 und 3 gezeigt. Im nächsten Schritt werden nach dem Verfahren der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) Kategorien für die dargestellten Situationen und Handlungen von typischen Alltagssituationen ermittelt. Aufbauend auf diesen Kategorien soll im Folgenden ein quantitatives Erhebungsinstrument entwickelt werden, bei dem die SuS ihre Vorstellungen vom Arbeitsalltag von Wissenschaftlern nicht durch Zeichnungen, sondern durch Symbole im Stile von ClipArts in einer Programmoberfläche darstellen. Auf diese Weise lassen sich Anzahl und Verknüpfungen der Symbole quantitativ auswerten. Mit diesem Erhebungsinstrument sollen mögliche Änderungen der Schülervorstellungen unter dem Einfluss des Schülerlaborbesuchs in Pre-Post-Tests untersucht werden.

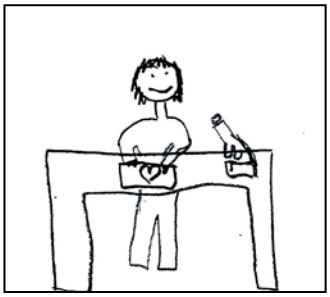


Abbildung 2: Zeichnung einer Schülerin der Klasse 8:„Ein Forscher untersucht das Herz eines Rauchers und eines Nicht-Rauchers“

Abbildung 3: Schülerzeichnung aus der Klassenstufe 11: „Deutung/Auswertung der Messergebnisse im Büro“

Danksagung

Die Autoren danken der DFG für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Projektes zur Öffentlichkeitsarbeit im Sonderforschungsbereich 917.

Literatur

Höttecke, D. (2001). Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen. Dissertation Uni Oldenburg, Berlin: Logos Verlag

SFB 917 (2015). Sonderforschungsbereich Nanoswitches: www.sfb917.rwth-aachen.de

Chambers, D.W. (1983). Stereotypic Images of the Scientist: The Draw-A-Scientist Test. Science Education 67 (2), 255-265

Mikelskis-Seifert, S., Müller, C.T. (2005). Schülervorstellungen von der Physik als Wissenschaft – Eine Bestandsaufnahme. Didaktik der Physik, Frühjahrstagung Berlin, Nordmeier, V. & Oberländer, A. (Hrsg.), Berlin: Lehmanns Media

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11.Auflage, Weinheim und Basel: Beltz Verlag

Julia Woithe[1,2]
Sascha Schmeling[1]
Jochen Kuhn[2]
Andreas Müller[3]

[1]CERN, Genf, Schweiz
[2]TU Kaiserslautern, Deutschland
[3]Université de Genève, Schweiz

Konzepttest für Teilchenphysik im Forschungsumfeld Schülerlabor

S'Cool LAB[1] ist ein internationales Teilchenphysik-Schülerlabor am CERN (Genf, Schweiz) mit dem Ziel, Aspekte der Technologie und Forschung des weltweit größten Teilchenphysik-Labors durch geeignete Experimente für Jugendliche begreifbar zu machen. Im S'Cool LAB durchgeführte Lernaktivitäten werden im Rahmen einer Evaluationsstudie untersucht. Um dabei insbesondere auf bestehende Schülervorstellungen einzugehen, wird ein Konzepttest zur Teilchenphysik entwickelt, mit Jugendlichen und Lehrpersonen erprobt und empirisch validiert.

Konzeption des Schülerlabors S'Cool LAB

Als außerschulischer Lernort bietet S'Cool LAB Jugendlichen (16-19 Jahre) die Gelegenheit, selbstständig in Kleingruppen zu experimentieren. Die Jugendlichen kommen aus mehr als 20 Ländern meist im Rahmen von Exkursionen nach Genf und lernen am Vormittag das CERN und dessen reale Forschungsstätten kennen, während am Nachmittag Experimente (Tab. 1) im S'Cool LAB durchgeführt werden. Mit Hilfe von High-Tech Equipment, welches zum Teil direkt für die Forschung am CERN entwickelt wurde, führen die Jugendlichen Messungen zur Teilchenbeschleunigung, Teilchendetektion sowie zu Grundlagen und Anwendungen der Teilchenphysik durch.
S'Cool LAB bietet aber nicht nur Forschungsmöglichkeiten für Jugendliche, sondern dient auch als Experimentierumgebung für Physikdidaktik-Forschung. Lernaktivitäten werden fortlaufend evaluiert und überarbeitet, zusätzlich liegt ein Forschungsschwerpunkt auf Schülervorstellungen bezüglich Experimenten der Modernen Physik.

Teilchenbeschleunigung	Grundlagen	Anwendungen	Teilchendetektion
Elektronenröhre	Hall-Effekt	Röntgengerät	Nebelkammer
Spez. Ladung e/m	Rutherford Exp.	PET Modell-Exp.	Pixeldetektor MX-10
Supraleitung	Franck-Hertz Exp.		CosMO Detektor
Paulfalle	Fotoeffekt		Kamio-Kanne

Tab. 1: Übersicht über Experiment-Ausstattung im S'Cool LAB[2]

Prediction-Observation-Explanation Tasks

Dazu sind Prediction-Observation-Explanation (POE) Tasks (White & Gunstone 1992) integraler Bestandteil der Experimentieraktivitäten im S'Cool LAB mit dem Ziel, das Denken von Jugendlichen zu untersuchen und Lernen zu fördern (Miller, Lasry, Chu & Mazur 2013). Der schematische Ablauf der POE Tasks im S'Cool LAB ist in Abbildung 1 dargestellt.
Die Jugendlichen treffen vor geeigneten Experimentierschritten zunächst individuell Vorhersagen zum Ausgang des Experiments und begründen diese. Durch die Beobachtung des Experiments werden die Vorhersagen der Jugendlichen unterstützt oder widerlegt. Die darauf folgende Diskussion in der Gruppe mit Hilfe von Tutoren soll dabei helfen, etwaige Unterschiede zwischen Vorhersagen und Beobachtung zu erklären.

[1] S'Cool LAB Website: http://cern.ch/s-cool-lab
[2] S'Cool LAB Website: http://cern.ch/s-cool-lab/experiments

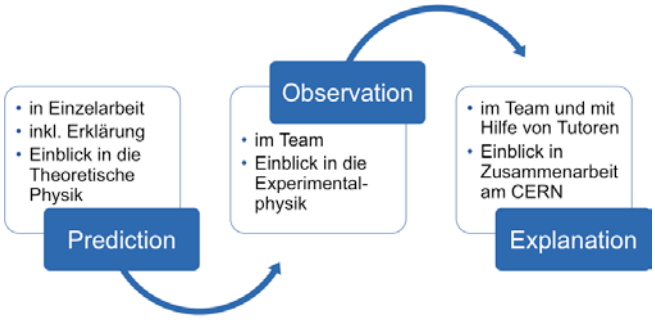


Abb. 1: Prediction-Observation-Explanation Tasks im S'Cool LAB

Durch den systematischen Einsatz von POE Tasks wird analog zu den Ergebnissen von Miller, Lasry, Chu & Mazur (2013) ein deutlicher Zuwachs im Konzeptverständnis der Jugendlichen erwartet.

Vorstellungen zu ionisierender Strahlung und Elektromagnetismus

Zurzeit wird im S'Cool LAB ein Workshop bestehend aus drei Experimenten (Nebelkammer, Röntgengerät, Elektronenröhre) angeboten, daher richtet sich die Entwicklung des Konzepttests nach damit assoziierten Physikkonzepten. Zusätzlich ist die Erweiterung des Angebots durch weitere Experimente in Vorbereitung. Da zu einigen zentralen aber abstrakten Konzepten der Teilchenphysik (z. B. Farbladung, schwache Wechselwirkung) bei Jugendlichen weder Vorstellungen basierend auf Alltagserfahrungen noch auf bisherigen Instruktionen (*experiental* & *instructional students' conceptions* nach Skelly & Hall (1993)) zu erwarten sind, liegt der Fokus zunächst ganz bewusst auf Vorstellungen bezüglich der im S'Cool LAB durchgeführten Experimente, die an bekanntes (Schul-)Wissen anknüpfen (Tab. 2).

Ionisierende Strahlung[3]	Elektromagnetische Wechselwirkung[4]
- Selbst ohne Quelle verweilt Strahlung eine Weile (Eijkelhof, Klaassen, Lijnse & Scholte 1990). - Bestrahlte Objekte werden selbst radioaktiv (Eijkelhof, Klaassen, Lijnse & Scholte 1990). - Strahlung kann entweder vollständig oder gar nicht gestoppt werden (Riesch & Westphal 1975). - Die Eigenschaften ionisierender Strahlung sind dieselben wie die von Licht, z.B. Reflektion durch Schirm (Riesch & Westphal 1975), vergleichbare Durchlässigkeit von Materialien (Clément & Fisseux 1999).	- Jugendliche vermischen Eigenschaften von elektrischen und magnetischen Feldern (Maloney 1985), (Maloney, O'Kuma, Hieggelke & Van Heuvelen 2001), (Scaife & Heckler 2011). - Die Pole eines Magneten besitzen eine elektrische Ladung (Maloney, O'Kuma, Hieggelke & Van Heuvelen 2001). - Der Nordpol bzw. Südpol stößt Elektronen ab bzw. zieht sie an (Maloney, O'Kuma, Hieggelke & Van Heuvelen 2001). - Elektrisch geladene Teilchen werden in einem Magnetfeld nur dann abgelenkt, wenn sie sich genau senkrecht dazu bewegen (Bagno & Eylon 1997).

Tab. 2: Übersicht über die in der Literatur dokumentierte Schülervorstellungen, die für S'Cool LAB Experimente mit dem Röntgengerät sowie der Elektronenröhre relevant sind

[3] betrifft S'CoolLAB-Experiment "Röntgengerät"
[4] betrifft S'CoolLAB-Experiment "Elektronenröhre"

Aufbauend auf diesen Schülervorstellungen wurden POE Tasks entwickelt, mit deren Hilfe die Gedankengänge der Jugendlichen nachvollzogen werden konnten, damit unter anderem geeignete Distraktoren für Konzepttestaufgaben konstruiert werden konnten. Ein Beispiel für den Themenbereich „elektrisch geladene Teilchen in magnetischen Feldern“ ist in Abbildung 2 dargestellt.

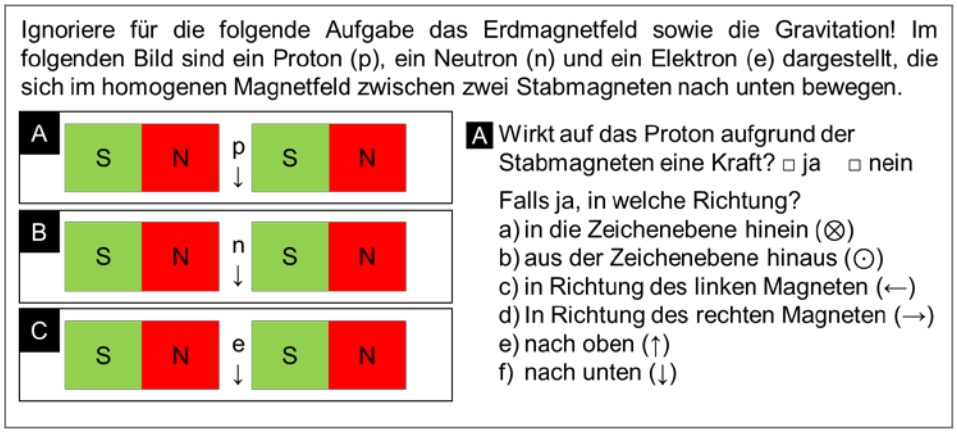


Abb. 2: Beispiel für Konzepttestaufgabe basierend auf dokumentierten Schülervorstellungen (Maloney 1985) und (Maloney, O'Kuma, Hieggelke & Van Heuvelen 2001)

Zusammenfassung & Ausblick

POE Tasks haben sich im Forschungsumfeld Schülerlabor als vielversprechendes Instrument herausgestellt, geeignete Lernaktivitäten zu entwickeln, Schülervorstellungen zu untersuchen und Jugendliche mit etwaigen Fehlvorstellungen zu konfrontieren. Ein Konzepttest wird derzeit basierend auf in der Literatur dokumentierten und im Schülerlabor untersuchten Schülervorstellungen entwickelt. Dabei ist die Ausweitung auf weitere experimentelle und nicht experimentelle Kontexte im Themenbereich Teilchenphysik in Planung. Der Einsatz dieses Konzepttest wird zeigen, ob es gelingt, etwaige Fehlvorstellungen durch einen Besuch im S'Cool LAB zu ändern.

Literatur

Bagno, E., Eylon, B. (1997). From problem solving to a knowledge structure: An example from the domain of electromagnetism. American Journal of Physics, 65

Clément, P., Fisseux, C. (1999). Opacity of Radiography, Perplexity of Teachers and Pupils in Primary School. Research in science education in Europe

Eijkelhof, H., Klaassen, C., Lijnse, P., Scholte, R. (1990). Perceived Incidence and Importance of Lay-Ideas on Ionizing Radiation: Results of a Delphi-Study Among Radiation-Experts. Science Education, 74(2)

Maloney, D. (1985). Charged poles. Physics Education, 20

Maloney, D., O'Kuma, T., Hieggelke, T., Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students conceptual knowledge of electricity and magnetism. American Journal of Physics, 69

Miller, K., Lasry, N., Chu, K., Mazur, E. (2013). Role of physics lecture demonstrations in conceptual learning. Physical review special topics – Physics education research, 9

Riesch, W., Westphal, W. (1975). Modellhafte Schülervorstellungen zur Ausbreitung radioaktiver Strahlung. Der Physikunterricht, 9(4)

Scaife, T., Heckler, A. (2011). Interference between electric and magnetic concepts in introductory physics. Physical review special topics – Physics education research, 7

Skelly, K., Hall, D. (1993). The development and validation of a categorization of sources of misconceptions in chemistry. Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Ithaca, NY

White, R. T., Gunstone, R. F. (1992). Probing Understanding. Great Britain: Falmer Press.

Ilse Bartosch Universität Wien

SOLARbrunn – Lernen & Forschen in einem authentischen lokalen Kontext

In einem interdisziplinären Forschungs-Entwicklungsverbund[1] erarbeiten Schülerinnen und Schüler einer höheren technischen Lehranstalt (HTL) gemeinsam mit Lehramtsstudierenden, Lehrkräften, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie den Betroffenen - dem Personal des Kindergartens und der Stadtverwaltung - einen Vorschlag für die Umwandlung eines bestehenden Gebäudes (eines lokalen Kindergartens) in ein „Green Building". Das technische und lokale Wissen der HTL Hollabrunn wird in diesem Projekt mit dem Grundlagenwissen verknüpft, das die Gruppe Elektronische Materialeigenschaften der Universität Wien zum nachhaltigen Umgang mit Energie sowie zu Photovoltaik entwickelt hat und mit sozialwissenschaftlicher Expertise (Umweltdachverband) verbunden, um die mit der energetischen Neuorientierung verbundenen lokalen (umwelt-)politischen und wirtschaftlichen Themen in einem Stakeholderdialog zu bearbeiten. Schülerinnen und Schüler mit Ausbildungsschwerpunkt Elektronik, Elektrotechnik, Umwelttechnik und Wirtschaftsingenieurswesen werden dabei mit einem forschenden Zugang zu effizientem Energieeinsatz und alternativer Bereitstellung von Energie (insbesondere Photovoltaik) vertraut. Die im Projekt eingebundenen Studierenden haben die Möglichkeit, den Entstehungsprozess wissenschaftlichen Wissens hautnah und aktiv kennen zu lernen sowie ihre Kernkompetenz zu erweitern – nämlich aktuelle physikalische Forschung in schulischen und lokalen Anwendungsfeldern vermittelnd umzusetzen.

Functional Scientific Literacy und Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Das Projekt versteht sich als Beitrag zu einer naturwissenschaftlich-technischen Bildung für eine alternative Zukunft (Hodson 2003), wobei es naturwissenschaftlich technisches Wissen in einen sozialpolitischen Kontext stellt. Im deutschsprachigen Raum haben etwa Eilks et al. (2011) erste Ansätze vorgelegt, wie soziale und politische Fragen zur nachhaltigen Bereitstellung und Nutzung von Energiedienstleistungen in den naturwissenschaftlichen Unterricht integriert werden können. David Künzli (2007) folgend bedarf es dreierlei, um in komplexen sozialen, wirtschaftlichen und politische Systemen im Sinne einer Nachhaltigen Entwicklung handlungsfähig zu sein:

- *Systemwissen:* Wissen über gegenwärtige (nicht nachhaltige) Energieversorgung
- *Zielwissen:* Wissen um konkrete Möglichkeiten, Energiedienstleistungen nachhaltig zu gestalten
- *Transformationswissen*: Wissen darüber, wie sich diese Ziele erreichen lassen. Das sind insbesondere Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit, differenziertes sprachliches Artikulationsvermögen sowie soziale Kreativität, um in widersprüchlichen und konfliktthaften Situationen handlungsfähig zu sein.

Susanne Bögeholz & Jan Barkmann (2003) weisen darauf hin, dass Schülerinnen und Schüler dazu insbesondere *„ökologische Bewertungskompetenz"* erwerben müssen, um „…in der Lage zu sein, auch auf der Grundlage von unsicherem, widersprüchlichem und unvollständigem Wissen begründete Entscheidungen zu treffen" (Künzli 2007, S.61). Schulisches Lernen wird daher für nachhaltige Entwicklung erst dann handlungsrelevant, wenn nicht nur kognitive Kompetenzen adressiert werden, sondern auch Haltungen. Das gelingt, wenn das implizite Wissen und die ‚beliefs' von Lernenden an konkreten ‚Fällen' durch das Führen kontro-

[1] Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft im Rahmen des Projekts Sparkling Science gefördert.

versieller Diskurse erschlossen werden und dadurch reflexiv bearbeitet werden können. „Scientific Literacy“, die im Alltag handlungsrelevant *(„functional“)* ist, wird von Dana Zeidler et al. (2005) durch vier Komponenten charakterisiert:

- Lernen an realitätsnahen Problemen *(Case-based Issues)*
- Lernen an Problemen aus dem Kontext von ‚Natur von Naturwissenschaft‘ (*Nature of Science Issues*)
- Gelegenheit, (kontroversielle) Diskurse im Unterricht zu führen *(Discourse Issues)*
- Reflexion der Normen und Werte, die in diesen Diskursen von Bedeutung sind *(Cultural Issues)*.

Intervention

Der Fokus unserer Arbeit liegt auf einer Unterstützung der Schülerinnen und Schüler bei der eigenständigen Auswertung und Interpretation der Daten, indem die technischen, wirtschaftlichen und sozialwissenschaftlichen Daten bzw. Ergebnisse gemeinsam diskutiert werden. Den Lehramtsstudierenden kommt hierbei eine zentrale Rolle zu: Sie sind zum einen in Kleingruppen in den Forschungsprozess der Schülerinnen und Schüler eingebunden. Zum anderen werden die Informationen im begleitenden Projektseminar zusammengeführt und verdichtet. Diese Lehrveranstaltung bietet den Studierenden darüber hinaus Gelegenheit, ihr Wissen über nachhaltigen Einsatz von Energiedienstleistungen zu erweitern sowie ein differenziertes Verständnis von naturwissenschaftlichem Experimentieren zu entwickeln.

Forschungsdesign

Auf der Ebene der Schülerinnen und Schüler ist von zentralem Interesse, wie gut es den Lernenden gelingt, ihre Messdaten im gemeinsamen Diskurs weiter zu entwickeln. Auf der Ebene der Studierenden wollen wir herausfinden, inwiefern es den Studierenden gelingt, sich an diesem Dialog zu beteiligen bzw. ihn zu moderieren. Darüber hinaus soll überprüft werden, inwiefern die Mitarbeit im Projekt und die Teilnahme am Projektseminar zur Entwicklung einer angemessenen Vorstellung von Forschung beiträgt. Dafür werden die Projekttreffen an der HTL audio- bzw. videographiert und transkribiert sowie Dokumente gesammelt und einer Dokumentenanalyse unterzogen. Als Analyseverfahren werden die qualitative Inhaltsanalyse (Mayring 2003) sowie die dokumentarische Methode (Bohnsack et al. 2007) herangezogen.

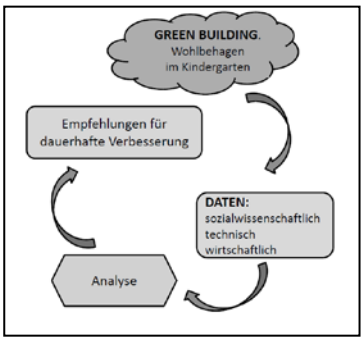


Abbildung: Wissensproduktion im Dialog

Erste Ergebnisse

Auf Basis der Ergebnisse der Testphase der technischen Datenerhebung ist zu erwarten, dass Schlussfolgerungen für die Umwandlung in ein Green Building möglich sind. Allerdings ist es für die Schülerinnen und Schüler (sowie zu einem etwas geringeren Grad auch für die betreuenden Lehrer) schwierig, ihr enges Verständnis von Technik auszuweiten, das sich primär auf Entwicklung eines Messverfahrens und dessen Dokumentation beschränkt. Es zeigt sich mit Fortschreiten des Projekts immer deutlicher, dass die technischen Daten ohne das Wissen um Nutzungsgewohnheiten im Kindergarten nur unzureichend interpretierbar sind. Außerdem sind für die Entwicklung von realistischen Vorschlägen zur Umgestaltung des Kindergartens in ein Green Building wirtschaftliche und politische Aspekte zu berücksichtigen. Allerdings zeigt sich auch, dass die Bereitschaft der Schülerinnen und Schüler, mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Dialog zu treten, mit fortschreitender

Expertise (der Lernenden) steigt. Die Berücksichtigung von Kriterien der Nachhaltigkeit insbesondere das Erheben und Einbeziehen sozialer Daten, wird allerdings in hohem Maße vernachlässigt bzw. den beiden Schülerinnen der Abteilung Wirtschaftsingenieurswesen überlassen. Die Beteiligung der Studierenden im Dialog ist aufgrund ihres geringen Vorwissens sowohl im Hinblick auf konzeptuelles physikalisches Wissen an sich, als auch im Hinblick auf Wissen über alternative Lösungen für Energiedienstleistungen gering. Des Weiteren hat sich herausgestellt, dass die Studierenden wenig angemessene Vorstellungen über die Praxis naturwissenschaftlicher Forschung und den epistemologischen Status naturwissenschaftlichen Wissens (NOS) haben.

Ausblick

Auf Basis der ersten Ergebnisse wurde das Design des Projektpraktikums überarbeitet. Da eine Reihe von Forschungsarbeiten (z.B. Schwartz et al. 2004) darauf hinweisen, dass allein Eingebundensein in Forschung die Vorstellungen von NOS nicht notwendigerweise verändert, sondern es jedenfalls einer expliziten Auseinandersetzung mit NOS und einer Reflexion der eigenen Erfahrungen bedarf, soll diesen beiden Aspekten im nächsten Semester mehr Bedeutung gegeben werden. Das ist insofern von Bedeutung als Daniel Capps et al. (2012) auf Basis einer Queranalyse von Untersuchungen zur professionellen Entwicklung von Expertise zu Inquiry-based-teaching zum Schluss kommen, dass das geringe Wissen über die Praxis von Forschung und die mangelnde Forschungserfahrung wesentliche Hindernisse sind, dass Lehrkräfte Inquiry-based-teaching angemessen in den Unterricht integrieren. Der Fokus der Weiterentwicklung liegt dabei auf der Reflexion der Erfahrungen im Hinblick auf das eigene Vorverständnis von Nature of Science. Darüber hinaus werden insbesondere in den Treffen mit den Schülerinnen und Schülern die drei Dimensionen von Nachhaltigkeit (ökologisch, ökonomisch, sozial) stärker ins Blickfeld gerückt und darauf geachtet, dass ein entsprechender inhaltlicher Abschnitt auch Teil ihrer schriftlichen Abschlussarbeit wird.

Literatur

Bögeholz, Susanne & Barkmann, Jan (2003). Ökologische Bewertungskompetenz für reale Entscheidungssituationen: Gestalten bei faktischer und ethischer Komplexität. DGU-Nachrichten, H.27/2003, Hamburg.

Bohnsack, Ralf; Nentwig-Gesemann, Iris & Nohl, Arnd-Michael (Hrsg.). (2007). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Capps, Daniel K.; Crawford, Barbara A. & Costas, Mark 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, 291-318.

Eilks, Ingo; Hößle, Corinna; Höttecke, Dietmar & Menthe, Jürgen (2011). Der Klimawandel und die Bedeutung von Bewertungskompetenz für gesellschaftliche Teilhabe und Allgemeine Bildung. In: Eilks, Ingo; Feierabend, Timo; Hößle, Corinna; Höttecke, Dietmar; Menthe, Jürgen; Mrochen, Martina & Oelgklaus, Helen (Hrsg.). Der Klimawandel vor Gericht. Materialien für den Fach- und Projektunterricht. Hallbergmoos: Aulis, 7-16.

Hodson, Derek (2003). Time for action: Science education for an alternative future. International Journal of Science Education, 25(6), 645–670.

Künzli, David, C. (2007). Zukunft mitgestalten. Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung - Didaktisches Konzept und Umsetzung in der Grundschule. Bern: Haupt.

Mayring, Philipp (2003). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz UTB.

Schwartz, Reneé S.; Lederman, Norman G. & Crawford, Barbara A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap between Nature of Science and Scientific Inquiry. Science Teacher Education, 610-645.

Zeidler, Dana L.; Sadler, Troy D.; Simmons, Michael L. & Howes, Elaine V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. Science Education, 89, 357-377.

Friedhelm Käpnick[1]
Michael Komorek[2]
Miriam Leuchter[1]
Volkhard Nordmeier[3]
Ilka Parchmann[4]
Burkhard Priemer[5]
Björn Risch[6]
Jürgen Roth[6]
Carsten Schulte[3]
Julia Schwanewedel[4]
Annette Upmeier zu Belzen[5]
Birgit Weusmann[2]

[1]Universität Münster
[2]Universität Oldenburg
[3]Freie Universität Berlin
[4]IPN Kiel
[5]Humboldt-Universität zu Berlin
[6]Universität Koblenz-Landau

Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore

Der Entwicklungsverbund „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ ist ein Projekt zur inhaltlichen und strukturellen Weiterentwicklung der MINT-Lehrerbildung an den im Verbund beteiligten Hochschulen. Die gemeinsame Zielsetzung des Verbundes ist es, die Ausbildung von MINT-Lehrerinnen und -Lehrern als Profilbereich an den Standorten weiter zu verbessern. Dies erfolgt sowohl über standortinterne als auch über standortübergreifende Maßnahmen zur Professionalisierung der MINT-Lehrerbildung.
Dazu werden die an den Standorten angesiedelten Schülerlabore zu Lehr-Lern-Laboren (LLL) weiterentwickelt, d. h. systematisch zu Säulen der MINT-Lehrerbildung ausgebaut. Lehramtsstudierende sammeln in den Einrichtungen praktische Erfahrungen in spezifisch arrangierten Lehr-Lern-Situationen. Adressiert werden z. B. die theoriebasierte Entwicklung und die Durchführung und Evaluation von Lernmodulen im Rahmen von Lehrveranstaltungen. Entwickelte Konzepte für Lehrveranstaltungen werden innerhalb des Verbundes ausgetauscht und forschungsorientiert weiterentwickelt. Zusätzlich findet eine systematische und wechselseitige Evaluation statt. Die Ergebnisse der Verbundarbeit werden zu einem späteren Zeitpunkt für weitere Standorte nutzbar gemacht.
Das Projekt folgt vier Leitperspektiven: „Professionswissen und Erwerb professioneller Handlungskompetenz“, „Forschenden Lernens in einem zyklischen Prozess“, „Qualität von Lernumgebungen“ und „Kompetenzerwerb Erkenntnisgewinnung“. Es wurden drei Arbeitsgruppen konstituiert, welche die Arbeit an diesen Leitperspektiven zunächst unter drei Blickwinkeln untermauern sollen. Die Arbeitsgruppen, deren Ziele und die damit verbundenen Forschungsvorhaben werden in diesem Beitrag skizziert.

Arbeitsgruppe I: Erhebung und Weiterentwicklung von Lehrformaten in LLL
Ziel ist die Sammlung und Kategorisierung vorhandener Konzepte von Lehrformaten in LLL des Entwicklungsverbundes und darüber hinaus, um a) einen geordneten Überblick für Neueinrichtungen oder Optimierungsvorhaben zu schaffen, b) eventuelle Zusammenhänge zwischen Vermittlungszielen einerseits und sinnvollen Konzeptstrukturen andererseits aufzudecken und c) häufige Probleme und mögliche Lösungsansätze sichtbar zu machen. Die Ergebnisse können zusätzlich als Grundlage für Evaluationsvorhaben von LLL über den Verbund hinaus genutzt werden. Für die Erhebung wurde ein Fragebogen entwickelt, der sowohl Oberflächenstrukturen (Organisationsformen usw.) als auch Tiefenstrukturen (Vermittlungsziele, inhaltliche Aspekte) der einzelnen LLL im Verbund erfasst. Eine Prä-Pilotierung erfolgte bereits. Im Anschluss ist eine bundesweite Befragung geplant, die zu einer möglichst weitgehenden Erfassung führen soll. Die Entwicklung und Pilotierung des Fragebogens ist an ein Promotionsvorhaben am Standort Münster angegliedert.

Arbeitsgruppe II: Instrumente zur Diagnose von Lehr-Lern-Prozessen
Ziele sind die Entwicklung sowie der Austausch und Einsatz theoriebasierter empirischer Instrumente zur Analyse von Lehr-Lern-Prozessen durch

- die Beobachtung, Reflexion und Bewertung von Lernprozessen und -voraussetzungen durch Studierende,
- die Erfassung der Kompetenzentwicklung und des fachdidaktischen Wissens und Handelns von Studierenden zur Evaluation hochschuldidaktischer Lehrveranstaltungen und
- die Thematisierung von fachdidaktischem Wissen und Handeln anhand exemplarischer Schwerpunkte (z. B. Umgang mit Repräsentationen, experimentelles Arbeiten, Umgang mit Daten).

Folgende konkrete Vorhaben werden dazu innerhalb der Arbeitsgruppe durchgeführt:
a. Die Spezifikation und Vermittlung von fachdidaktischem Wissen und dessen Anwendung im Kontext von Lehr-Lernsituationen in Schülerlaboren. An allen Standorten wurden spezifische Schwerpunkte fachdidaktischen Wissens, die genutzten Verfahren zur Thematisierung des fachdidaktischen Wissens sowie die dazu gehörende grundlegende Theorie erarbeitet und dargestellt (z. B. Energie im Kontext zur Bildung für nachhaltige Entwicklung, Ozeanologie und Umgang mit Messdaten). An manchen Standorten stehen analog zu den Leitperspektiven neben inhaltsbezogenem fachdidaktischem Wissen ebenso die Planungskompetenz und die Kompetenz, die eigene didaktische Strukturierung im Schülerlabor kritisch zu reflektieren und an die Lernenden anzupassen, im Fokus.

b. Beschreibung und Evaluation der Veränderung der Studierendenkompetenzen im Bereich des fachdidaktischen Wissens und Handelns. Die Standorte legen zu dem unter a. genannten fachdidaktischen Wissen und Handeln die von den Studierenden zu erreichenden Kompetenzen fest und setzen Verfahren zu deren Erfassung ein. Dies geschieht, um die Wirksamkeit der Lehrveranstaltung beurteilen zu können. Folgende Schwerpunkte werden u. a. gelegt: a) die Entwicklung der Diagnosekompetenz bei Studierenden, z. B. bzgl. der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern, b) die Modellierung der Kompetenzgewinnung von Studierenden als zyklischen Prozess adaptiven forschenden Lernens, c) die Analyse, Bewertung und Reflexion von Instruktion unter fachdidaktischen Schwerpunkten an einer Station eines Schülerlabors und d) die Analyse, Bewertung und Reflexion von Instruktion im Bereich „Messen, Messprozesse und Umgang mit Daten“ bzgl. Zielklarheit, Strukturiertheit und kognitiver Aktivierung. Die Arbeitsgruppe wird in der kommenden Projektzeit die Instrumentenentwicklung weiter voranbringen und die fertig gestellten Tools innerhalb des Verbunds austauschen. Die Entwicklungs- und Forschungsarbeiten werden beratend begleitet, um eine hohe Qualität zu sichern, Synergien zu nutzen und um die Arbeiten miteinander zu verknüpfen.

Arbeitsgruppe III: Erstellung und Einsatz von Videovignetten zur Diagnose von Schülerkompetenzen durch Studierende
Der dritte Schwerpunkt zielt auf die Erstellung und Nutzung von Videovignetten zur Erhebung professionsspezifischer Kompetenzen der Lehramtsstudierenden, die im LLL gefördert werden sollen. Im Zentrum steht die Entwicklung eines Pools genehmigter Videovignetten, die an allen beteiligten Standorten des Entwicklungsverbundes eingesetzt werden können. Für die Umsetzung wurden folgende Festlegungen getroffen.

1. Inhaltlicher Schwerpunkt der Videovignetten: Die Vignetten dienen der Messung von Diagnosekompetenzen Studierender aller beteiligten MINT-Fächer, wobei auf die Repräsentationskompetenz von Lernenden sowie auf die professionellen Unterstützungs-

maßnahmen von Lehrenden als fächerübergreifende Kompetenz fokussiert wird. Für beide Bereiche wurden unter Nutzung der fach- sowie inhaltsspezifischen Expertise aller Standorte zunächst Strukturmodelle als theoretische Grundlage ausgearbeitet (Publikation in Vorbereitung).

2. Evaluation der Kompetenzentwicklung von Lehramtsstudierenden in LLL durch eine gemeinsame Datenerhebung: An allen Standorten sollen die im Projekt konzipierten Lehrveranstaltungen in den LLL in Hinblick auf die Entwicklung der Diagnosekompetenz (fokussiert auf die oben genannten Bereiche) der Lehramtsstudierenden evaluiert werden. Dafür werden an einigen Standorten Videovignetten theoriebasiert eingesetzt. Mit Blick auf datenschutzrechtliche Bedingungen wurden Möglichkeiten der gemeinsamen Nutzung der Vignetten und Daten herausgearbeitet. Darauf aufbauend wurde ein Untersuchungsdesign für eine gemeinsame Datenerfassung entwickelt. Dieses umfasst die Erhebung soziodemografischer Angaben, der Diagnosekompetenz der Studierenden bzgl. Repräsentation und Unterstützungsmaßnahmen mittels geschlossener Items und schriftliche Kommentierung der Videovignetten.

3. Einsatz der Messinstrumente in exemplarischen Interventionsstudien: Das kompetenzförderliche Potential von MINT-Lehrveranstaltungen in LLL soll zusätzlich in weiteren exemplarischen Interventionsstudien zum fachübergreifenden Konstrukt Repräsentationskompetenz untersucht werden. Geplant ist eine zweiteilige Intervention, in welcher gezielt die Repräsentationskompetenz der Studierenden und die entsprechende Diagnosekompetenz im Rahmen einer Lehrveranstaltung im LLL gefördert werden sollen. Zunächst wurde die Vergleichbarkeit der Studierendengruppen zu einem bestimmten Zeitpunkt in ihrem Studium geprüft, eine Abstimmung der Interventionen folgt.
Die zu berichtenden Ergebnisse der Arbeitsgruppe ermöglichen einerseits Aufschluss über die Ausprägung von Diagnosekompetenzen Studierender im Entwicklungsverbund. Andererseits lassen sich daraus Empfehlungen zur Förderung dieser Kompetenzen in der universitären MINT-Lehrerausbildung durch Implementierung von Lehrangeboten im LLL ableiten.

Ausblick
Mit dem Entwicklungsverbund wurde erstmals in Deutschland eine bundesweite Initiative initiiert, die die MINT-Lehrerausbildung an Schülerlaboren standortübergreifend entwickelt und evaluiert. Zur Vernetzung auf diesem Themenfeld wurden zunächst Erfahrungen und Forschungen präsentiert, spezifiziert, systematisiert sowie Entwicklungsfelder definiert. Diese Tätigkeiten werden weitergeführt, sodass wir mittelfristig:
- über eine Kategorisierung und Bewertung von Lehrformaten in LLL verfügen,
- auf eine gemeinsame Datenbank von Erhebungsinstrumenten zur Wirksamkeit von Maßnahmen in LLL zurückgreifen können und
- Video-Vignetten zur Lehrerausbildung sowie als Diagnosetool zur Verfügung haben.

Langfristig kann der Verbund forschungs- und entwicklungsbasiert konkrete Hinweise zur Einbindung von Schülerlaboren in die Lehrerbildung geben, die über die MINT-Fächer hinaus von Bedeutung sein wird.

Anmerkung
Der Entwicklungsverbund „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ wird durch die Deutsche Telekom Stiftung gefördert.

Annika Diehl Universität des Saarlandes
Prof. Dr. Markus Peschel

(Erneuerbare) Energie im Grundschullabor für Offenes Experimentieren

Die Implementierung des Themas Energie im Grundschullabor für Offenes Experimentieren (GOFEX) ist Ziel des von der DBU bewilligten Projekts „GOFEX_EE“ (Erneuerbare Energien, 2015-2016). Der Themenkomplex Energie wird zurzeit zwar in einigen Bereichen des Kernlehrplans Sachunterricht (2010) des Saarlandes behandelt, in der Schule hingegen meist nur bruchstückhaft umgesetzt. Die Vielschichtigkeit und Aktualität des Themas zeigt die Notwendigkeit, die Inhalte einer breiten Schülerschaft über eine schulische Auseinandersetzung hinaus zugänglich zu machen. Zwar bildet der Themenkomplex Energie einen Schwer- und Verknüpfungspunkt der Naturwissenschaften und wird demzufolge intensiv auf weiterführenden Schulen behandelt, aber meist erfassen SchülerInnen diesen nicht zur Gänze (vgl. Hadinek, Neumann & Weßnigk 2015). Daher ist es notwendig ein solches Verständnis schon frühzeitig zu fördern (ebd.) und adaptive Modelle zu vermitteln (Pahl 2014). Zur Anpassung der Lerninhalte an die jeweilige Altersgruppe und Kompetenz erfolgt im GOFEX die Aufbereitung des Themas Energie für unterschiedliche Klassenstufen (-1 bis +6) und auf verschiedenen Öffnungsstufen (vgl. Peschel 2009) in Form von Werkstätten (vgl. Reichen 1991). Die Themeninhalte sollen sukzessiv aufgebaut werden, sodass sie einem Spiralcurriculum genügen und vor allem der thematische Übergang in die weiterführende Schule gelingt.

Um eine nachhaltige und langfristige Umsetzung in den Schulen zu gewährleisten, sollen speziell aufeinander abgestimmte Werkstätten (z.B. in Form einer Stationenarbeit) zum Thema Energiewende und Energieeffizienz entstehen, die zunächst im GOFEX eingesetzt werden, und dann in der Lehreraus- und -weiterbildung und im Sachunterricht der Schulen verwendet werden können. Darüber hinaus können die Werkstätten einen Beitrag zur Bildung eines Energiekonzepts liefern, das eine wichtige Grundlage bildet, um aktuelle gesellschaftliche Themen, wie z.B. Energieversorgung, ausreichend zu bewerten (Brückmann & Euler 2013). Ziel ist es u.a. die SchülerInnen durch Auseinandersetzung mit dem Thema Energieeffizienz zu einer kritischen Grundhaltung bzgl. des Energieverbrauchs (s. Schlichting 2000) anzuregen und ein Bewusstsein für die Notwendigkeit, Gesamtbetrachtungen anzustellen, zu entwickeln (z.B. Vergleich von Lagerhaltung in Kühlhäusern vs. Transport aus anderen Regionen). Sie sollen zudem für die Problematik der Energieversorgung (Vernetzung von z.B. sozialer, geografischer und technischer Perspektive) in der Region und (inter-)national sensibilisiert werden.

Schülerinnen und Schüler können an GOFEX-Tagen im Schülerlabor als außerschulischem Lernort in Kleingruppen zum Thema Energie selbstständig experimentieren und forschen. Durch adäquate Anknüpfung an die Präkonzepte sollen Kompetenzen geschaffen werden, die es erlauben, z.B. das Thema Energiewende aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten, um den Schülerinnen und Schülern Gestaltungskompetenz (Bolscho et al. 2008) als Leitziel der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zu vermitteln.

Die Werkstätten werden über den Einsatz an GOFEX-Tagen hinaus in kooperierenden Grundschulen aus dem parallelen Projekt „SINUS trifft GOFEX“, das als Ziel die Weiterbildung von SINUS-Lehrkräften hat, im Saarland eingesetzt. Durch die Zusammenarbeit der Projekte „GOFEX_EE“ und „SINUS trifft GOFEX“ findet zusätzlich zur Verbreitung der Werkstätten eine Prüfung der entwickelten Materialien auf Unterrichtstauglichkeit statt, was es erlaubt, die Werkstätten in einem iterativen Prozess in universitären Seminaren weiter zu entwickeln. Der Einsatz der Werkstätten bei Lehrerfortbildungen kann ebenso zu einer Steigerung der Kompetenzen von Lehrpersonen

zum Themenbereich „Erneuerbare Energie“ führen, wie Häusle & Welzel-Breuer (2013) für Erziehende zeigten.

Der Schwerpunkt in der Vorschule und Primarstufe liegt dabei im Beobachten und einfachen Experimentieren sowie einer phänomenorientierten Näherung. Die Vermittlung des Themas Energie mittels Werkstätten für Klasse 1/2 (und ggf. -1) soll die Erfahrungen der Kinder berücksichtigen sowie an der Lebenswelt der Kinder orientiert sein und den Energie-Begriff kindgerecht und grundlegend behandeln. Selbst durchgeführte, einfache Experimente sollen den SchülerInnen physikalische Phänomene wie Energieumwandlung oder Energieübertragung näherbringen.[1] Ein Ziel ist, dass die SchülerInnen erfahren, dass aus Sonne oder Wind (ebenso wie aus Biomasse oder Wasserkraft) Energie in Form von Wärme, Licht oder elektrischer Energie erzeugt werden kann und umgekehrt (Energieumwandlung). Dabei werden über die Erfahrungen der Kinder hinaus die sozialen Auswirkungen oder die historischen oder geologischen Besonderheiten der jeweiligen Energieart aufgenommen.[2]

Die Komplexität des Themas zeigt, dass der Sachunterricht prädestiniert für eine vielperspektivische Auseinandersetzung ist.[3] Ein Beispiel ist die Diskussion über das Glühlampenverbot, das in vielen Perspektiven des Sachunterrichts die jeweiligen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen nutzt.

Für Klasse 3/4 erfolgt die Herangehensweise ebenfalls über eine phänomenologische Betrachtung und bereitet gleichsam auf weiterführende Inhalte vor. In Anlehnung an den Kernlehrplan Sachunterricht: Themenkomplex „Unbelebte Natur/Technik“, ist ein Schwerpunkt der Vermittlung die Energieeffizienz und die gesellschaftliche Auswirkung damit verbundener grundpolitischer Vorgaben bzw. Entscheidungen.[4]

Bei der Vermittlung in den Klassen 5/6 wird die Thematik ausgeweitet und auf Netzfunktionalität und Netzausbau sowie den damit verbundenen Schwierigkeiten ausgedehnt. Beispielsweise könnten durch Übernahme von „Rollen“ die verschiedenen Netzfunktionen (Erzeugung, Transport und Nutzung von Energie) als Problematik nachgespielt werden.[5] Mit dem Energiewandel tauchen weitreichende technische Probleme auf und Veränderungen/ Modernisierungen des bestehenden Stromnetzes in Deutschland und europaweit sind unabdingbar (Wittenberg 2014). Diese Problematik soll in Klasse 5/6 unter Berücksichtigung neuester Forschungsergebnisse (u.a. die Berücksichtigung von SmartGrids und der Speicherung von Energie in z.B. Biogasen und Gasnetzwerken sowie in elektrischen Fuhrparks) thematisiert werden.

Zusätzlich zur inhaltlichen Konzeption der Werkstätten für verschiedene Klassenstufen kommt eine weitere Differenzierung bezüglich der speziellen Öffnungsstufen des GOFEX

[1] Hierbei ist über mechanisch-elektrische Wandlungsvorgänge der Bezug zu chemischen oder biologischen Energiewandlungen möglich. Weiterhin können die Zusammenhänge zwischen den Energieträgern Sonne, Wind, Wasser, Biomasse und Erdwärme vermittelt werden (zusätzlich bzw. im Vergleich zu den „herkömmlichen“ Energieträgern Kohle, Gas, Öl).

[2] Z.B. sind Windenergieanlagen vielerorts oder auf Reisen zu sehen; die Kinder können erkennen, dass es regionale und stadtbedingte Unterschiede bei der Auswahl der Standorte gibt, die Problematik des Transportes und Aufbaus kann vermittelt werden usw.

[3] Überlegungen in Form von „Warum hat unsere Schule (keine) Sonnenkollektoren?“ führen zu einer Betrachtung der Standorte, der Einstrahlungsintensität und den Verantwortlichkeiten in einem Entscheidungsprozess. Hierbei wird unmittelbar deutlich, dass man entweder mehr Energie erzeugen kann oder auf der anderen Seite versuchen kann, Energie einzusparen.

[4] Das umfasst beispielsweise die politisch indizierte Einführung von LEDs, die „1-Watt- Regelung" für Standby, das Energielabel für Geräte bzw. Häuser usw. Es bieten sich wiederum konkrete Beispiele aus der Lebenswelt der Kinder an. Unter anderem kann die Entwicklung von Klasse C zu B zu A zu A+++ Geräten (z.B. Kühlschrank) thematisiert und die Produkte klassifiziert bzw. verglichen werden.

[5] So ist vor allem das Problem der Energie-Speicherung (zentral-dezentral) ein elementarer Energieaspekt aktueller Übergangsszenarien, wobei auch fächerübergreifende Ansätze (Betrachtung aus sozialer, historischer, geografischer Sicht) berücksichtigt werden. Im Detail kann z.B. die „50 Hz-Problematik“ als ein zentrales Merkmal von Stromnetzen vs. Gasnetzen thematisiert werden (vgl. Wittenberg 2014).

hinzu (vgl. Peschel 2009). Ausgehend von der Ausgangssituation an den Schulen, an denen Schülerversuche mehrheitlich stark angeleitet sind (vgl. Engeln & Euler 2004), soll das Modul 1 an Werkstatt-/Stationenarbeit heranführen. Eine erste Öffnung ist hier u.a. durch die Wahlmöglichkeiten der Abfolge der Stationen oder der Sozialform gegeben. Die Werkstattarbeit wird dann in Modul 2 methodisch und (ein wenig) inhaltlich geöffnet, wodurch den Lernenden individuelle Lernwege ermöglicht werden. Sie können innerhalb des vorgegebenen Rahmenthemas auch eigene Inhalte/Ziele wählen und eigene Ideen weiter verfolgen. Modul 3 umfasst freies Explorieren und Experimentieren, welches problemorientiert ausgerichtet ist (beispielsweise: „Baue eine Windenergieanlage!“, „Was kannst Du herausfinden über Wasserräder?“). Neben der methodischen Öffnung findet hier eine erweiterte inhaltliche Öffnung statt. Die derzeitige Entwicklung der Werkstätten konzentriert sich zunächst nur auf Modul 1 und 2. Nach Durchlaufen eines didaktischen Entwicklungsprozess (vgl. Einsiedler 2012) stehen die entwickelten Materialien für den Einsatz im Sachunterricht zur Verfügung und bilden gleichsam in der Lehrerausbildung im Saarland einen wichtigen Bestandteil.

Literatur

Bolscho, Dietmar; Hauenschild, Katrin und Rode, Horst (2008): Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Grundschule. In: Giest, Hartmut und Wiesemann, Jutta (Hrsg.). Kind und Wissenschaft; Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts Band 18, S. 301-312.

Brückmann, M. & Euler, M. (2013). Energiebildung in der Schule – Eine Bestandsaufnahme aus der Praxis. In: S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen (S. 92-94). Kiel: IPN-Verlag.

Einsiedler, Wolfgang (Hg.): Unterrichtsentwicklung und Didaktische Entwicklungsforschung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 2011. In: EWR 11 (2012), Nr. 6 (Veröffentlicht am 28.11.2012), URL: http://www.klinkhardt.de/ewr/978378151794.html

Engeln, Katrin und Euler, Manfred (2004): Forschen statt Pauken. Aktives lernen im Schülerlabor. In Physik Journal, Jg 3, H. 11, S. 45-47. Online verfügbar: www.dlr.de/schoollab/portaldata/24/dokumente/Forschen _stattpauken.pdf

Hadinek, D., Neumann, K. & Weßnigk, S. (2015). Förderung eines integrierten Energieverständnisses in der Mittelstufe. In: S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 522-524). Kiel: IPN.

Häusle, I. & Welzel-Breuer, M. (2014b): „Erneuerbare Energie “: Fortbildung für Erziehende. Internetzeitschrift: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/540/689

Metzger, S., Schär, P. (2009). Bestandsaufnahme an allgemeinbildenden Schulen im Kanton Zürich: Vom Kindergarten bis zur Sekundarstufe I. In: E. Stern, S. Metzger, A. Zeyer, Expertise zur Naturwissenschaft und Technik in der Allgemeinbildung im Kanton Zürich (S.61-79).

Pahl, E.-M. (2014). Vorstellungen von Lehrpersonen aus dem Sach- und Physikunterricht zum Thema Energie und dessen Vermittlung. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 219 - 221). Kiel: IPN.

Peschel, Falko (2006): Offener Unterricht. Idee, Realität. Perspektive und ein praxiserprobtes Konzept zur Diskussion. Allgemeindidaktische Überlegungen. 4., unveränd. Aufl. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren GmbH.

Peschel, M. (2009). Aus- und Fortbildungen für den naturwissenschaftlich- physikalischen Sachunterricht. In R. Lauterbach, Giest, H., & Marquardt-Mau, B., Lernen und kindliche Entwicklung (Bd. 19, S. 149-156). Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Reichen, J. (1991). Sachunterricht und Sachbegegnung : Grundlagen zur Lehrmittelreihe MENSCH UND UMWELT. Zürich.

Schlichting, H.J. (2000): Energieentwertung- ein qualitativer Zugang zur Irreversibilität. In Praxis der Naturwissenschaften/Physik 49/2; 2-6

Wittenberg, P. (2014): Der Wandel der Stromnetze. Physik Journal 13, 4, S. 45-49.

Bernd Stiller[1] [1] Wettermuseum e.V., Lindenberg
Jaana Stiller[2] [2] Hans-und-Hilde-Coppi-Gymnasium, Berlin-Karlshorst
Jurik Stiller[3] [3] Sachunterricht | Humboldt-Universität zu Berlin

Experimente zur Meteorologie am authentischen Forschungsort *Wettermuseum Lindenberg*

Ausgangslage

Das Experimentieren an außerschulischen Lernorten wie Museen kann einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung und Erweiterung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*, AAAS, 2003) von Schülerinnen und Schülern leisten (vgl. Stiller, B., Stiller, Ju., & Tiemann, 2014). Sinnstiftende Kontexte aus der Meteorologie an der Schnittstelle von Chemie und Physik sind für das domänenübergreifende Erarbeiten chemischer und physikalischer Fragestellungen besonders geeignet (z.B. Muckenfuß, 1995). Im Wettermuseum Lindenberg, im Jahr 2006 als Angebot für die naturwissenschaftliche Bildung vor Ort initiiert, kann heute mit einer Vielzahl von Experimentiersettings adressatengerecht in Primar- und Sekundarstufe experimentiert werden. Auch Seminare für Lehramtsstudierende sowie Fortbildungen für Lehrkräfte werden angeboten. Ein „Standortvorteil“ neben der Historie des Ortes (Drachenhöhenweltrekord, deutsche Erstentwicklungen) ist das unmittelbar in Museumsnähe befindliche Meteorologische Observatorium des Deutschen Wetterdienstes (Richard-Aßmann-Observatorium), das Infrastruktur und reale Datensätze in umfangreicher Kooperation zur Verfügung stellt und dadurch Einblicke in die jeweils aktuelle Forschungsarbeit gewährt.

Theoretischer Rahmen

Das Wettermuseum Lindenberg verstand sich zunächst eher intuitiv als außerschulischer Lernort und als „Angebot“, die Initiatoren begriffen aber schnell, dass allein eine solche Offerte noch keinen Lernerfolg befördert. Die Auseinandersetzung mit theoretischen Fragen außerschulischen Lernens war notwendig und hilfreich, ebenso der Kontakt zur naturwissenschaftlichen Didaktik.

Grundlegende Einführungen in die Theorie zu außerschulischen Lernorten mit entsprechenden Definitionen liegen zahlreich vor (Dühlmeier, 2010; Hopf, 1993; Sauerborn & Brühne, 2009), wobei aus Sicht eines realen Lernortes die Frage des Rückblicks auf die Zeit der Reformpädagogik als Ausgangspunkt außerschulischen Lernens sicherlich nachrangig bleibt. Prinzipien und Leitgedanken, wie die Lebensnähe des Unterrichts, ganzheitliches Lernen und der handlungsorientierte Umgang mit Lerngegenständen sowie schließlich die Forderung, dass das Aufsuchen außerschulischer Lernorte stets in den alltäglichen Unterricht einbezogen werden sollte (Dühlmeier, 2010), dagegen ist essentiell.

Zwar fehlt nach Sauerborn und Brühne (2007) eine einheitliche Definition außerschulischen Lernens; Karpa, Lübbecke und Adam (2015) jedoch definieren als zentrales Charakteristika außerschulischen Lernens das Verlassen der Klassenräume und Schulgelände durch die Schülerinnen und Schüler und den Unterricht am externen Orten. Jedoch „bleibt es Schule, denn es ist schulisch intendiertes Lernen und der Ort wird nicht aufgesucht, weil er außerschulisch ist, sondern weil er als schulisch relevant bestimmt wurde“ (Karpa, Lübbecke & Adam, 2015, S. 2; unter Rückgriff auf Pech, 2008). Dem Angebot des Wettermuseums Lindenberg nahe steht auch das von Thomas postulierte „Hauptanliegen des außerschulischen Lernens“ (2009, S. 284), das darin gesehen werden kann, dass Schülerinnen und Schülern „vor Ort Erfahrungen“ (ebd., S. 284) vermittelt werden, „die in der Schule selbst nicht möglich sind“ (ebd., S. 284). Schließlich steht dem die Definition von Hopf nicht entgegen: „Außerschulische Lernorte sind didaktisch-pädagogisch ergiebige Informations-, Erfah-

rungs- und Tätigkeitsorte, die außerhalb der Klassenräume ein aktives Erkunden und Lernen ermöglichen.“ (1993, S. 180)
In diesem Sinne orientierte sich das Wettermuseum Lindenberg mit seinem sich entwickelnden meteorologischen Schülerlabor nicht nur als Informationsort (das museale Angebot im engeren Sinn) und Erfahrungsort (z. B. Beobachtung der Messtätigkeit des Deutschen Wetterdienstes: u. a. Verfolgen des Wetterballonaufstieges) sondern auch oder gerade als Tätigkeitsort.
Erst dadurch kommt die Chance des außerschulischen Lernortes zum Durchbruch bzw. zu einer gewissen Vollendung, verwiesen sei hier auf die Stichpunkte: Erlebnis am Original, Perspektivwechsel, Problemorientierung, fächerübergreifender Unterricht, Differenzierung, Förderung sozialer Kompetenzen.

Schulische Relevanz

Der Nachweis, dass Wetter und Klima in der Schule eine Rolle spielen, muss sicherlich ebenso wenig geführt werden wie zur gesellschaftlichen Bedeutung des Themas vor dem Hintergrund eines sich abzeichnenden menschengemachten Klimawandels. Neben Schulbuchverlagen wurden in den letzten Jahren auch Bundesministerien aktiv, so gab das Bundesumweltministerium gemeinsam mit dem Zeitbild Verlag und dem Arbeitsbereich Erziehungswissenschaftliche Zukunftsforschung an der FU Berlin Bildungsmaterialien für die Grundschule und Sekundarstufe zu umweltpolitischen Schwerpunkten heraus, die auch Meteorologie- bzw. Klima-Fragen betreffen (Beispiel: BMU, 2009). Fraglich bleibt aber, ob sich dieses hohe Niveau auch adäquat in den Rahmenlehrplänen widerspiegelt und im Schulalltag ankommt.
Das Wettermuseum versteht sich ebenfalls als Akteur im Diskurs zu Themen, Inhalten, Zugängen der naturwissenschaftlichen Grundbildung. Daher ist auch im Anhörungsverfahren zu den neuen Rahmenlehrplänen (Naturwissenschaft 7 bis 10) Stellung bezogen worden. Exemplarisch sei genannt: Der Begriff „Schallgeschwindigkeit“ taucht weder in „Naturwissenschaften 7-10“ noch in anderen Rahmenlehrplänen auf. Er ist in der Meteorologie nicht nur im Zusammenhang mit Gewitter/Donner interessant, sondern auch im Zusammenhang mit neuen modernen Messverfahren für Temperatur und Wind (SODAR, RASS, Ultraschallanemometer). Ausführlicher kann dies nachgelesen werden unter folgendem Link: http://www.meteorologiemuseum.de/doc/20150315_stellungnahme_an_lisum_rahmenlehrplan.pdf).

Das Wettermuseum als außerschulischer Lernort

Von Beginn an gehörten Schulklassen zur „musealen Zielgruppe“. Stiller, B., Stiller, Ju. und Tiemann (2013) berichteten über die Entwicklung einer Konzeption für eine im neuen Besucherzentrum einzurichtenden Ausstellung (Fertigstellung Mai 2015). Neben thematischen roten Linien (von der Messung zur Vorhersage, vom Wetter zum Klima) spielten auch Fragen des Spannungsbogens, des Angebots interaktiver Elemente oder des Methodenwechsels eine Rolle. Zu den Lernangeboten im Sinne des „Tätigkeitsortes“ gehören im Grundschulbereich eine Vielzahl von Eiswürfelexperimenten, der Selbstbau von einfachen Messgeräten (z.B. Windklappe), die Konstruktion eines eigenen Solarbootes zum Mitnehmen. Selbstverständlich stehen für alle Altersstufen auch normale meteorologische Messungen oder Wolkenbeobachtungen auf der Angebotsliste.

Experimentierkoffer

Wettermuseum e.V. verfügt über 6 hochwertige Wind- und Solarexperimentierkoffer, die bereits vom Hersteller über zahlreiche Aufgabenstellungen verfügten, von Höhne (2012) hinsichtlich der „Solarkoffer“ überprüft und ergänzt wurden und bereits vielfach zum Einsatz kamen. Allerdings ist der personelle Betreuungsaufwand für Gruppenarbeit sehr hoch

und für ein ehrenamtlich geführtes Museum auf Dauer kaum zu leisten. Bisherige Einsatzerfahrungen zeigen, dass Schülerinnen und Schüler in der Experimentierphase mit Interesse und Begeisterung forschen, auch mit den Ergebnissen im Rahmen der Erwartungen liegen, aber kaum in der Lage sind, darüber zu berichten. Die „Reflexion“ im Sinne der „Projektarbeit“ als Methode fehlt also, wobei durch die vorgegebenen (ausgelosten) Aufgaben die „Projektarbeit“ als Methode demokratischen und handlungsorientierten Lernens (Frey, 1991) bereits nur eingeschränkt zur Anwendung kommt. Unabhängig von diesem methodischen Diskurs ist das Vermitteln von Arbeitsergebnissen nicht nur in der Wissenschaft eine wichtige Kompetenz und somit die Reflexionsphase eine zukünftige Herausforderung für das Wettermuseum.

Museums-Rallye

Mit Inbetriebnahme der neuen Ausstellung wurden die teilweise vorhandenen Arbeitsblätter zu verschiedenen Themen völlig überarbeitet und als Broschüren in einem freundlichen Layout aufgelegt. Die Eroberung einer Ausstellung über eine „Rallye“ erfreut sich bei Jugendlichen großer Beliebtheit, eine Überprüfung des Lernerfolgs steht jedoch noch aus.

Ausblick

Die Arbeit mit Ultraschallanemometern (Abkürzung hierfür: USA, engl. Begriff: Sonic), auch im Rahmen von Projektstunden, ist für 2016 geplant. Mit USA kann der sensible Wärmefluss gemessen werden, eine wichtige Komponente in der Energiebilanz an der Erdoberfläche und ein wichtiges Bindeglied zum Verständnis der Energieumsätze zwischen solarer Einstrahlung und langwelliger Wärmeausstrahlung und somit auch des Klimasystems.

Literatur:

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (2003). *Benchmarks for Science Literacy*. New York, Oxford: Oxford University Press.

BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.). (2009). *KLIMAWANDEL. Arbeitsheft für Schülerinnen und Schüler der Grundschule*. Bonn: BMBF.

Dühlmeier, B. (Hrsg.) (2010). *Mehr Außerschulische Lernorte in der Grundschule. Neun Beispiele für den fächerübergreifenden Sachunterricht*. Baltmannsweiler: Schneider.

Frey, K. (1991). Die Projektmethode. Weinheim: Beltz.

Höhne, S. (2012). Experimentieren mit dem Solarkoffer. Unveröff. Masterarbeit

Hopf, A. (1993). *Grundschularbeit heute. Didaktische Antworten auf neue Lebensverhältnisse*. München: Ehrenwirth/ Veritas.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *IPCC Fifth Assessment Report - Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Geneva: IPCC.

Karpa, D., Lübbecke, G., & Adam, B. (2015). Außerschulische Lernorte – Theoretische Grundlagen und praktische Beispiele. *Theorie und Praxis der Schulpädagogik, Band 31, Außerschulische Lernorte - Theorie, Praxis und Erforschung außerschulischer Lerngelegenheiten* (S. 11-25). Immenhausen: Prolog.

Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen.

Pech, D. (2008). Wer ist eigentlich unterwegs? In K. Burk, M. Rauterberg & G. Schönknecht (Hrsg.), *Schule außerhalb der Schule. Lehren und Lernen an außerschulischen Orten* (S. 66-72). Frankfurt a.M.: Grundschulverband.

Stiller, B., Stiller, Ju., & Tiemann, R. (2014). Zu Gast im Wettermuseum - Evaluation eines Museumskonzeptes. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 609-611). Kiel: IPN.

Thomas, B. (2009). Lernorte außerhalb der Schule. In: K.-H. Arnold, U. Sandfuchs & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (S. 283-287). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Lennart Kimpel Universität Duisburg-Essen
Elke Sumfleth

Chemieaufgaben – Mathematisierung als schwierigkeitserzeugender Faktor

Ausgangslage

Die Studienabbruchquoten Chemiestudierender fallen in den Anfangssemestern besonders hoch aus. Als Einflussfaktoren konnten die Abiturgesamtnote, das Vorwissen, die Studienbedingungen sowie die Tatsache, ob es sich um das Wunschstudienfach handelt, identifiziert werden. Ein Großteil der Varianz blieb hier jedoch unerklärt (Freyer, 2013).
Im Gegensatz zu den Klausuren der Studieneingangsphase liegt der Anteil der defizitären Abiturklausuren im Fach Chemie (QUA-LiS NRW, 2014) deutlich niedriger. Aufgrund dieser Diskrepanz wurden zunächst die Abituraufgaben für das Fach Chemie in Nordrhein-Westfalen (2009-2014) sowie die Klausuraufgaben zur Allgemeinen Chemie (1. Fachsemester, Universität Duisburg-Essen, 2012-2014) analysiert. Es zeigte sich, dass der Anteil der Punkte, die durch Rechenoperationen erlangt werden können, in den Abiturklausuren bei etwa 8 bis 12 % liegt, während er in den Klausuren zur Allgemeinen Chemie bei durchschnittlich 55 % liegt. Eine Befragung von Erstsemesterstudierenden bestätigte, dass vor allem die Mathematisierung ein großes Problem darstellt.

Theoretischer Hintergrund

Die Mathematik fungiert in den Naturwissenschaften einerseits als Werkzeug (Symbole, Zeichen und Begriffe) sowie andererseits als strukturbildendes Element (Trump et al., 2014). Für die Chemie wird an den Schulen jedoch die abschreckende Wirkung der Mathematisierung beklagt (Schanze & Parchmann, 2013). Sollen mathematische Fähigkeiten im Chemieunterricht angewendet werden, führt dies häufig zu Unverständnis bei den Schülerinnen und Schülern (Schmidt, Bell & Wainwright, 1975). Aktuelle Untersuchungen zeigen jedoch, dass Mathematik grundsätzlich ein beliebtes Schulfach ist und die Abneigung somit auf andere Ursachen zurückzuführen sein muss (Pant et al., 2013). Bislang wurden die Probleme durch die Mathematisierung in der Chemie jedoch insgesamt nur wenig erforscht. Höner (1996) konnte beispielsweise zeigen, dass die inhaltliche Umformulierung einer Aufgabe in einen chemischen Kontext zu einer starken Reduktion der Lösungswahrscheinlichkeit führt. So konnten 63 % der Studierenden eine Aufgabe zur Prozentrechnung in Bezug auf Mietpreise durchführen, während die gleiche Rechnung im Kontext der Zusammensetzungen einer chemischen Substanz nur noch von 18 % gelöst werden konnte. Ein Fehlen von chemischem Verständnis stellten Goldhausen und Di Fuccia (2014) fest. In ihrer Videostudie zeigten die Studierenden in Modellierungsaufgaben mit gestuften Lernhilfen im Bereich des chemischen Wissens die größten Defizite während das Aufstellen und Lösen von Gleichungen keine Probleme bereitete.
Für die Physik stellten Rebello et al. (2007) fest, dass die Verwendung mathematischer Fähigkeiten in einem physikalischen Kontext schwierig ist, da die Aufgabenstellungen mathematisch deutlich weniger strukturiert sind. Unterschiede bezüglich der Bedeutung von Variablen und Buchstaben sowie die Verwendung vieler verschiedener Variablen verursachen ebenfalls Probleme (Pospiech, 2013; Redish, 2006). Darüber hinaus ist bekannt, dass besonders die Mathematisierung einer Problemstellung sowie die Interpretation eines Ergebnisses problematisch sind (Uhden 2012). Oft spielt hierbei der Umgang mit Formeln eine große Rolle. Bagno (2008) konnte dazu zwei Probleme identifizieren: Die Studierenden können die einzelnen Komponenten einer Formel nicht erklären und die Bedingungen, unter denen die Formel benutzt werden kann, sind nicht bekannt.

Forschungsprojekt

Hauptziel der Studie ist die Identifikation von Voraussetzungen zur Bearbeitung chemischer Rechenaufgaben. Vermutet wird, dass mathematische Fähigkeiten und Formelkenntnis Voraussetzungen zur Lösung chemischer Rechenaufgaben sind. Sie sind jedoch allein nicht ausreichend. Hierzu soll eine Untersuchung mit Studierenden des ersten Semesters durchgeführt werden. Ausgehend von typischen Klausuraufgaben der Allgemeinen Chemie wurden vier verschiedene Aufgabentypen entwickelt:

Formelaufgabe 1	Ist die Formel bekannt?
Formelaufgabe 2	Können die einzelnen Komponenten der Formel erklärt werden?
Formelaufgabe 3	Wird aus der Aufgabenstellung erkannt, welche Formel zur Lösung der Aufgabe herangezogen werden muss?
Mathematikaufgabe	Wird die Rechenoperation beherrscht?
Quantitative Chemieaufgabe	Kann die Rechenoperation im chemischen Kontext durchgeführt werden?

Die vier verschiedenen Aufgabentypen werden zu Item-Clustern zusammengefasst, sodass eine Person stets alle Aufgaben bearbeitet. Hierdurch soll es nachher möglich sein Problempunkte und gegebenenfalls Muster zu identifizieren.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Pilotstudie wurde mit 73 Bachelorstudierenden des Studiengangs Lehramt Chemie zu Beginn des zweiten Semesters durchgeführt, sodass alle Studierenden während des ersten Semesters die Vorlesung und Übung zur Allgemeine Chemie und das dazugehörige Praktikum durchlaufen hatten.

Die Auswertung der Pilotstudie zeigte zwei Problemfelder auf, wobei das erste die Auswahl der benötigten Formel zur Lösung der Aufgabe ist. Die Ergebnisse von Formelaufgabe 1 (Formel kennen), Formelaufgabe 3 (benötigte Formel identifizieren) und der quantitativen Chemieaufgabe wurden verglichen. Die ANOVA ergab, dass das Auswählen der benötigten Formel anhand der Aufgabenstellung signifikant schwerer ist als das Kennen der Formel und das Rechnen im chemischen Kontext ($F(1.378,97.643) = 8.553$; $p < .001$; $\eta_p^2 = .108$). So konnten 22 % der Studierenden die benötigte Formel nicht identifizieren, während die Aufgabe, sobald die Formel vorgegeben war, gelöst werden konnte. Weiterhin korreliert das Erkennen der benötigten Formel signifikant mit der Fähigkeit die einzelnen Elemente einer Formel erklären zu können ($r = .544$; $p < .001$).

Das zweite Problemfeld umfasst den Einsatz mathematischer Fähigkeiten in einem chemischen Kontext. Hier wurden die Resultate der quantitativen Chemieaufgabe sowie der Mathematikaufgabe mittels t-Test verglichen. Es zeigte sich, dass die Mathematikaufgaben signifikant häufiger als die entsprechenden quantitativen Chemieaufgaben gelöst wurden ($t(71) = 6.198$; $p < .001$; $d_{Cohen} = .75$). Es zeigte sich, dass 30 % der Studierenden die quantitative Chemieaufgabe nicht lösen konnten, obwohl die entsprechende Rechenoperation in der Mathematikaufgabe durchgeführt werden konnte.

Rückschlüsse aus der Pilotstudie und Ausblick

Die Pilotstudie hat die Annahme bestätigt, dass mathematische Fähigkeiten und Formelkenntnis allein nicht ausreichen, um chemische Rechenaufgaben lösen zu können. Das Formelverständnis (Formelaufgabe 2) kann die Probleme nur teilweise erklären, sodass es in der Hauptstudie um inhaltliches Verständnis ergänzt wird. In Kombination sollen sie qualitatives Verständnis messen. Hiervon ausgehend wurde ein Modell, das die Voraussetzungen zur Lösung chemischer Rechenaufgaben in der Chemie beschreibt,

entwickelt. Zunächst wird von drei Voraussetzungen zur Lösung chemischer Rechenaufgaben ausgegangen: Formelkenntnis, mathematische Fähigkeiten und qualitatives Verständnis (Formelverständnis und inhaltliches Verständnis). Diese Fähigkeiten müssen nun miteinander verknüpft werden: Die Studierenden müssen einerseits ihr Formelverständnis und qualitatives Verständnis nutzen, um die benötigte Formel auszuwählen als auch andererseits ihre mathematischen Fähigkeiten mit dem qualitativen Verständnis kombinieren, um in einem chemischen Kontext rechnen zu können. Um die chemische Rechenaufgabe lösen zu können, müssen die Studierenden diese beiden Schritte logisch hintereinander durchführen können.

In der Hauptstudie, an der alle Erstsemesterstudierenden der Studiengänge Chemie, Water Science und Lehramt Chemie der Universität Duisburg-Essen teilnehmen, soll dieses Modell überprüft werden. In einer weiteren Studie soll untersucht werden, woraus die erhöhte Schwierigkeit chemischer Rechenaufgaben im Vergleich zu Mathematikaufgaben resultiert. Dazu sollen beispielsweise Mathematikaufgaben mit abgewandelten, chemietypischen Variablen bearbeitet werden.

Literatur

Bagno, E., Berger, H., & Eylon, B.-S. (2008). Meeting the challenge of students' understanding of formulae in high-school physics: a learning tool. *Physics Education*, *43*(1), 75-82.

Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie*. Berlin: Logos.

Goldhausen, I., & Di Fuccia, D. (2014). *Mathematical Models in Chemistry Lessons.* Paper presented at the ISEC 2014, Singapur.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). *Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010*. Hannover: HIS.

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

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., & Siegle, T. (2013). *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I* (C. Pöhlmann Hrsg.). Münster/New York/München/Berlin: Waxmann.

Schanze, S., & Parchmann, I. (2013). Mathematisierung im Chemieunterricht. Grundlagen und Umsetzung anhand von Basiskonzepten. *Unterricht Chemie*, *24*(134), 2-7.

Pospiech, G. (2007). Argumentieren und Mathematisieren - im Gleichschritt? In D. Höttke (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2006*. Münster: LIT.

Pospiech, G. (2013). Mathematisierung aus Sicht von Schülern der Sekundarstufe I. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2012* (S. 326-328). Kiel: IPN-Verlag.

Rebello, N., Cui, L., Benett, A., Zollmann, D., & Ozimek, D. (2007). Transfer of learning in problem solving in the context of mathematics and physics. In D. H. Jonassen (Hrsg.), *Learning to solve complex scientific problems* (S. 223-246). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Redish, E. F. (2006). *Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses.* Paper presented at the World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change, New Delhi.

Schmidt, H.-J., Bell, H.-J., & Wainwright, M. (1975). Mathematische Probleme im Chemieunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, *24*, 85.

Trump, S., Brandenburger, M., Schmidt, I., & Mikelskis-Seifert, S. (2014). Mathematik in den Naturwissenschaften Inhalte, Anwendung und Folgen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013* (S. 285-287). Kiel: IPN.

Uhden, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht. Theorieentwicklung und Problemanalyse*. Berlin: Logos.

QUA-LiS NRW. (2014). Zentralabitur an Gymnasien und Gesamtschulen. Ergebnisse 2014. Verfügbar unter https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur/upload/download/Zentralabitur-Gymnasiale-Oberstufe-2014.pdf

Stefan Sorge IPN Kiel
Knut Neumann
Stefan Petersen

Die Bedeutung kognitiver Voraussetzungen für den Studienerfolg

Hintergrund und Ziele

Den Naturwissenschaften in Deutschland mangelt es an qualifizierten Nachwuchs. In der Physik ist dies unter anderem durch überdurchschnittlich hohe Abbruchquoten jenseits von 40% bedingt (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2014). Während die Ursachen für den Studienabbruch bereits gut erforscht sind (z.B. Albrecht & Nordmeier, 2012), sind Erkenntnisse über Voraussetzungen für Studienerfolg rar. Dabei fungieren insbesondere Einführungsveranstaltungen als sogenannte „gate-keeper“ (Gainen, 1995). Das heißt, wer diese Veranstaltung erfolgreich bewältigt, absolviert auch das Studium insgesamt erfolgreich.

Erste Untersuchungen u. a. in der Chemie (Freyer, Epple, Brand, Schiebener & Sumfleth, 2014) und Mathematik (Rach & Heinze, 2014) haben sich darauf konzentriert, Faktoren zu ermitteln, die Studienerfolg in Einführungsveranstaltungen begünstigen. Diese Untersuchungen weisen auf die Abiturnote und das fachspezifische Vorwissen als wichtigste Prädiktoren für das Bestehen der Abschlussklausur hin (Freyer et al., 2014; Rach & Heinze, 2014). Die herausragende Bedeutung der Abiturnote für Studienerfolg ist fächerübergreifend gut belegt (Trapmann, Hell, Weigand & Schuler, 2007). Trotz Kritik an der Objektivität der Abiturnote kann somit angenommen werden, dass sie ein valides Maß für eine allgemeine Studierfähigkeit darstellt, da die Abiturnote sowohl kognitive als auch nicht-kognitive Größen wie Arbeitshaltung, Motivation, Fleiß und Anpassung berücksichtigt (Rindermann & Oubaid, 1999). Darüber hinaus zeigte sich in den artverwandten Naturwissenschaften eine inkrementelle Verbesserung der Prognose des Studienerfolgs durch das Vorwissen der Studierenden (Freyer et al., 2014; Rach & Heinze, 2014).

Die Übertragung der Ergebnisse aus anderen mathematisch-naturwissenschaftlichen Studiengängen auf ein Physikstudium ist allerdings nicht ohne Weiteres möglich. In den ersten zwei Semestern des Physikstudiums werden wesentliche Inhalte der Schulphysik erneut aufgegriffen und vertieft, während in anderen naturwissenschaftlichen Vorlesungen bereits stärkere Spezialisierungen vorgenommen werden (z.B. Anorganische Chemie oder Analysis). Vor diesem Hintergrund verfolgt der vorliegende Beitrag zwei Ziele:

- Die Beschreibung kognitiver Merkmale im Vergleich verschiedener Studiengänge, die an einer Einführungsveranstaltung Physik teilnehmen und
- die Identifikation von Merkmalen mit prädiktivem Charakter für den Studienerfolg im ersten Semester operationalisiert durch das Bestehen der Abschlussklausur.

Methode

Ziel der vorliegenden Studie ist zu untersuchen, inwiefern kognitive Eingangsmerkmale der Studierenden wie Abiturnote, Physiknote und physikalisches Vorwissen den Studienerfolg vorhersagen. Dazu wurden N = 158 Studierende der Vorlesung „Experimentalphysik I“ im Wintersemester 2014/2015 in der ersten Veranstaltung befragt. Die Studierenden waren im Mittel 20,6 Jahre alt (SD = 2,6 Jahre). Die Studierenden verteilten sich dabei auf die Studiengänge Bachelor Physik (35% davon 15% weiblich), Lehramtsstudierende Physik (34% davon 31% weiblich) und Bachelor Physik des Erdsystems (31% davon 37% weiblich).

Der Studienerfolg wurde über die Ergebnisse in der ersten oder zweiten Abschlussklausur der Lehrveranstaltung erfasst. Von den 158 anfangs befragten Studierenden gaben am Ende des Semesters 49% ihre Klausurergebnisse freiwillig und anonymisiert an.
Zur Erfassung des physikalischen Vorwissens wurde ein eigener Test konzipiert. Dazu wurden zunächst verschiedene Schulbücher der Oberstufe (u.a. Bader, 2010; Grehn, 1992 u.a.) analysiert und im Anschluss 20 Items aus dem TIMSS/III-Projekt (Baumert et al., 1999) ausgewählt, um die wichtigsten Themen abzudecken. Nach dem Ausschluss eines Items mit negativer Trennschärfe erzielte der Test eine akzeptable Reliabilität von $\alpha = .68$.
Zusätzlich wurden weitere demographische Daten wie Geschlecht, Alter, Abiturnote, letzte Physiknote und Informationen zur Schulausbildung erfasst.

Ergebnisse

Beim Vergleich der kognitiven Eingangsmerkmale Abiturnote und physikalisches Vorwissen fallen studiengangsspezifische Unterschiede auf (Abbildung 1).
Welchs F-Test bestätigt, dass es signifikante Gruppenunterschiede zwischen den Studiengängen bei der Abiturnote gibt, $F(2, 95.94) = 5.29$, $p < .01$. Studierende des Bachelor Physik weisen mit $M = 2.23$ ($SD = .60$) die beste Abiturnote auf, während Lehramtsstudierende nach dem Games-Howell Post-Hoc-Test eine signifikant schlechtere Abiturnote mit $M = 2.55$ ($SD = .42$) aufweisen.

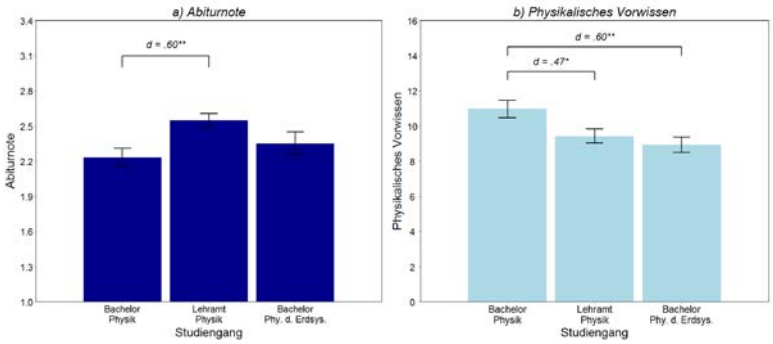


*Abb. 1: Vergleich der kognitiven Eingangsmerkmale unter Angabe signifikanter Unterschiede (**p<.01; *p<.05) und des Standardfehlers. (a) Abiturnote (Notenskala 1-4) (b) Physikalisches Vorwissen (max. 19 Punkte möglich).*

Auch im Bereich des physikalischen Vorwissens zeigen sich signifikante Gruppenunterschiede, $F(2, 155) = 5.65$, $p < .01$. Fachstudierende des Bachelors Physik zeigen das höchste physikalische Vorwissen ($M = 10.96$, $SD = 3.63$). Lehramtsstudierende ($M = 9.42$, $SD = 2.92$) und Nebenfachstudierende im Bachelor Physik des Erdsystems ($M = 8.94$, $SD = 3.09$) hingegen haben signifikant geringere Testergebnisse.

Mit Hilfe einer logistischen Regression wurde schließlich der Einfluss der Prädiktoren auf das Bestehen bzw. Nicht-Bestehen der Abschlussklausur untersucht (Tabelle 1). In den Modellen 1-3 zeigt sich zunächst, dass jeder der drei Prädiktoren einen signifikanten Einfluss auf das Bestehen der Abschlussklausur hat. Dabei ist jedoch der Effekt des physikalischen Vorwissens im Vergleich mit den anderen Prädiktoren relativ gering. Ein gemeinsames Modell von Abiturnote und Physiknote erweist sich dabei als aussagestärkstes Modell 4. Die weitere Hinzunahme des Vorwissens zu den Schulnoten führte zu keiner Verbesserung der Modellkennwerte.

	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
(Intercept)	.09 (.27)	.28 (.38)	.09 (.24)	.45 (.47)
Abiturnote	-1.29** (.32)			-1.77** (.67)
Physiknote		1.85** (.55)		1.85* (.74)
Physikalisches Vorwissen			.75** (.27)	
Probanden	76	46	77	46
Likelihood-Ratio-Test	22.37** Vergleich mit Nullmodell	20.35** Vergleich mit Nullmodell	9.08** Vergleich mit Nullmodell	10.72** Vergleich mit Modell 1
McFadden R^2	.22	.60	.09	.70

Tab. 1: Modelle der logistischen Regression mit der abhängigen Variablen „Bestehen der Abschlussklausur"

Anmerkungen: Regressionskoeffizienten mit Standardabweichung .** $p \leq .01$. * $p \leq .05$. Abiturnote mit Notenskala 1-4, Physiknote auf Punkteskala 0-15, Physikalisches Vorwissen mit Punktzahl 0-19. Alle Prädiktoren standardisiert.

Diskussion

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Fachstudierende in dieser Stichprobe bereits mit besseren kognitiven Eingangsvoraussetzungen ihr Studium beginnen. Im Laufe des Semesters wird jedoch das physikalische Vorwissen – so wie es hier erhoben wurde – nicht prädiktiv für den Studienerfolg. Für die Praxis bedeutet dies, dass es möglich ist, Defizite im physikalischen Vorwissen durch die Vorlesung auszugleichen. Sicherungsmaßnahmen wie Tutorien oder Ähnliches sollten daher nicht nur die reine Wissensvermittlung in den Blick nehmen, sondern auch Lerntechniken und andere nicht-kognitive Merkmale berücksichtigen. Betrachtet man jedoch nur die Studierenden, die die Klausur bestanden haben, so ist das physikalische Vorwissen weiterhin ausschlaggebend für die Abschlussnote.

Literatur

Albrecht, A. & Nordmeier, V. (2012). Ursachen des Studienabbruchs in Physik. Eine explorative Studie. *Die Hochschule, 20* (2), 131–145.

Bader, F. (Hrsg.) (2010). *PHYSIK Gymnasium SEK II.* Braunschweig: Schroedel.

Baumert, J., Bos, W., Klieme, E., Lehmann, R., Lehrke, M., Hosenfeld, I., Neubrand, J. & Watermann, R. (Hrsg.) (1999). *Testaufgaben zu TIMSS/III. Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung und voruniversitäre Mathematik und Physik der Abschlußklassen der Sekundarstufe II (Population 3).* Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Freyer, K., Epple, M., Brand, M., Schiebener, J. & Sumfleth, E. (2014). Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden der Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20,* 129-142.

Gainen, J. (1995). Barriers to success in quantitative gatekeeper courses. In: J. Gainen & E. W. Williamsen (Eds.), *Fostering student success in quantitative gateway courses* (S.61, 5-14). San Fransisco: Jossey-Bass.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2014). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012* (Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung DZHW). Hannover.

Rach, S. & Heinze, A. (2014). Individuelle Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg im ersten Semester im Mathematikstudium. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 935–938). Münster: WTM.

Rindermann, H. & Oubaid, V. (1999). Auswahl von Studienanfängern durch Universitäten – Kriterien, Verfahren und Prognostizierbarkeit des Studienerfolgs. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 20* (3), 172-191.

Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H. (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfols - eine Metaanalyse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 21* (1), 11–27.

John Hamacher RWTH Aachen
Jan Erkelenz
Heidrun Heinke

Lehrvideos zum Umgang mit Messdaten

Erhebung von Lernprozessen zum Thema Messunsicherheiten

Ein fundiertes Verständnis über Messunsicherheiten ist eine zwingend notwendige Voraussetzung, um experimentell ermittelte Daten belastbar auswerten zu können. Den primären Ort, an dem sich Studierende erstmals vertieft mit dieser Thematik auseinandersetzen, stellt in der Regel das physikalische Anfängerpraktikum dar. Wie aber mehrere Studien nachweisen, gelingt es den wenigsten Studierenden in traditionellen Praktikumslehrgängen, in denen eine ausschließlich frequentistische Auswertung von Messwerten gelehrt wird, die erwünschten theoretischen und praktischen Kompetenzen zum Themenkomplex Messunsicherheiten aufzubauen (Séré, M., Journeaux, R. & Larcher, C., 1993; Deardorff, D., 2001). Ein wichtiger Grund dafür besteht in der meistens nicht explizit stattfindenden Vermittlung konzeptuellen Wissens über Messunsicherheiten. Dies legen mehrere Studien nahe, in denen die Annahme widerlegt wurde, dass sich durch das Anwenden mathematischer Auswertungsmethoden gleichzeitig konzeptuelles Verständnis über Messunsicherheiten ausbildet. (Lippmann-Kung, R., 2005; Buffler, A., Allie, S. & Lubben, F., 2001). Für die Entwicklung effektiverer Praktikumslehrgänge ist eine vertiefte Einsicht in die studentischen Lernprozesse beim Umgang mit Messunsicherheiten notwendig. Dies wird durch die Organisation gängiger Praktika erschwert, in denen sich die Studierenden hauptsächlich während der unbetreuten Versuchsauswertung und Versuchsberichterstellung zu Hause mit Messunsicherheiten auseinandersetzen. Für diese Phase benötigen sie häufig doppelt bis dreimal so viel Zeit wie für die betreute Versuchsdurchführung an der Universität (Schwarz, I., Effertz, C. & Heinke, H., 2013). An diesem Punkt offenbart sich eine Lücke in den bisherigen Forschungsarbeiten: Alle uns bekannten Erhebungen, die durch verhaltensnahe Beobachtungen das konzeptuelle Verständnis der Studierenden über Messunsicherheiten untersucht haben, wurden im Laborstudiendesign durchgeführt. Dadurch musste in diesen Studien die Versuchsdurchführung von den Studierenden am gleichen Tag durchgeführt werden wie die Datenauswertung. Diese Situation unterscheidet sich substanziell vom realen Praktikumsalltag, in dem die Studierenden nach der Versuchsdurchführung noch weitere sechs Tage Zeit für die Datenauswertung haben (Abb. 1). Um die dargelegte Lücke schließen zu können wird ein Erhebungsinstrument benötigt, welches minimalinvasiv die von den Studierenden außerhalb der Universität erstellten Datenauswertungen umfassend und zuverlässig dokumentieren kann. Im folgenden Abschnitt wird eine Erhebungsmethode vorgestellt, welche diesen Ansprüchen genügt und in einer Laborstudie getestet wurde.

Abb. 1: Vergleich der Standorte und Zeitpunkte für die Phasen „Versuchsdurchführung“ und „Versuchsauswertung“ zwischen bisherigen Studien und dem Praktikumsalltag

Prozessgrafiken zur Analyse von lehrvideogestützten Arbeitsprozessen

An der RWTH Aachen wird prototypisch im physikalischen Anfängerpraktikum für Studierende der Biologie und Biotechnologie ein neuer Ansatz zur Vermittlung von Messunsicherheiten eingeführt (Hamacher, J., Erkelenz, J. & Heinke, H., in Druck). Eine Komponente dieses Ansatzes stellt die Bereitstellung von kurzen Lehrvideos zum Thema Messunsicherheiten dar, die die Studierenden während der Versuchsauswertung unterstützen sollen. Dabei konnte die Eignung solcher Lehrvideos als Medium zur Verbesserung der Auswertekompetenz bereits erfolgreich nachgewiesen werden (Effertz, C., Schwarz, I., Lammertz, I., Erkelenz, J. & Heinke, H., 2015). In einer anschließenden Usability-Studie (N=14, WS 2014/15) wurden studentische Arbeitsprozesse beim Lösen von zwei gleichwertigen Aufgaben zur Datenauswertung analysiert. Die Studierenden wurden gebeten aus gegebenen Datenreihen vollständige Messergebnisse zu bestimmen und während des gesamten Arbeitsprozesses die Think-Aloud-Methode einzusetzen. Nach Beenden der ersten Aufgabe ohne Hilfsmittel erhielten sie vom Sitzungsleiter eine Rückmeldung, ob ihre Lösung korrekt war oder nicht. Für die gesamte Bearbeitungszeit der zweiten Aufgabe stand ihnen dann über einen Laptop der freie Zugriff auf ein Set von vier Lehrvideos („Angabe von Messwerten“, „Mittelwert“, „Standardabweichung“ und „Messunsicherheit“) zur Verfügung. Nach Beenden der zweiten Aufgabe wurden sie anhand eines Fragebogens zu ihrer Meinung über die Lehrvideos befragt. Um die Aufgabenbearbeitung umfassend dokumentieren zu können mussten die Studierenden ihre Lösungen mit einem Smartpen erstellen, so dass minimalinvasiv ihre mündlichen Äußerungen und ihre Niederschriften aufgezeichnet werden konnten. Zusätzlich wurde ihr Video-Klick-Verhalten mittels einer Screencapturing-Software aufgenommen. Aus der Kombination dieser Daten kann für jeden Probanden eine Arbeitsprozessgrafik erstellt werden, in der zeitlich aufgelöst die Videonutzung und der Fortschritt bei der Aufgabenlösung dargestellt werden können. In Abb. 2 ist beispielhaft die Arbeitsprozessgrafik eines Probanden zu sehen. Kernelemente der Grafik sind die farbigen Boxen und Ovale, welche aufgeteilt auf die vier Inhaltsbereiche der Lehrvideos zum einen das Ansehen von Videos und zum anderen das Arbeiten an der

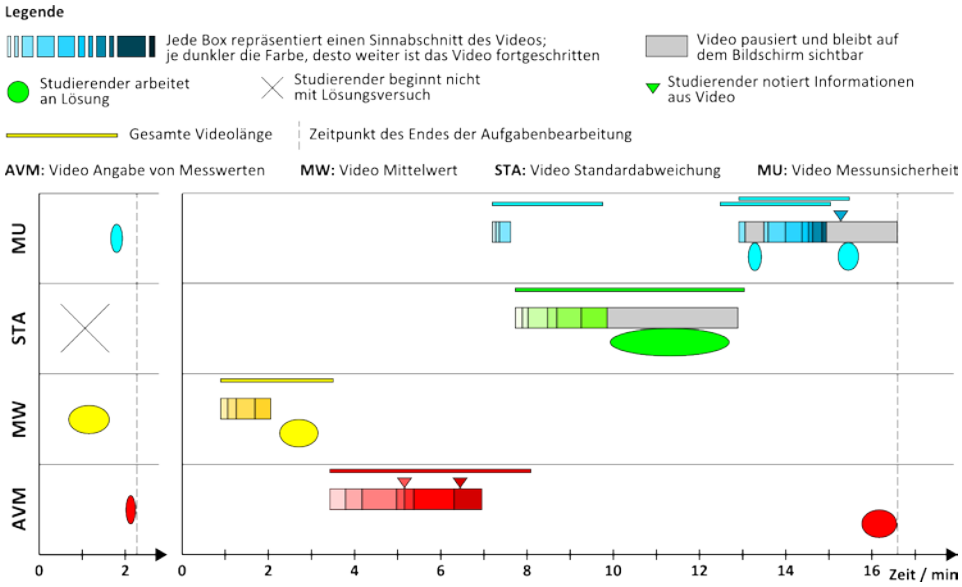


Abb. 2: Exemplarische Arbeitsprozessgrafik (Proband 8) zur Analyse der studentischen Videonutzung beim Lösen von Aufgaben zur Datenauswertung

Lösung repräsentieren. Jedem Video wurden eine Hauptfarbe und mehrere Farbabstufungen zugeteilt. Jede Farbabstufung repräsentiert dabei einen inhaltlichen Abschnitt eines Lehrvideos. Beginnt ein Student in einem Inhaltsbereich nicht mit einem Lösungsversuch, wird dies durch ein Kreuz symbolisiert. Weiter sind durch gestrichelte Linien die Bearbeitungsenden der Aufgaben, durch Streifen über den Videoblöcken die Gesamtlänge der jeweiligen Videos und durch Dreiecke Zeitpunkte, in denen der Proband Informationen aus einem Video notiert, dargestellt. Eine graue Box zeigt an, dass das zuletzt abgespielte Videosegment pausiert wurde und auf dem Bildschirm sichtbar bleibt. Alleine die Prozessgrafiken ermöglichen bereits einen ersten Vergleich verschiedener Lösungsstrategien anhand von objektiven Oberflächenmerkmalen. Ihr vollständiges Potential entfalten sie aber durch eine inhaltliche Auswertung der Lösungsvorschläge und der Think-Aloud-Transkripte. Beispielsweise kann auf diesem Weg für die in Abb. 2 dargestellte Prozessgraphik gezeigt werden, dass dem Probanden in der ersten Aufgabe nicht bekannt ist, was ein physikalisch vollständiges Ergebnis alles beinhaltet. Diese Information kann er aber den Videos entnehmen und weitgehend korrekt umsetzen. Dabei ist seine Videonutzung als selektiv und zielorientiert zu beschreiben. Beides kann aus der gewählten Abspielreihenfolge der Videos und seinen Begründungen dafür erschlossen werden. Zusätzlich sprechen der Abbruch der Videoansichten nach Informationen, die seines Erachtens nach zum Lösen der Aufgabe ausreichen, und das Notieren von lediglich formelhaftem Wissen und keinem konzeptuellen Wissen aus den Videos für die genannten Merkmale der Videonutzung. Darüber hinaus kann den Daten aber auch die Robustheit bestehender Fehlkonzepte entnommen werden. Selbst nach Thematisierung im Video bestimmt der Proband die Anzahl der signifikanten Ziffern inkorrekt, da er das Video aufgrund seines Hintergrundwissens falsch versteht.

Ausblick

Im letzten Abschnitt wurde beispielhaft gezeigt, dass es mit Hilfe eines Smartpens und einer Screencapturing-Software möglich ist Kommunikation, Lösungsniederschriften und Video-Klickverhalten minimalinvasiv aufzuzeichnen und damit die mathematische Auswertekompetenz und das konzeptuelle Verständnis von Studierenden bei der Auswertung von Messdaten erfolgreich zu analysieren. In einer Pilotstudie im WS 2015/16 wird getestet, ob dieses Erhebungsinstrument zur Aufnahme der außerhalb der Universität stattfindenden Phase der Datenauswertung geeignet ist, so dass auf diese Weise die relevanten Lernprozesse der Studierenden valide nachvollzogen und Rückschlüsse auf die Lernprozesse der Studierenden zum Thema Messunsicherheiten gezogen werden können. Nach erfolgreicher Pilotierung sollen im WS 2016/17 vollständige Arbeitsprozesse im Physikpraktikum, bestehend aus der Versuchsdurchführung an der Universität und der Versuchsauswertung außerhalb der Universität, aufgenommen und analysiert werden.

Literatur

Buffler, A., Saalih, A. & Lubben, F. (2001). The development of first year physics students‘ ideas about measurement in terms of point and set paradigms. In: International Journal of Science Education, 23(11)

Deardorff, D. (2001). Introductory physics students’ treatment of measurement uncertainty. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina

Effertz, C., Schwarz, I., Lammertz, I., Erkelenz, J. & Heinke, H. (2015). Lernvideos im Physikpraktikum für Biologen - Entwicklung und Evaluation. In: Bernhold, S. (Hrsg.), GDCP-Jahrestagung Bremen 2015

Hamacher, J., Erkelenz, J. & Heinke, H. (in Druck). Messunsicherheiten mit Hilfe von Lehrvideos verstehen. In: Nordmeier, V. & Grötzebauch H. (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Wuppertal

Lippmann-Kung, R. (2005). Teaching the concepts of measurement: An example of a concept-based laboratory course. In: American Journal of Physics, 73(8)

Schwarz, I. Effertz, C. & Heinke, H. (2013). Untersuchungen zur Nachbereitungsform „Protokoll“ im Physikpraktikum für Biologiestudierende. In: Bernhold, S. (Hrsg.), GDCP-Jahrestagung Hannover 2013

Séré, M., Journeaux, R. & Larcher, C. (1993). Learning the statistical analysis of measurement errors. In: International Journal of Science Education, 15(4)

Ann-Kathrin Schlüter TU Dortmund
Insa Melle

Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Chemieunterricht

Einleitung

Mit der Unterzeichnung der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderungen im Jahre 2009 hat sich Deutschland zur Umstellung auf ein inklusives Schulsystem verpflichtet, in dem Schülerinnen und Schüler mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf gemeinsam unterrichtet werden (United Nations, 2006). Die Entwicklung einer Unterrichtspraxis, die jedes Kind entsprechend den individuellen Fähigkeiten und den daraus resultierenden (sonder-)pädagogischen Bedarfen fördert, stellt eine neue Anforderung an die Lehrpersonen dar. Somit stellt die Lehrerausbildung das Fundament für die Umsetzung der inklusiven Bildungsreform dar (Amrhein & Dziak-Mahler, 2014). Hinzu kommt, dass im Land Nordrhein-Westfalen ein Entwurf zur Änderung des Lehrerausbildungsgesetztes beschlossen wurde, in dem Umgang mit Vielfalt und sonderpädagogisches Grundlagenwissen fester Gegenstand der Ausbildung aller künftigen Lehrkräfte wird (Pressemitteilung vom 29.09.2015). Somit ist die Lehrerausbildung gesetzlich dazu verpflichtet, Inklusion in das Lehramtsstudium zu implementieren.

Theoretischer Hintergrund

Auch wenn Inklusion bereits fester Bestand des Alltags von Lehrpersonen darstellt, so zeigen dennoch nationale und internationale Studien, dass sich Lehrkräfte nicht angemessen auf Inklusion vorbereitet fühlen (Eberl, 2000; Center & Ward, 1987). Bei der Analyse der Lehrveranstaltungen von lehrerbildenden Hochschulen wird deutlich, dass bisher nur wenige Hochschulen Anstrengungen unternehmen, um ihre Lehramtsstudierende angemessen auf Inklusion vorzubereiten (Monitor Lehrerbildung, 2015). Hinzu kommt, dass Inklusion noch häufig ein isoliertes Thema im Studium darstellt. Eine Thematisierung erfolgt in der Regel nur in Rahmen pädagogischer und didaktischer Basisqualifikationen, eine Umsetzung in den Fachwissenschaften und Fachdidaktiken erfolgt nur selten (Monitor Lehrerbildung, 2015). Die Studierenden können also Wissen über Inklusion erlangen, sie lernen jedoch nicht, wie sie dieses Wissen im Fach anwenden können. In den letzten Jahren wurden jedoch einige universitäre Ansätze zur Etablierung von Inklusion in die Lehrerbildung entwickelt. Dazu zählen das Akkreditieren von neuen Studiengängen, die vollkommen auf die inklusive Unterrichtspraxis ausgelegt sind (Stein, 2006) oder die Gestaltung von inklusionsorientierten Modulen, die in der Regel von allen Lehrämtern besucht werden müssen (Obolenski, 2004). Aber auch hier ist zu beobachten, dass es selten Lehrveranstaltungen gibt, in denen Aspekte inklusiver Unterrichtsgestaltung mit der Fachdidaktik verknüpft betrachtet werden.

Die Studie

Aufgrund der Diskrepanz zwischen den bildungspolitischen Vorgaben zur Implementierung von Inklusion in die Lehrerbildung und der mangelnden Ausbildung angehender Lehrkräfte auf Inklusion, wird mit diesem Forschungsprojekt das Ziel verfolgt, ein Seminar zu entwickeln und zu evaluieren, in dem angehende Chemielehrkräfte auf den Gemeinsamen Chemieunterricht vorbereitet werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes wird der Begriff *Gemeinsamer Unterricht* verwendet, da mit der *Inklusion* häufig fälschlicherweise ausschließlich die Eingliederung von Schülerinnen und Schülern mit Behinderungen suggeriert wird (Wellensiek & Sliwka, 2013). Mit *Gemeinsamem Unterricht* „ist Inklusion sowohl in der Grundschule als auch – abweichend vom amtlichen Sprachgebrauch in NRW (integrative

Lerngruppe) – in der Sekundarstufe gemeint“ (Klemm & Preuss-Lausitz, 2011, S. 7). Damit ist gemeint, dass jede Schülerin und jeder Schüler unabhängig von ihren oder seinen individuellen Lern- und Leistungsvoraussetzungen gefördert und unterstützt wird.

Forschungsfragen
Zur Untersuchung der Wirkung des Seminars werden die Attraktivität des Seminars sowie eine mögliche Verbesserung der Fähigkeit der Studierenden, einen Gemeinsamen Chemieunterricht zu planen, ermittelt. Ebenso werden die Umsetzung der erlernten Inhalte im anschließenden Praxissemester und eine mögliche Änderung der Einstellung, Selbstwirksamkeit und Bereitschaft der Studierenden in Bezug auf Inklusion untersucht.

Untersuchungsdesign und verwendete Test- und Auswertungsinstrumente
Bei dem neu konzipierten Seminar mit dem Titel „Vorbereitung auf einen Gemeinsamen Chemieunterricht“ handelt es sich um das Vorbereitungsseminar zum Praxissemester, welches für Chemie-Lehramtsstudierende für die Schulformen Gymnasium, Gesamt-, Real- und Hauptschule im Master verpflichtend ist.
In der ersten Seminarsitzung werden die Einstellung, die Selbstwirksamkeit und die Bereitschaft der Studierenden mittels *paper-pencil*-Tests (5-stufige Likert-Skala) ermittelt. Ebenso wird die Fähigkeit der Studierenden, einen Gemeinsamen Chemieunterricht zu planen, erhoben, indem die Studierenden einen Planungsentwurf für Gemeinsamen Unterricht erstellen sollen. Dieser Planungsentwurf wird mittels eines hoch-inferenten Kodiermanuals ausgewertet (vgl. auch Hasenkamp, Windt & Rumann, 2015). Anschließend erfolgt die Intervention, die aus elf Seminarsitzungen besteht. Innerhalb der Intervention wird in regelmäßigen Abständen ein Attraktivitätstest (5-stufige Likert-Skala) eingesetzt, der die Seminarqualität einzelner Themenblöcke erhebt. In der letzten Seminarsitzung sollen die Studierenden für einen Pre-Post-Vergleich wieder die Einstellungs-, Selbstwirksamkeits- und Bereitschaftstests ausfüllen sowie den Planungsentwurf für Gemeinsamen Chemieunterricht anfertigen. Zusätzlich wird ein zweiter Attraktivitätstest (5-stufige Likert-Skala und offenes Antwortformat) eingesetzt, der die Einschätzung der Studierenden in Bezug auf die Qualität der Arbeitsphasen und der Referenten misst. Im anschließenden Schulhalbjahr wird die Umsetzung der im Seminar erlernten Inhalte im Praxissemester untersucht. Dazu wird der durch die Studierenden durchgeführte Gemeinsame Chemieunterricht videografiert und ausgewertet. Nach dem Praxissemester wird abschließend die langfristige Wirkung des Seminars auf die Einstellung, Selbstwirksamkeit und Bereitschaft der Studierenden ermittelt.

Die Intervention
Die Inhalte des Seminars wurden vorrangig auf Basis des *Universal Design for Learning* entwickelt. Hierbei handelt es sich um ein Modell zur Planung und Gestaltung von Unterricht mit universeller Zugänglichkeit (CAST, 2011).
Im Seminar können die Studierenden sowohl sonderpädagogische Aspekte des Lehrens und Lernens sowie Methoden und Mittel einer inklusiven Unterrichtspraxis kennen lernen und selbstständig entwickeln. Es werden die folgenden Themen behandelt:

- Planung von Gemeinsamem (Chemie-)Unterricht
- Das *Universal Design for Learning*
- Hilfsschule, Hilfsschulunterricht, Lernbehinderung
- Lernbehinderung und erfolgreiches Lernen im schulischen Unterricht
- Entwicklung von Lernaufgaben für heterogene Lerngruppen
- Gestaltung von Schülerexperimenten für einen Gemeinsamen Chemieunterricht
- Leichte Sprache - Einfache Sprache
- Kooperatives Lernen im Gemeinsamen (Chemie-)Unterricht
- Mögliche Baustellen im Gemeinsamen Unterricht

Für die sonderpädagogische Expertise wurde das Seminar in Kooperation mit Prof. Dr. Franz Wember (Fakultät Rehabilitationswissenschaften, TU Dortmund) entwickelt. Der Fokus wurde auf Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf Lernen gelegt, da es sich hierbei um den häufigsten Förderbereich handelt (KMK, 2014).

Ergebnisse

Im Rahmen der Voruntersuchung konnte bisher festgestellt werden, dass die Studierenden sowohl die Seminarqualität der einzelnen Themenblöcken (M = 1.73, n = 26) als auch die Qualität der Arbeitsphasen (M = 1.51, n = 7) und Referenten (M = 1.13, n = 7) als positiv einschätzen (jeweils Skala von 1 = sehr gut bis 5 = schlecht). Ebenso konnte eine signifikant positive Änderung der Einstellung (p = .015, d = 1.28, n = 7) und Selbstwirksamkeit (p = .011, φ = 0.89, n = 7) gemessen werden. Für die Bereitschaft hingegen konnte keine signifikante Verbesserung erzielt werden (p = .270, d = .46, n = 7). Das bedeutet, dass die Studierenden zwar eine positive Einstellung zum Gemeinsamen Unterricht haben und ihre Fähigkeiten nach dem Seminar positiver einschätzen, sie zur Arbeit im Gemeinsamen Unterricht aber dennoch nicht bereit sind. Ebenfalls haben sich die Studierenden in ihrer Fähigkeit, einen Gemeinsamen Chemieunterricht zu planen, verbessert (p < .001, d = 2.80, n = 7).

Ausblick

Im Rahmen der Voruntersuchung ist weiterhin geplant, die Umsetzung der im Seminar erlernten Inhalte im Praxissemester zu analysieren. Ebenfalls soll die langfristige Wirkung des Seminars auf die Einstellung, Selbstwirksamkeit und Bereitschaft der Studierenden ermittelt werden. Nach einer Überarbeitung der Seminarsitzungen und Testinstrumente wird die Wirkung des Seminars anhand einer größeren Stichprobe untersucht.

Literatur

Amrhein, B. & Dziak-Mahler, M. (2014). Fachdidaktik inklusiv. Eine Aufgabe für die LehrerInnenbildung der Zukunft. In B. Amrhein & M. Dziak-Mahler (Hrsg.): *Fachdidaktik inklusiv. Auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule* (S. 11-13). Münster, New York: Waxmann.

Center of Applied Special Technology (2011). *Universal Design for Learning. Guidelines version 2.0.*. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar unter: http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines /downloads (Stand: 27.08.2015)

Center, Y & Ward, J. (1987). Teacher's attitudes towards the integration of disabled children in regular schools. *The Exceptional child*, 34, 41-56.

Eberl, D. (2000). *Gemeinsamer Unterricht von behinderten und nichtbehinderten Schülern in der Beurteilung von Schulleitern und Lehrern: eine Untersuchung an Grund- und Sonderschulen in Nordrhein-Westfalen*. Witterschlick/Bonn: Wehle.

Hasenkamp, A., Windt, A. & Rumann, S. (2015) Entwicklung der Sachunterrichtsplanung bei angehenden Lehrkräften. In: Bernholt, S. (Hrsg.). Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, S. 600-602. Kiel: IPN.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2014). *Sonderpädagogische Förderung in Schulen 2003 bis 2012*. Online verfügbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dokumentation_SoPae Foe_ 2012.pdf (Stand: 07.10.2015)

Monitor Lehrerbildung (2015). *Inklusionsorientierte Lehrerbildung - vom Schlagwort zur Realität?!*. Online verfügbar unter: http://www.monitor-lehrerbildung.de/export/sites/default/.content/Downloads/Monitor _Lehrerbildung_Inklusion_04_2015.pdf (Stand: 08.10.2015)

Obolenski, A. (2004). Qualifizierung für eine inklusive Pädagogik: Anforderungen an die LehrerInnenbildung. In I. Schnell & A. Sander (Hrsg.). *Inklusive Pädagogik* (S. 313-319). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Stein, A.-D. (2006). Inkludierende Lern- und Lebensbedingungen herstellen. Begründungen und Ausbildungsziele im Internationalen Studiengang Integrative Heilpädagogik/Inclusive Education an der EFH Darmstadt. *Gemeinsam leben. Zeitschrift für integrative Erziehung*, 1, 4-11.

Wellensiek, A. & Sliwka, A. (2013). Unterschiedlichkeit als Chance. Kompetenzorientierte Unterrichtsplanung mit dem Ziel der Inklusion. *NiU Chemie*, 135, 7-9.

United Nations (2006). *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. Online verfügbar unter: http://www.un.org/disabilities/default.asp?id=150 (Stand: 08.10.2015)

Carolin Meyer IPN Kiel
Mirjam Steffensky
Ilka Parchmann

Entwicklung des chemiedidaktischen Wissens von Lehramtsstudierenden

Einleitung

Es existieren bislang nur wenige Studien, die sich mit der Entwicklung des fachdidaktischen Wissens an der Universität befassen. Im KiL-Projekt (Messung professioneller Kompetenzen in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen) wurden Testverfahren zur Erfassung des Professionswissens (Kleickmann, 2014) in naturwissenschaftlichen Fächern und Mathematik entwickelt. Auf dieses Messinstrument wird im aktuellen, längsschnittlichen Projekt KeiLa (Kompetenzentwicklung im mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudium) zurückgegriffen, wobei der folgenden übergeordneten Forschungsfrage nachgegangen wird:
Wie entwickelt sich das universitäre chemiedidaktische Wissen bei Lehramtsstudierenden im Verlauf ihres Studiums?
Das Ziel ist somit die Entwicklung eines Messinstruments, welches sensitiv für eine angenommene Progression ist und die fachdidaktischen universitären Inhalte (angelehnt an KMK, 2008) möglichst breit erfasst.

Das Professionswissen wird nach Shulman (1986) in die drei Bereiche Fachwissen, fachdidaktisches und pädagogisches Wissen unterteilt. Weiter liegt dem entwickelten Testinstrument das Modell von Magnusson, Krajcik & Borko (1999) zugrunde, welches explizit das naturwissenschaftliche fachdidaktische Wissen beschreibt.

Um zu analysieren, inwieweit dieses Messinstrument die fachdidaktischen Inhalte des Lehramtsstudiums ausreichend breit erfassen kann, wurde herausgearbeitet, über welches Wissen ein Lehramtsstudent am Ende seiner universitären Laufbahn aus einer normativen bzw. theoretischen Perspektive verfügen soll. Dazu wurden die offiziellen Anforderungen an die Lehrerausbildung (vgl. GFD, 2005; KMK, 2008; GDCh, 2008) und theoretische Modelle (vgl. Shulman, 1986; Magnusson et al., 1999) analysiert und Gemeinsamkeiten herausgearbeitet.

Modulanalyse

Es wurden die online verfügbaren Modulpläne von elf deutschen Universitäten dahingehend analysiert, inwieweit die angegebenen Inhalte den KMK-Standards (KMK, 2008) zugeordnet werden können (vgl. Tab. 1). In diesem Zusammenhang konnte bei den Standards „Konzeptionen und Curricula“ sowie „Lernprozesse, Diagnose von Lernschwierigkeiten, Motivation und Interesse“ eine gute Konsistenz gefunden werden. Wesentlich seltener konnten Inhalte dem KMK-Standard „Schulrelevante Aspekte der Geschichte der Chemie“ zugeordnet werden.

Standorte	Fachdid. Reflexion v. Basis-konzepten d. Chemie	Fachdid. Forschung & Positionen	Konzep-tionen & Curricula	Lernprozesse, Diagnose v. Lern-schwierigkeiten, Motivation & Interesse	Schulrelevante Aspekte d. Geschichte d. Chemie	Schul-orientiertes Experimen-tieren
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						
H						
I						
J						
K						

Tab. 1: Vorkommen der KMK-Standards (KMK, 2008) in den chemiedidaktischen Modulplänen der Universitäten.

Anmerkung: Hierbei steht ein grau eingefärbtes Kästchen dafür, dass der KMK-Standard in den Modulplänen nicht explizit angesprochen wird und ein weißes Kästchen symbolisiert, dass Inhalte dem KMK-Standard zugeordnet werden konnten. Ein KMK-Standard gilt auch dann als angesprochen, wenn nur ein Aspekt (z.B. Diagnose von Lernschwierigkeiten) zugeordnet wurde.

Damit konnte ein Überblick darüber gewonnen werden, in welchen Bereichen Studierenden die Möglichkeit geboten wird eine Lerngelegenheit wahrzunehmen, sodass dort eine Entwicklung des entsprechenden Wissens zu erwarten ist. Lediglich der KMK-Standard „Schulrelevante Aspekte der Geschichte der Chemie“ wurde aufgrund des zu geringen Vorkommens an den Universitäten nicht berücksichtigt.
Bezieht man weitere Anforderungen und theoretische Ansätze in die Analyse mit ein, so lassen sich, wie in Tab. 2 dargestellt, einige Inhalte übergreifend in allen drei Bereichen finden.

Theoretische Modelle	GFD (GFD, 2008)	KMK (KMK, 2008)	Modulnennung
	Forschungsansätze aus der Fachdidaktik	Fachdidaktische Forschung und Positionen	6 von 11 Universitäten
Wissen um das naturwissenschaftliche Curriculum (Magnusson et al., 1999)	- Fachdidaktische Theorien & Konzeptionen - Bildungsstandards & Kompetenzmodelle	Konzeptionen und Curricula	9 von 11 Universitäten
Aufgabenschwierigkeit/ (Fehl-) Vorstellungen (Shulman, 1986)	Schülerverständnis, Motivation	Lernprozesse, Diagnose v. Lernschwierigkeiten, Motivation und Interesse	10 von 11 Universitäten

Tab. 2: Gegenüberstellung der Anforderungen von GFD, KMK und dem Vorkommen an den Universitäten.

Konsequenzen für die weitere Entwicklung des Messinstruments

Das als Grundlage dienende reliable und valide Testinstrument aus KiL zeigt bereits Unterschiede im Niveau (d = .53) für Studienanfänger (Semester 1-4, N = 141) und fortgeschrittene Studierende (ab 5. Semester, N = 181).

Aufgrund der Zuordnung der bereits vorhandenen Items zu den KMK-Standards und den obigen Analysen wurden weitere vier Items zu „Interesse und Motivation“ sowie zusätzliche neun Aufgaben zu „Konzeptionen und Curricula“ entwickelt. Diese befinden sich momentan in der Pilotierung an zwei deutschen Universitäten.
Obwohl vermehrt Inhalte zu „Fachdidaktische Forschung und Positionen“ an den analysierten Hochschulen gelehrt werden, wurde kein inhaltlicher Konsens in den Modulplänen der analysierten Universitäten gefunden. Bei allen anderen KMK-Standards wird eine Entwicklung des fachdidaktischen Wissens angenommen, da davon auszugehen ist, dass ausreichend Lerngelegenheiten zu den Inhalten wahrgenommen werden können.

Durch die Entwicklung von 13 weiteren PCK-Items, wird ein an die Theorie und die KMK-Standards angelehntes Testinstrument weiterentwickelt, welches das fachdidaktische Wissen von Lehramtsstudierenden der Chemie inhaltlich breit erfasst.

Literatur

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK] (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf (22.01.2013)

Kleickmann et al. (2014), Professionswissen von Lehramtsstudierenden der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer – Testentwicklung im Rahmen des Projekts KiL, Unterrichtswissenschaft, 42 3, 280-288

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome, & N. G. Ledermann, Examining Pedagogical Content Knowledge - The Construct and its Implications for Science Education (S. 95-132). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

Gesellschaft für Fachdidaktik e.V. (2005). Fachdidaktische Kompetenzbereiche, Kompetenzen und Standards für die 1. Phase der Lehrerbildung (BA+MA). http://www.fachdidaktik.org/cms/download.php?cat=Ver%C3%B6ffentlichungen&file=Publikationen_zur_Lehrerbildung-Anlage_2.pdf (08.09.2015)

Gesellschaft Deutscher Chemiker. (2008). Das Bachelor-/ Master-Studium für das Lehramt Chemie. Frankfurt am Main

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14

Gerfried Wiener[1,2]
Sascha Schmeling[1]
Martin Hopf[2]

[1]CERN, Genf
[2] Universität Wien

Akzeptanzbefragungen als LehrerInnenfortbildung

Einleitung

Um der Forderung nach verstärkter Einbindung der modernen Physik im Unterricht nachzukommen, wurde basierend auf dokumentierten *students' conceptions* (Duit, 2009) ein Unterrichtskonzept zum subatomaren Aufbau der Materie entwickelt. Während der Gestaltung des Konzepts lag das Hauptaugenmerk auf der durchgehenden Betonung des naturwissenschaftlichen Modellcharakters in Kombination mit sprachlicher Exaktheit. So wird zum Beispiel der Begriff des Teilchens ausschließlich für Elementarteilchen verwendet, während alle zusammengesetzten Zustände durchgehend als Teilchen-Systeme eingeführt werden. Diese Unterscheidung wird auch mit Hilfe neuartiger typographischer Abbildungen visualisiert (Abb.1), die ihrerseits die Betonung des Modellcharakters unterstützen und eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Visualisierungen in der Teilchenphysik darstellen. Das entwickelte Unterrichtskonzept wird von zehn integralen *key ideas* aufgespannt, welche als Elementarisierung der Schritte vom Begriff der Materie bis zu Elektronen und Quarks fungieren (Wiener et al., 2015).

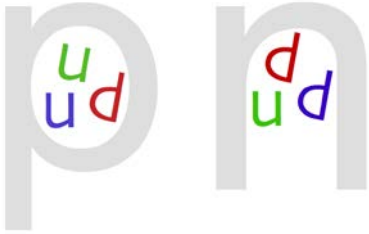


Abb. 1: Typographische Darstellung von Proton und Neutron

Forschungsfragen & methodisches Vorgehen

Mit der Zielsetzung der Evaluation des entwickelten Unterrichtskonzepts ergaben sich folgende zwei Forschungsfragen:

I. Inwiefern verstehen Jugendliche das Konzept und verwenden es zur Problemlösung?
II. Wie beurteilen und realisieren Lehrpersonen das Konzept?

Zu deren Bearbeitung wurde auf die Methode der Akzeptanzbefragung nach Jung (1992) zurückgegriffen. Dieses Schema basiert auf 1:1 Interviews, in denen in einer genau festgelegten Abfolge von Befragungsphasen lernförderliche und lernhinderliche Elemente der Instruktion ermittelt werden. Im ersten Schritt wird dem Probanden ein Informationsangebot dargeboten, dessen Plausibilität bewertet werden soll. Danach erfolgt eine Paraphrasierung „mit eigenen Worten" durch den Probanden und in weiterer Folge die Aufgabe, die neuen Inhalte auf konkrete Beispiele anzuwenden. Akzeptanzbefragungen stellen so gesehen *Machbarkeitsstudien* dar, die Aufschluss geben, inwiefern das dargebotene Material dem jeweiligen Probanden plausibel erscheint und anhand konkreter Beispiele angewandt werden kann. Ganz im Sinne der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Design-Based Research Collective, 2003) ist es das Ziel, durch einen iterativen Prozess mit mehreren Redesign- und Testphasen lernförderliches Unterrichtsmaterial zu entwickeln.

Hauptstudie

Im konkreten Fall wurden im Frühjahr 2014 insgesamt 20 Akzeptanzbefragungen mit Jugendlichen der 6. Schulstufe durchgeführt. Das Setting der 40-minütigen Befragungen orientierte sich stark an Jungs Originalversion und ist schematisch in Abbildung 2 dargestellt. Das Informationsangebot wurde zunächst vom Probanden bewertet und danach paraphrasiert. Als erstes Transferbeispiel fungierten Salzkörner, anhand deren Struktur der subatomare Aufbau erklärt werden sollte. Nach der Bewertung dieser Aufgabe wurden mit einer Pipette Wassertropfen auf den Tisch getropft, um den Probanden erneut vor die Aufgabe zu stellen, den subatomaren Aufbau von Materie − in diesem Fall in flüssigem Zustand − zu erklären. Nach diesem Transferbeispiel folgte eine finale Bewertung des Unterrichtskonzepts und der gesamten Akzeptanzbefragung.

Die Akzeptanzbefragungen wurden mittels strukturierender Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) kategorienbasiert analysiert und ausgewertet. Die Interraterübereinstimmung der beiden Kodierer lag bei $\kappa = 0{,}725$. Nach ersten Probedurchläufen und Modifizierungen vereinzelter *key ideas* wurde die finale Version des Unterrichtskonzept sehr positiv bewertet und mit Ausnahme des Modellcharakters, der nur selten von den Jugendlichen nachvollzogen wurde, konnte breite Akzeptanz aller weiteren *key ideas* festgestellt werden (Wiener et al., 2015).

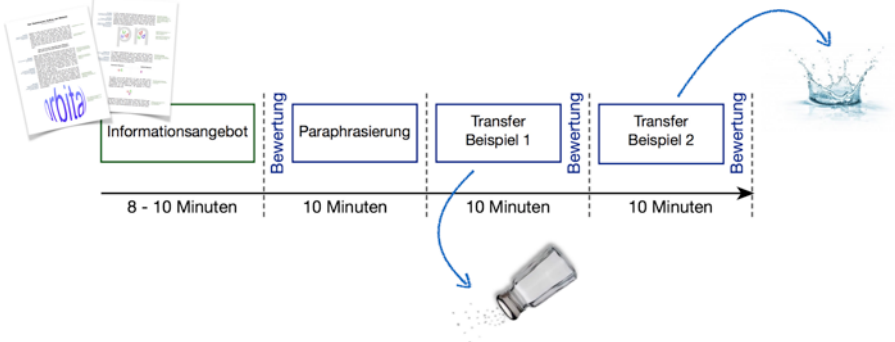


Abb. 2: Schematischer Ablauf einer Akzeptanzbefragung

Follow-up Studie

In weiterer Folge wurde basierend auf den vielversprechenden Ergebnissen der Hauptstudie eine Follow-up Studie geplant, um zu untersuchen, inwiefern erfahrene Lehrpersonen das Unterrichtskonzept bewerten und umsetzen. Dazu wurde das Unterrichtskonzept noch einmal hinsichtlich der Betonung des Modellcharakters überarbeitet und erneut auf die Methode der Akzeptanzbefragung zurückgegriffen. Allerdings wurden die Befragungen diesmal von neun instruierten Physik-Lehrpersonen durchgeführt, die sich im Rahmen einer LehrerInnenfortbildung aktiv mit dem Konzept auseinandersetzten und danach eigenständig Akzeptanzbefragungen mit jeweils einem Jugendlichen der 6. Schulstufe durchführten.

Zur Instruktion wurde eine Forschungsbroschüre angefertigt, in der das Konzept zum subatomaren Aufbau der Materie mittels kommentierter Originalversion erläutert wird. Dieses wurde im Rahmen der Fortbildungsveranstaltung ausgiebig diskutiert und zusätzlich die Methode der Akzeptanzbefragung anhand von Fallbeispielen vorgestellt. Das Layout der Befragungen blieb im Vergleich zu der vorangegangenen Studie gleich und wurde den Lehrpersonen vorgegeben. Allerdings oblag die Vorbereitung des Informationsangebots jeder Lehrperson individuell. Um Vergleichbarkeit zu schaffen, galt es dabei als einzige Rahmenbedingungen zu beachten, dass die Instruktion mindestens 8 und maximal 10 Minuten dauert, alle zehn *key ideas* in irgendeiner Form angesprochen werden und ausschließlich die vorab bereitgestellten typographischen Illustrationen verwendet werden.

Um den Lehrpersonen eine möglichst einfache Durchführung der Befragungen zu ermöglichen, wurde der Broschüre auch ein *research manual* beigefügt. Dieses beinhaltet den genauen Ablaufplan, erprobte Befragungsphrasen, sowie eine Checkliste für jede Phase der Befragung. Die Aufgabe der Lehrpersonen war es dann, durch aktives Abhaken aller angesprochenen *key ideas* sicher zu stellen, dass die Befragung vollständig durchgeführt wird. Dadurch wurden die Lehrpersonen nicht nur von Phase zu Phase geleitet, sondern zugleich von einer lehrenden Rolle in die gewünschte forschende Rolle gedrängt.

Ergebnisse & Ausblick

Das *research manual* wurde von den teilnehmenden Lehrpersonen äußerst positiv aufgenommen und erwies sich als sehr hilfreich. Alle Lehrpersonen führten ihre Befragungen im Einklang mit dem vorgegebenen Layout durch, wodurch die Ergebnisse der individuell durchgeführten Befragungen vergleichbar waren. Alle Befragungen wurden analog zur Hauptstudie kategorienbasiert analysiert und ausgewertet ($\kappa = 0{,}861$) und erneut konnte breite Akzeptanz des Konzepts dokumentiert werden. Vor allem die typographischen Abbildungen wurden erneut sehr positiv bewertet und führten zu einer Reduktion bekannter Fehlvorstellungen bezüglich des ‘Aussehens’ von Teilchen. Zudem wurde der bisher kaum akzeptierte modellhafte Charakter des Unterrichtskonzepts nun mehrfach als verständlich bewertet. Allerdings lassen die erhobenen Daten keine eindeutigen Schlüsse zu, inwiefern dieser Umstand allein auf das modifizierte Konzept zurückzuführen ist, oder doch der Expertise der Lehrpersonen zuzuschreiben ist. Zur vollständigen Evaluation des Unterrichtskonzepts wird diese Frage in kommenden Untersuchungen noch überprüft werden.

In zusätzlich durchgeführten Post-Interviews bewerteten alle Lehrpersonen die Fortbildung uneingeschränkt positiv und schrieben dieser einen lehrreichen Charakter zu. Vor allem die Möglichkeit direkten Einblick in die Lernverläufe der Jugendlichen zu nehmen wurde durchgehend als interessant und erhellend hervorgehoben. Basierend auf diesem vielversprechenden Feedback ergab sich für zukünftige Schritte folgende Forschungsfrage:

III. Inwiefern ändert sich das fachdidaktische Wissen (PCK) von Lehrpersonen durch die Auseinandersetzung mit und selbstständige Durchführung von Akzeptanzbefragungen?

Dazu wurde erneut ein Fortbildungsprogramm organisiert und mit vier Lehrpersonen durchgeführt. Das Setting wurde dafür insofern verändert, als dass jede Lehrperson jeweils zwei Befragungen durchführte, um so etwaige Veränderungen fachdidaktischer Komponenten detailliert dokumentieren zu können. Erste Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse sind vielversprechend, die gesammelten Transkripte müssen aber speziell mit Blick auf das fachdidaktische Wissen der Lehrpersonen noch gesondert ausgewertet werden.

Literatur

Design-Based Research Collective (2003). Design-based Research: an emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, 32, 5-8

Duit, R. (2009). Bibliography−Students' and Teachers' Conceptions and Science Education (STCSE). http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse

Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Ed.), Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Kiel: IPN, 278-295

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken, Weinheim: Beltz

Wiener, G. J., Schmeling, S. M., & Hopf, M. (2015). Can Grade-6 students understand quarks? Probing acceptance of the subatomic structure of matter with 12-year-olds. European Journal of Science and Mathematics Education, 3(4), 313-322

Jens Klinghammer Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Thorid Rabe
Olaf Krey

Vorstellungsveränderungen durch erste Unterrichtserfahrungen?

Einleitung

Unterrichtsbezogenen Vorstellungen werden eine bedeutende Rolle für das Lehrerhandeln zugeschrieben (Reusser, Pauli & Elmer, 2011). Deren Kenntnis und Veränderung kann daher die Grundlage für die Gestaltung von Lehrveranstaltungen im Physik-Lehramtsstudium und zur Veränderung der tradierten Praxis des Physikunterrichts sein. Ziel dieser Studie ist es, anhand von Fallanalysen herauszuarbeiten, inwiefern sich Vorstellungen von Physik-Lehramtsstudierenden zum Lehren und Lernen sowie zur Rolle des Experiments im Physikunterricht während der Schulpraktischen Studien verändern.

Theoretischer Hintergrund

Zur Veränderung der tradierten Praxis des Physikunterrichts werden in der Expertise- und Professionsforschung u. a. die Vorstellungen von angehenden Lehrkräften untersucht (Reusser, Pauli & Elmer, 2011). Es wird davon ausgegangen, dass die Gestaltung von Unterricht durch die Vorstellungen der betreffenden Lehrkräfte, z. B. über das Lehren und Lernen, beeinflusst wird (Baumert & Kunter, 2006). Lehramtsstudierende besitzen bereits vor dem Beginn des Studiums durch die eigenen schulischen Erfahrungen konkrete Vorstellungen vom Lehren und Lernen in ihren Fächern (Gustafson & Rowell, 1995). Für die Umgestaltung der Praxis des Physikunterrichts ist die Kenntnis und Veränderung von unterrichtsbezogenen Vorstellungen als Grundlage für die Gestaltung von Lehrveranstaltungen im Physik-Lehramtsstudium von besonderem Interesse (Reusser, Pauli & Elmer, 2011).

Der Begriff der Vorstellungen oder auch „beliefs“ als Konstrukt pädagogischer Forschung wird mit verschiedenen Konzepten assoziiert sowie in unterschiedlichen Forschungstraditionen verwendet und daher auch als „messy construct“ beschrieben (Pajares, 1992, S. 307). Im Rahmen der Studie wird das Konstrukt vorläufig als alle bewussten und unbewussten mentalen Aspekte verstanden, welche das Handeln von Lehrkräften beeinflussen können.

Während sich zahlreiche Studien mit der Struktur von Vorstellungen sowie den Zusammenhängen zwischen Vorstellungen, Unterrichtshandeln und Unterrichtswirkungen befassen, fokussieren nur wenige Studien auf die Entwicklung und Veränderung von Vorstellungen (Levin, 2015). Praxisbegegnungen gelten als eine geeignete Möglichkeit um Lehr-Lern-Vorstellungen zu reflektieren und zu verändern (Fischler, 2000). Gleichzeitig betont Hascher (2006), dass die Wirkungen von Praxisphasen bisher unzureichend erforscht sind. Als erste Praxisbegegnung haben Schulpraktische Studien im Rahmen der ersten Phase der Lehrerbildung deutschlandweit Tradition und stellen in der Regel eine erste Möglichkeit für eigene Unterrichtserfahrungen im Rahmen des Studiums dar (Schubarth et al., 2011).

Forschungsfragen

- Welche Vorstellungen über das Lehren und Lernen sowie zur Rolle des Experiments im Physikunterricht lassen sich bei Lehramtsstudierenden der Physik im Rahmen der Schulpraktischen Übungen identifizieren?
- Welche (subjektiv wahrgenommenen) Vorstellungsveränderungen lassen sich bei Lehramtsstudierenden der Physik während der Schulpraktischen Studien identifizieren?

Forschungsdesign

Das bisherige Erhebungsdesign des ersten Durchlaufs besteht aus mehreren Erhebungszeitpunkten im Verlauf der Schulpraktischen Studien (vgl. Abb. 1).

Die Lehramtsstudierenden durchlaufen im Rahmen dieser Schulpraktischen Studien zwei geplante, durchgeführte sowie nachbereitete Unterrichtsversuche und besuchen eine Vor- und eine Nachbereitungsveranstaltung.

Die Stichprobe des ersten Erhebungszeitraums im SoSe 2015 umfasst sechs Studierende des 4. bzw. 8. Semesters im Lehramt Physik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Lehramt Sekundarstufe und Gymnasium). Ein zweiter Erhebungszeitraum ist für das SoSe 2016 angedacht.

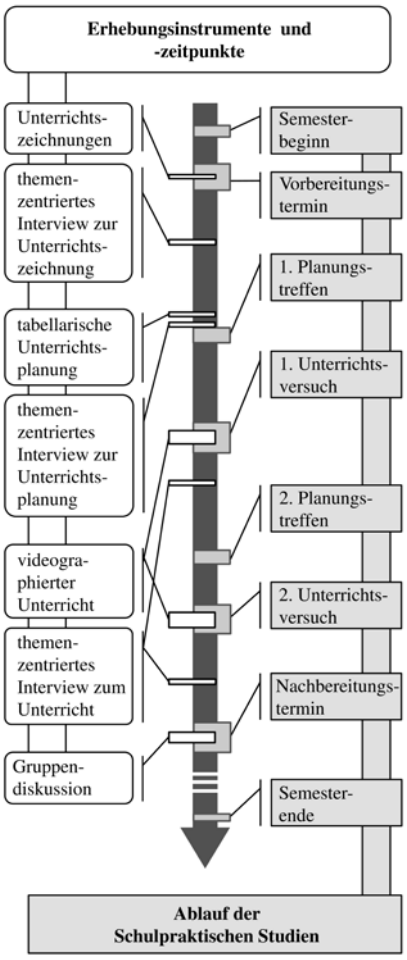


Abb. 1: Erhebungsinstrumente und -zeitpunkte eingebettet in den Ablauf der Schulpraktischen Studien

Methodische Umsetzung

Um möglichst handlungswirksame Lehrervorstellungen herauszuarbeiten werden offene Erhebungsverfahren wie themenzentrierte Leitfadeninterviews und Gruppendiskussionen durchgeführt. Zur Förderung der Handlungs- bzw. Unterrichtsnähe werden in Anlehnung an fokussierte Interviewformen Unterrichtszeichnungen, -planungen und -aufnahmen der Studierenden als Stimulus im Interview verwendet.

1. Interview am Beginn der Schulpraktischen Studien: Während des Vorbereitungstermins bearbeiten die Probanden folgende Aufgabe: „Zeichnen Sie ein Bild, in dem Sie als Physik-Lehrperson in einer selbst gewählten Unterrichtssituation zu sehen sind.“ Spontane Zeichnungen können als wichtige Quelle angesehen werden, um unbewusste, schwer verbalisierbare, durch Stereotypen überdeckte Informationen zu erhalten (Wilson & Wilson, 1979). Im Anschluss an diese Unterrichtszeichnung wird wenige Tage später das erste Interview geführt. Die Studierenden werden aufgefordert ihre Auswahl des gezeichneten Unterrichtssettings zu begründen sowie die Bildelemente ihrer Zeichnung zu beschreiben und zu erläutern.

2. Interview nach der Planung der ersten Unterrichtsstunde: Vor der Unterrichtsstunde erfolgt jeweils ein Planungstreffen, bei dem die Studierenden zu ihrer bereits geplanten Stunde fachdidaktische Beratung erhalten. In einem Interview unmittelbar vor diesem Treffen werden die Studierenden gebeten, ihre Kernideen des geplanten Unterrichts sowie mögliche Planungsalternativen zu erklären und Probleme bei der Planung zu beschreiben.

3. und 4. Interview nach den Unterrichtsstunden: Jeweils wenige Tage nach dem Unterricht erfolgt das dritte bzw. vierte Interview. Die Studierenden werden im Sinne eines Video-

Stimulated-Recall-Interviews aufgefordert, ihre Gedanken in der ausgewählten Situation des Unterrichts zu beschreiben sowie Handlungsabsichten und Probleme bei der Durchführung zu erläutern.
Gruppendiskussion: Am Ende der Schulpraktischen Studien wird eine Gruppendiskussion durchgeführt, in der die Art des Lernzuwachses und die Bedeutung verschiedener Lerngelegenheiten innerhalb der Schulpraktischen Studien diskutiert werden.

Zur Interpretation und Auswertung der Interviews wird die dokumentarische Methode als rekonstruktives Auswertungsverfahren in Betracht gezogen. Nohl (2012) geht davon aus, dass sich aus Interviews der Orientierungsrahmen sowie dessen zugrundeliegenden Erfahrungen herausarbeiten lassen. Dieser Orientierungsrahmen enthält implizites und handlungsleitendes Wissen, welches u. a. auf Vorstellungen zum Lehren und Lernen sowie zur Rolle des Experiments im Physikunterricht basiert (Bohnsack, Nentwig-Gesemann & Nohl, 2013).

Erste Eindrücke und Ausblick

Es lassen sich sowohl eher transmissive als auch eher konstruktivistische Vorstellungen zum Lernen identifizieren. Die Vorstellungen der Studierenden zur Organisation im Klassenraum sind ebenfalls heterogen und reichen von lehrerzentrierten bis hin zu schülerzentrierten Sichtweisen. Die Beantwortung von Fragen oder die Darstellung eines Phänomens scheinen die Vorstellungen zur Rolle des Experiments im Physikunterricht zu bestimmen. Die ersten Unterrichtserfahrungen bieten Anlässe zur Reflexion der Vorstellungen, eine Veränderung aber kann eher als lokales Infragestellen, jedoch globales Beibehalten der Vorstellungen beschrieben werden. Interessant ist zudem, dass für die TeilnehmerInnen die persönliche Bedeutung der Unterrichtsplanungen und damit die Relevanz für die Unterrichtsdurchführung zunehmen.

Literatur

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

Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M. (2013). Einleitung: Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. In R. Bohnsack, I. Nentwig-Gesemann & A.-M. Nohl (Hrsg.), Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Wiesbaden: Springer VS, 9-32

Fischler, H. (2000). Über den Einfluß von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. Teil 1. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6, 27-36

Gustafson, B.J., & Rowell, P.M. (1995). Elementary preservice teacher: Constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. International Journal of Science Education, 17 (5), 585-605

Hascher, T. (2006). Veränderungen im Praktikum – Veränderungen durch das Praktikum. Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Schulpraktischen Studien in der Lehrerbildung. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Hrsg.), Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Weinheim u.a.: Beltz, 130-148

Levin, B.B. (2015). The development of teachers`beliefs. In H. Fives & M.G. Gill (Hrsg.), International Handbook of Research on Teachers` Beliefs. New York: Routledge, 48-65

Nohl, A.-M. (2012). Interview und dokumentarische Methode - Anleitungen für die Forschungspraxis. Wiesbaden: Springer VS

Pajares, F.M. (1992). Teachers` beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. Reviews in Educational Research, 62 (3), 307-332

Reusser, K., Pauli, C., & Elmer, A. (2011). Berufsbezogene Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster: Waxmann, 478-479

Schubarth, W., Speck, K., Seidel, A., Kamm, C., Kleinfeld, M., & Sarrar, L. (2011). Evidenzbasierte Professionalisierung der Praxisphasen in außeruniversitären Lernorten: Erste Ergebnisse des Forschungsprojektes ProPrax. In W. Schubarth, K. Speck & A. Seidel (Hrsg.), Nach Bologna: Praktikum im Studium – Pflicht oder Kür?. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam, 79-212

Wilson, B., & Wilson, M. (1979). Children's Story Drawings: Reinventing Worlds. School Arts, 78 (8), 6-11

Christina Kobl Universität Regensburg
Prof. Dr. Oliver Tepner

Entwicklung und Evaluation der Reflexionskompetenz von Chemie-Lehramtsstudierenden

Theoretischer Hintergrund

Die Reflexion ist „integraler Bestandteil von Professionalität und entsprechenden Professionalisierungsprozessen“ (Roters, 2012, S. 138) und gilt als Schlüsselkompetenz für diese (Combe & Kolbe, 2008). Bereits in der Ausbildung ist es sinnvoll möglichst viele Reflexionsmöglichkeiten für Lehramtsstudierende anzubieten, „die es ermöglichen, kategoriales und metakognitives Wissen ausbilden zu können“ (Roters, 2012, S. 105). Shulman (1987) entwarf hierfür ein Modell pädagogischen Handelns. Zunächst muss die Lehrkraft Fachstrukturen und ihre Ideen verstehen um diese anschließend zu transformieren. Fachwissen muss demnach kritisch vorbereitet, repräsentativ und adressatengerecht präsentiert werden. Die SuS werden methodenorientiert durch den Unterricht begleitet, der nachfolgend hinsichtlich Verständnis und Lehrerhandlung evaluiert wird. Abschließend versucht die Lehrkraft den Unterricht zu reflektieren und Konsequenzen für ihr zukünftiges Handeln zu lernen. Reflexion wird als Prozess verstanden, der gleichzeitig Denken und Handeln einbezieht und dadurch ermöglicht, „unsere Vorstellung und Vorkenntnisse zu hinterfragen und anzupassen, wahrgenommene Probleme zu lösen und Lernprozesse anzuregen“ (Wyss, 2013, S. 41). Reflexion kann nach Wyss (2013) auf den Ebenen der geschlossenen und offenen Reflexion sowie während oder nach der Handlung stattfinden. Auf dieser Basis entwickelte sie „eine Art Grundtypologie der Reflexionsprozesse“ (Wyss, 2013, S. 47)

Um die Unterpunkte Selbstreflexion und Fremdreflexion genauer zu untersuchen, wird ein universitäres Seminar entwickelt: Die Studierenden werden in die Gruppen „Selbstreflexion“ und „Fremdreflexion“ unterteilt und sollen ihr eigens entworfenes Unterrichtskonzept an drei über das Semester verteilten Schülertagen mit jeweils unterschiedlichen Lerngruppen durchführen. Die Studierenden reflektieren ihren Unterricht anhand erstellter Videos zum einen ausschließlich mit Hilfe spezieller Prompts selbst und zum anderen werden die Studierenden fremdreflektiert. Hierbei realisiert die Drittperson auf Grundlage der Prompts die Zielsetzung des Reflexionsprozesses. Die Auswertung der erhaltenen Daten erfolgt mithilfe eines Kodiermanuals auf Basis des zweidimensionalen Modells von Fund, Court & Kramarski (2002). Sie unterscheiden Inhalte und Form. Diese werden wiederum in drei bzw. vier Kategorien unterteilt, die in einer Art 3x4 Matrix miteinander verknüpft sind. Die drei Kategorien der inhaltlichen Dimension sind erzieherische Inhalte, Strategien und Methoden sowie Anmerkungen über die eigene Person im Unterricht. Die vier Kategorien der formellen Dimension basieren auf Beschreibungen der Vorgänge, eigenen Meinungen des Reflektierenden, Einbezug von Literatur/Vorwissen und dem Hinterfragen von Problemen.

Ziele der Arbeit

- Entwicklung eines Seminars zur Förderung der Reflexionskompetenz von Chemie-Lehramtsstudierenden
- Entwicklung eines Kodiermanuals zur Erfassung der Reflexionskompetenz von

Design und Methoden

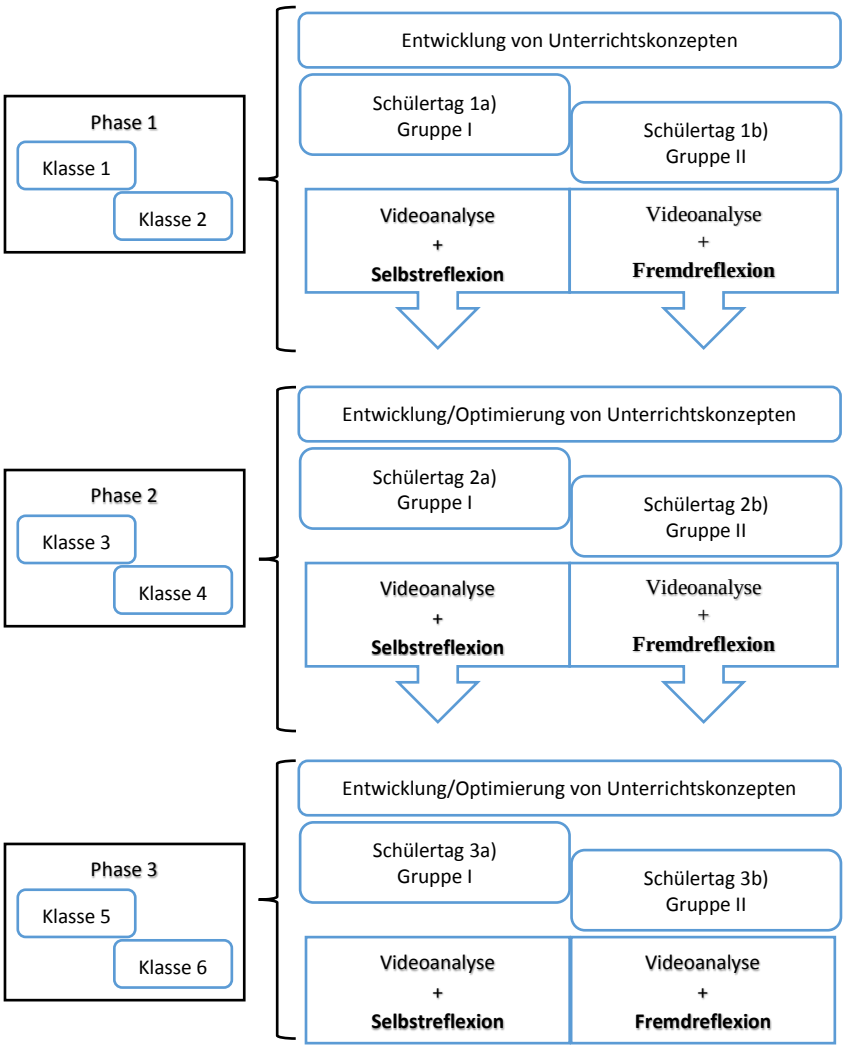


Abb. 1: Ablauf des geplanten universitären Seminars

Der Ablauf des geplanten universitären Seminars ist in Abbildung 1 grafisch dargestellt. Vor Beginn des Seminars werden die Reflexionskompetenzen der Studierenden mithilfe eines Paper-Pencil-Tests erhoben. Dieser beinhaltet die Einstellung zu Reflexion, evtl. Erfahrungen und die Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden. Im Rahmen des Seminars folgt eine theoretische Einheit zur Planung von Unterricht und Reflexion. Im Anschluss daran entwickeln die Studierenden aufgeteilt in die Gruppen „Selbstreflexion“, (I) und „Fremdreflexion“, (II) ein 40-minütiges Unterrichtskonzept zum Thema Stofftrennung. Diese Konzepte werden an den ersten Schülertagen 1a) und 1b) erprobt. Die Schülertage

finden mit einer achten Klasse, Zweig I, oder einer neunten Klasse, Zweig II/III, einer Realschule im Lehr-Lern-Labor der Chemiedidaktik der Universität Regensburg statt. Alle Unterrichtseinheiten werden videografiert. Darauf folgend reflektiert die Gruppe I das eigene Video mithilfe spezifischer Prompts, Gruppe II erhält auf Basis dieser Prompts eine Fremdreflexion des Dozenten. Ziel ist es in beiden Fällen, bis zu den Schülertagen 2a) und 2b) die einzelnen Unterrichtskonzepte im Hinblick auf Lehrerverhalten und Experimentierverhalten zu optimieren. Die Schülertage 2a) und 2b) verlaufen analog zu den Schülertagen 1a) und 1b) und werden mit zwei weiteren Schulklassen durchgeführt. Erneut werden die Stunden videografiert, reflektiert und die Unterrichtskonzepte weiter verbessert. Bis einschließlich zu den Schülertagen 3a) und 3b) wird eine Fokussierung der Unterrichtsstunden auf die Selbststeuerung der Schülerinnen und Schüler beim Durchführen der Experimente und die Einhaltung eines möglichen naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges erwartet. Mit Posttests am Ende des Seminars werden die erworbenen Reflexionskompetenzen der Studierenden erhoben.

Erste Ergebnisse

Die Auswertung der Reflexionen der Studierenden, die im Rahmen des Dissertationsprojekts von Anthofer (2015), durchgeführt worden sind, zeigt, dass Lehramtsstudierende durch reflexive Praktika ihre Reflexionsfähigkeit und Reflexionstiefe verbessern können (von Feltens, 2005). Entsprechend den Ergebnissen von Berthold, Eysing & Renkl (2009) und Helmke (2014) führten die spezifischen Prompts zu einer stärkeren Verbesserung der Reflexionstiefe als die allgemeinen Prompts. Die vermutete unterschiedliche gute Wirksamkeit von Selbst- und Fremdreflexion ist Gegenstand dieser Arbeit.

Ausblick

Im Rahmen der Pilotstudie wird das beschriebene Seminar im Wintersemester 2016/17 zum ersten Mal erprobt. Im darauffolgenden Sommersemester 2017 und Wintersemester 2017/18 soll die Hauptstudie des Promotionsprojektes durchgeführt werden. Derzeit werden der Paper-Pencil-Test und das Kodiermanual entwickelt.

Literatur

Anthofer, S. & Tepner, O. (2015). Durchführung und Reflexion universitärer Schülertage im Fach Chemie. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014* (S. 489–491). Kiel: IPN.

Berthold, K., Eysink, T. H. S. & Renkl, A. (2009). Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. *Instructional Science* 37 (4), S. 345-363. DOI: 10.1007/s11251-008-9051-z.

Combe, A.& Kolbe, F.-U. (2008). Lehrerprofessionalität: Wissen, Können, Handeln. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung*. 2. Auflage (S. 857-875). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Fund, Z., Court, D. & Kramarski, B. (2002). Construction and Application of an Evaluative Tool to Assess Reflection in Teacher-Training Courses. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 27 (6), 485-499.

Helmke, A. (2009*). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

Roters, B. (2012). *Professionalisierung durch Reflexion in der Lehrerbildung*. München: Waxmann.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching of the new reform. *Havard Educational Review*, 57, 1-22.

Von Felten, R. (2005). *Lernen im reflexiven Praktikum: Eine vergleichende Untersuchung*. Münster: Waxmann.

Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Münster: Waxmann.

Sabine Streller
Claus Bolte

Freie Universität Berlin

Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern – Vom Lerner zum Multiplikator

Einleitung

Die Entwicklung von Professionalität angehender und berufserfahrener Lehrer/-innen ist eine das Berufsleben überdauernde Aufgabe und nicht einfach eine Folge der Praxis (Stern, 2009, S. 458). Lehrer/-innen müssen sich daher selbst als lebenslang Lernende verstehen (lernen) und oft erst ein Selbstverständnis entwickeln, das eigene Tun eigenständig wie auch gemeinsam mit Kolleg(inn)en zu reflektieren. Um Lehrer/-innen in diesem professionellen Entwicklungsprozess zu unterstützen, sollten Fort- und Weiterbildungsangebote personenbezogen und bedürfnisorientiert gestaltet sein und in aufeinander aufbauenden Treffen Gelegenheiten zur Reflexion geben. Das Potenzial, das in kooperativen Lerngemeinschaften liegt, in denen Lehrer/-innen gemeinsam an der Optimierung ihres Unterrichts arbeiten, ist längst erkannt (Halbheer, Reusser, 2009, S. 466; Huber, 2009, S. 454ff.; Loucks-Horsley u. a., 2010, S. 57; Bolte u. a., 2014).

Implementation der langfristig angelegten Fortbildungsveranstaltung ProNawi

Im Rahmen des von der EU geförderten Projekts PROFILES (2010–2015; Bolte u. a., 2014) haben wir gemeinsam mit Berliner Lehrer/-innen naturwissenschaftlicher Unterrichtsfächer in langfristig angelegten Fortbildungsveranstaltungen (genannt: ProNawi − Projektgruppe Naturwissenschaften) Unterricht entwickelt, reflektiert und schlussendlich Fortbildungen für andere Kolleg(inn)en durchgeführt (Streller, Erb & Bolte, 2011). Alle ProNawi-Veranstaltungen richten sich nach den Bedürfnissen, Zielen und Wünschen der Lehrer/-innen und sind damit bedürfnis- und teilnehmerorientiert. Die formulierten Wünsche und Ziele der Lehrer/-innen bilden die Grundlage der Zusammenarbeit. Bei der Planung und Umsetzung der ProNawi-Veranstaltungen folgten wir neben Empfehlungen für wirkungsvolle Fortbildungen (Abb. 1) dem sogenannten *four-stage-model* für PROFILES-basierte kontinuierliche Professionalisierungsmaßnahmen (Abb. 2).

1. Gelegenheiten für aktive Teilnahme bieten, Raum für Erfahrungsaustausch, Diskussion und Reflektionen ermöglichen
2. Lernen in Zusammenhängen ermöglichen, die Lehrern vertraut sind
3. Verbindungen herstellen und Dissonanzen auflösen zwischen vorhandenen. Vorstellungen und der naturwiss. Sichtweise, Ideen in Frage stellen und Konstruktion neuer ermöglichen
4. formatives Assessment nutzen, um Vorwissen zu erfragen
5. Zeit nehmen und individuelle Unterstützung ermöglichen

Abb. 1. Empfehlungen für einen effektiven und erfolgreichen Professionalisierungsprozess (Loucks-Horsley u.a., 2010, S. 57; Übersetzung der Autoren)

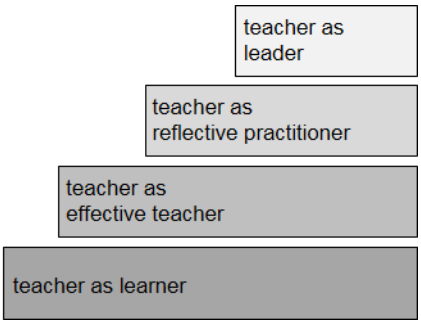


Abb. 2. Vier-Stufen-Modell für kontinuierliche Professionalisierungen von Lehrer(inne)n (PROFILES 2010; Hofstein u.a., 2012; Bolte u.a., 2014)

Lern- wie auch Professionalisierungsprozesse verlaufen nicht sprunghaft, gleichwohl ist das Vier-Stufen-Modell für kontinuierliche Professionalisierungen von Lehrer/-innen stufenförmig aufgebaut. Mit diesem Aufbau soll der Entwicklungscharakter von Professionalisierungsprozessen im Sinne des Erreichens jeweils der nächsten Stufe betont werden. Insbesondere greifen die ersten beiden Stufen ineinander über, da die an den Fortbildungen teilnehmenden Kolleg(inn)en parallel in der Schule unterrichten. Das Model ermöglicht es durch die Trennung jedoch, den Fokus auf verschiedene Phasen des Professionalisierungsprozesses zu richten, und die Lehrer/-innen in ihrem Rollenwechsel zwischen Lerner und Lehrer zu unterstützen. Über die praktische Umsetzung der einzelnen Phasen im ProNawi-Projekt geben wir im Folgenden einen Überblick.

Teacher as learner
Insgesamt 12 bis 15 Lehrer/-innen nehmen über ein Schuljahr an den monatlichen ProNawi-Treffen teil (Streller, Erb & Bolte, 2011). Typische Elemente von Fortbildungsveranstaltungen wie Vorträge, Laborarbeit, gemeinsame Arbeit an verschiedenen Fragestellungen (z. B. Förderung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen bei Kindern) und die gemeinsame Planung von Unterricht sind zentrale Bestandteile der Pro-Nawi-Fortbildungen. Neben dem praktischen Erproben von Versuchen und Experimenten und dem Kennenlernen neuer Inhalte sind Gesprächsrunden über die eigenen Vorstellungen und Verständnisschwierigkeiten naturwissenschaftlicher Konzepte von großer Bedeutung.

Teacher as effective teacher
Die teilnehmenden Lehrer/-innen erproben in ihrem Unterricht konkrete Materialien oder Unterrichtsideen, die in den Fortbildungsveranstaltungen vorgestellt und erarbeitet werden. Dazu gehört auch, dass sie vorhandene Materialien adaptieren, diese miteinander austauschen und erneut in ihrem Unterricht einsetzen.
Zum Einsatz im Unterricht kommen auch Befragungsinstrumente (z.B. Erb & Bolte 2011: Fragebogen zur naturwiss. Kompetenz, Bolte 2004: Fragebogen zum mot. Lernklima), um den Lernfortschritt der Schüler/-innen zu untersuchen und so das Unterrichten zu optimieren.

Teacher as reflective practitioner
Raum für Reflexionen über den eigenen Unterricht wird in jedem ProNawi-Treffen geboten; Gespräche über die Unterrichtserfahrungen sind wichtiger Bestandteil der kontinuierlichen Fortbildungsveranstaltungen. Während der Wochen zwischen den einzelnen ProNawi-Treffen begleiten Tagebücher, die die Lehrer/-innen führen, den Prozess der Selbstreflexion.
Die zu Beginn der Zusammenarbeit identifizierten Wünsche und Bedürfnisse der Lehrer/-innen sind auf einem Poster aufgelistet und während der ProNawi-Treffen präsent, um eigene Entwicklungen zu beobachten, den Fortschritt zu prüfen und veränderte oder neue Wünsche und Ziele festzuhalten.

Teacher as leader
Lehrer/-innen im Rahmen einer Reihe von Fortbildungsveranstaltungen so zu unterstützen, dass sie als Multiplikatoren aktiv werden, war und ist ein Ziel des ProNawi-Projekts. Loucks-Horsley beschreibt die Entwicklung und auch das Annehmen einer "Führungsrolle" als wesentlichen Aspekt des Professionalisierungsprozesses: "*Through the development of their own expertise in leading adult learning, teacher leaders also increase their own sense of professionalism and empowerment*" (2010, S. 15).
In zurückliegenden ProNawi-Durchgängen wurden die Kolleg(inn)en auf eigene Initiative im Rahmen nationaler und internationaler Veranstaltungen für Lehrer/-innen aktiv, z B.:

- Science on Stage Festival in Berlin 2012 und europäisches Festival in Słubice 2013, mit dem Projekt "Märchen in den Naturwissenschaften" bzw. "Fairy tales in science lessons"

- Fortbildung im November 2014 “Es wa(h)r einmal...” auf Einladung des mit Science on Stage Deutschland e.V.
- Fortbildung im Februar 2015 “Naturwissenschaften im Märchen” auf Einladung der iMINT-Akademie Berlin

Aus der gemeinsamen Arbeit sind außerdem Veröffentlichungen mit Beteiligung der Lehrer/-innen entstanden (z. B. Streller, Grote-Großklaus & Schmiereck, 2012; Erb & Streller, 2014; Streller, 2014).

Ausblick – Weiter geht's!

Im Oktober 2015 – nach Abschluss des PROFILES-Projekts – haben wir gemeinsam mit interessierten Lehrer/-innen eine neue Projektgruppe Naturwissenschaften ins Leben gerufen. Insgesamt 14 Kolleg(inn)en aus Grund- und Integrierter Sekundarschule sowie Gymnasien werden erneut für ein Schuljahr miteinander in monatlichen Treffen arbeiten und dabei das Ziel verfolgen, ihren naturwissenschaftlichen Unterricht zu verbessern.

Literatur

Bolte, C., Holbrook, J., Mamlok-Naaman, R., & Rauch, F. (Eds, 2014). Science teachers' continuous development in Europe. Case studies from PROFILES project, Berlin: Freie Universität Berlin / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universtät Klagenfurt

Halbheer, U., & Reusser, K. (2009). Innovative Settings und Werkzeuge der Weiterbildung als Bedingung für die Professionalisierung von Lehrpersonen. In O. Zlatkin-Troitschanskaia u.a. (Hg.), Lehrprofessionalität. Weinheim: Beltz, 465–475

Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., Rauch, & F., Namsone, D. (2012). Teachers‘ ownership: What is it and how is it developed? In C. Bolte, J. Holbrook, & F. Rauch (Eds.). Inquiry-based science education in Europe – Reflections from the PROFILES project, Berlin: Freie Universität Berlin / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universtät Klagenfurt, 56–58

Huber, S. (2009). Wirksamkeit von Fort- und Weiterbildung. In O. Zlatkin-Troitschanskaia u.a. (Hg.), Lehrprofessionalität. Weinheim: Beltz, 351–463

Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). Designing professional development for teachers of science and mathematics. Corwin, Thousand Oaks, California, 3rd ed.

PROFILES-Projekt. www.profiles-project.eu

Stern, E. (2009). Implizite und explizite Lernprozesse bei Lehrerinnen und Lehrern. In O. Zlatkin-Troitschanskaia u.a. (Hg.), Lehrprofessionalität. Weinheim: Beltz, 355–364.

Literatur zum ProNawi-Projekt

Erb, M., & S. Streller (Hg., 2014). Es wa(h)r einmal... Naturwissenschaften im Märchen. Münster: Schüling-Verlag

Streller, S. (2014). Seifenblasen - Vergängliche Schönheit. In: MNU 67/6, 345-349

Streller, S., & Bolte, C. (2014). Crossing borders in science teaching – PROFILES teachers on their way to the European Science on Stage festival 2013 and towards teachers ownership. In C. Bolte, J. Holbrook, R. Mamlok-Naaman, & F. Rauch (Eds). *Science teachers' continuous development in Europe. Case studies from the PROFILES project*. Berlin: Freie Universität Berlin / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universtät Klagenfurt, 189–196

Streller, S., Grote-Großklaus, I., & Schmiereck, S. (2012). Die schnellste Nudel. Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im fächerübergreifenden Unterricht. In: NiU Chemie, 23, 130/131, S. 60-65

Streller, S., Erb, M., & Bolte, C. (2012). Das Berliner ProNawi-Projekt. Förderung naturwissenschaftlicher Kompetenzen durch die Projektgruppe Naturwissenschaften. NiU Chemie, 23, 130/131, 76–79

Streller, S., Erb, M., & Bolte, C. (2012). Lehrerinnen und Lehrer kooperieren: Die Projektgruppe Naturwissenschaften. In: H. Giest, E. Heran-Dörr, & C. Archie (Hg.). Instruktion und Konstruktion. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 191–198

Streller, S., Erb, M., & Bolte, C. (2011). ProNawi: Professionalisierung von Lehrer(inne)n in Naturwissenschaften. In D. Höttecke (Hg.). Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Münster: LIT, 102–104

Streller, S., & Bolte, C. (2011). Professionalisierung im Rahmen naturwissenschaftlicher Lehrerbildung. In D. Höttecke (Hg.). Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Münster: LIT, 90–92

Uwe Lüttgens[1]
Andreas Nehring[2]
Rüdiger Tiemann[3]

[1] Humboldt-Gymnasium Berlin
[2] Leibniz Universität Hannover
[3] Humboldt-Universität zu Berlin

Videovignetten als chemiespezifisches Instrument zur Lehrerbildung: Entwicklung und Einsatz in der ersten und zweiten Ausbildungsphase

Einführung

Eine stärkere Verzahnung der ersten und zweiten Ausbildungsphase stellt ein häufig artikuliertes Ziel in der Lehrerbildung dar. Während die theoretische Fundierung professioneller Kompetenzen sowie der Aufbau fachdidaktischen und pädagogischen Wissens einen Teil der universitären Ausbildungsphase darstellen, steht bei der Ausbildung von Referendarinnen und Referendaren im Vorbereitungsdienst die Entwicklung einer professionellen Handlungskompetenz (Unterrichts-, Beurteilungs- und Erziehungskompetenz; Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft, 2014) im Mittelpunkt. Sichtbar werden sollen Kompetenzzuwächse bei der Unterrichtsgestaltung (Planung, Durchführung und Analyse), in der Wahrnehmung und in der Reflexion des Unterrichts. Die Nutzbarmachung des fachdidaktischen und pädagogischen Wissens für die Ausbildung einer professionellen Handlungskompetenz und die Vermeidung von trägem Wissen gehören damit zu den Herausforderungen der Lehrbildung. Aktuelle Befunde zur Heterogenität der wissensbasierten Wahrnehmung von Unterricht durch Referendarinnen und Referendare verdeutlichen den Bedarf einer Abstimmung zwischen beiden Phasen (Stürmer, Seidel, & Kunina-Habenicht, 2015).
Gleichzeitig empfinden Lehramtsstudierende die erste Ausbildungsphase teilweise als „trocken“ oder „theorielastig“ und artikulieren den Wunsch nach mehr Praxisbezügen im Studium. Dieser Wunsch erscheint nicht nur aus motivationalen Gründen legitim, sondern deutet auch auf den Bedarf einer stärkeren Verzahnung von Theorie und Praxis hin.

Videovignetten als Mittel der Verzahnung von erster und zweiter Ausbildungsphase

Die Integration von konkreten Unterrichtsvideos in die Ausbildung stellt einen vielversprechenden Ansatz dar (Sherin, 2007). Hierbei lassen sich theoretische Konzepte durch eine Fokussierung auf didaktische „Kernszenen“ aus dem Unterricht konkretisieren, in ihrer praktischen Umsetzung beobachtbar und für eine Interpretation zugänglich machen. Dies kann in beiden Phasen mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung vorgenommen werden. Weitere Möglichkeiten einer Nutzung bieten sich u. a. durch die Analyse komplexer Unterrichtssituationen, die Reflexion handlungsleitender subjektiver Theorien oder die Kooperation bei der Planung, Hospitation und gemeinsamen Reflexion sowie durch die Abstimmung der Ausbilderinnen und Ausbilder in der ersten und zweiten Phase der Lehramtsausbildung.
Vielversprechend ist darüber hinaus die Förderung einer professionellen Unterrichtswahrnehmung, in der abstraktes fachdidaktisches Wissen mit konkreten Handlungssituationen verknüpft wird. Da die wissensbasierte Wahrnehmung von Unterrichtssituationen der Generierung von Handlungsmöglichkeiten vorausgeht, kann dazu beitragen werden, Unterrichtshandeln und Wissen zu verknüpfen (Goodwin, 1994). Mit Blick auf einen Einsatz von Unterrichtsvideos in beiden Ausbildungsphasen bietet sich hier das Potential für eine Verknüpfung von theoretischen und praktischen Ausbildungselementen.

Für das Fach Chemie fehlen systematisch erstellte Ansätze für eine solche Verknüpfung bisher. Dabei bietet das Fach mit seinen Basiskonzepten, dem Wechsel zwischen Phänomen- und Teilchenebne und der Einbindung verschiedener Denk- und Arbeitsweisen typische Charakteristika, die einen fachspezifischen Ansatz rechtfertigen.

Zielstellung I: Videographie und Erarbeitung von Videovignetten
Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel des Projektes darin, videographierte Szenen aus der Praxis des Chemieunterrichts zu erstellen, aufzubereiten und für die Förderung professioneller Kompetenzen nutzbar zu machen. Dazu sollen sog. Videovignetten mit unterschiedlichen Schwerpunkten in die erste und zweite Phase der Lehrerbildung eingebunden werden. Auf Grundlage dieser Vignetten wird die wissensbasierte Beobachtung und Reflexion von Unterricht angebahnt und fachliches, fachdidaktisches und pädagogisches Wissen mit praxisnahen Elementen verknüpft. Da das Erkennen von relevanten fachdidaktischen Elementen Teil einer professionellen Wahrnehmung ist, werden gezielt Vignetten aus der „realen" Unterrichtspraxis verwendet, die, ihrer Natur entsprechend, einen hohen Grad an Komplexität aufzeigen.
Für die Umsetzung des Vorhabens sollen Chemiestunden von Referendarinnen und Referendaren sowie von Lehrkräften aufgezeichnet werden. Diese freiwillig teilnehmenden Akteure werden an der Auswahl von Szenen beteiligt und haben so die Möglichkeit, über den Umgang und die Nutzung von Szenen mitzuentscheiden. Gleichzeitig erhalten insbesondere die Referendarinnen und Referendare auf Grundlage ihrer videographierten Stunden ein persönliches Feedback durch den Fachseminarleiter. Diese Chemiestunden werden in Zusammenarbeit zwischen einem Fachseminar Chemie des Landes Berlin, der Humboldt-Universität zu Berlin sowie der Leibniz Universität Hannover in Form von Video-Vignetten aufbereitet.

Zielstellung II: Einsatz der Videovignetten in der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung
Bei der Integration in Lehrveranstaltungen werden aktuelle Ansätze aus der Forschung zur Arbeit mit Videovignetten integriert (Busse & Kaiser, 2015), indem auf die folgenden Facetten fokussiert wird:

- *Erkennen* (didaktisch relevante Merkmale in einer Videovignette müssen wissensbasiert wahrgenommen werden)
- *Bewerten* (die erkannten Merkmale in einer Videovignette müssen wissensbasiert interpretiert und beurteilt werden)
- *Generieren von Handlungsmöglichkeiten* (Handlungsalternativen müssen generiert und gegeneinander abgewogen werden)

So werden den Studierenden sowie den Referendarinnen und Referendaren Lernumgebungen geboten, die es ermöglichen relevante, fachdidaktische Kernpunkte in einer konkreten Unterrichtssituation wahrzunehmen, wissensbasiert zu diskutieren und zu interpretieren, um daraufhin eigene Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln.
Um das mögliche Problem einer Bindung der professionellen Wahrnehmung an spezifische Szenen zu berücksichtigen (Blömeke, König, Suhl, Hoth, & Döhrmann, 2015), werden diese Konzepte in mehreren Vignetten verschiedener Inhaltsbereiche umgesetzt und angesteuert. Dabei werden einige Vignetten zur Erarbeitung und andere zum Transfer bekannter Konzepte auf neue Situationen genutzt.

Die Spezifik des Faches Chemie wird berücksichtigt, indem wesentliche fachdidaktische Aspekte des Unterrichts fokussiert werden. Folgende Aspekte bieten sich an:

- Umgang mit Schülervorstellungen und Präkonzepten
- Fachliche und fachsprachliche Korrektheit
- Einsatz und Umgang mit Experimenten, Versuchen und dem Nutzen von Modellen für die Erkenntnisgewinnung
- Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene

- Gelungenheit von Einstiegen, Erarbeitungsphasen und Sicherungen
- Sicherheit im Chemieunterricht
- Schwerpunktsetzung in einer Szene (Kompetenzbereiche)
- Berücksichtigung der Basiskonzepte

Verdeutlichung der theoretischen Konzepte anhand einer Textvignette zur Darstellung eines Falls aus der Unterrichtspraxis

Ein Fall aus der Unterrichtspraxis des Erstautoren verdeutlicht das Potential des Ansatzes:

Im Leistungskurs Chemie diskutiert die Lerngruppe die Löslichkeit organischer Stoffe in Wasser. An der Tafel befindet sich die Skelettstruktur von Octanol. Ein Schüler stellt fest: „Der polare Kopf löst sich in Wasser." Der Lehrer zeigt sich mit der formulierten Antwort nicht einverstanden, obwohl die Mitschüler der Aussage zustimmen.

Mit Bezug auf den theoretischen Rahmen können Beispiele für Impulse in Ausbildungssituationen folgendermaßen angegeben werden. Dabei verorten sich diese Beispiele im fachdidaktischen Aspekt „Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene" und lauten mit Blick auf die folgenden Facetten:

- *Erkennen*: „Beschreiben Sie, welche unterrichtsrelevanten Aspekte Sie in dieser Unterrichtssituation erkennen."
- *Bewerten*: „Erläutern Sie die Schüleräußerung unter Berücksichtigung des Stoff-Teilchen-Konzepts."
- *Generieren von Handlungsmöglichkeiten*: „Formulieren Sie Impulse für einen aktiven Umgang mit der Schüleräußerung im weiteren Unterrichtsverlauf."

Literatur

Blömeke, S., König, J., Suhl, U., Hoth, J., & Döhrmann, M. (2015). Wie situationsbezogen ist die Kompetenz von Lehrkräften? Zur Generalisierbarkeit der Ergebnisse von videobasierten Performanztests. *Zeitschrift Für Pädagogik*, (3), 310–317.

Busse, A., & Kaiser, G. (2015). Wissen und Fähigkeiten in Fachdidaktik und Pädagogik. Zur Natur der professionellen Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift Für Pädagogik*, *328-344*(3).

Goodwin, C. (1994). Professional Vision. *American Anthropologist*, *96*, 606–633.

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (2014). *Handbuch Vorbereitungsdienst*. Berlin: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft.

Sherin, M. G. (2007). The development of teachers' professional vision in video clubs. In R. Goldman, P. B., S. J. Barron, & J. Derry (Eds.), *Video research in the learning sciences* (pp. 383 – 395). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Stürmer, K., Seidel, T., & Kunina-Habenicht. (2015). Unterricht wissensbasiert beobachten. Unterschiede und erklärende Faktoren bei Referendaren zum Berufseinstieg. *Zeitschrift Für Pädagogik*, *3*, 345–360.

Olaf Uhden[1]
Dietmar Höttecke[1]
Katrin Buth[2]
Henning Moritz[2]

[1]Universität Hamburg, Fakultät für Erziehungswissenschaften
[2]Universität Hamburg, Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften

FOBANOS – Forschungsorientierte Bachelorarbeit mit Nature of Science
Ein Kooperationsprojekt zwischen Fach und Fachdidaktik

Kerngedanke bei FOBANOS ist, dass die Lehramtsstudierenden in einer forschungsorientierten Bachelorarbeit authentische Forschungserfahrungen machen, die sie durch wissenschaftstheoretische Reflexionen zur Elaboration ihres Verständnisses über Naturwissenschaft nutzen. Ein fundiertes Wissen über die Natur der Naturwissenschaften ist Voraussetzung für einen Unterricht, der Schülerinnen und Schülern ein adäquates Verständnis über Naturwissenschaften vermittelt.

Lehramtsstudierende an der Universität Hamburg haben die Möglichkeit, ihre Bachelorarbeit in den Erziehungswissenschaften oder in einem ihrer Unterrichtsfächer zu schreiben, d.h. auch in der Physik. Für angehende Physik-Lehrkräfte ist eine fundierte physikalische Ausbildung ebenso eine wichtige Voraussetzung für guten Unterricht wie umfassende didaktische und pädagogische Kompetenzen. Dabei ist es ein zentrales Element des Professionswissens von Lehrkräften, die verschiedenen Kompetenzbereiche aufeinander zu beziehen und sinnvoll zu verbinden. Insbesondere bezüglich des physikalischen Fachwissens benötigen sie eine fundierte Expertise, die das Lehren und Lernen nicht aus dem Blick verliert.

So ist es unter anderem eine wichtige Aufgabe im späteren Beruf als Lehrkraft, Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung eines adäquaten Naturwissenschaftsverständnisses zu unterstützen. Um sich die dafür nötige Wissensbasis zu erarbeiten, ist es sinnvoll, selbst einmal Erfahrungen mit „echter“ physikalischer Forschung zu machen. Eine fachliche Bachelorarbeit in der Physik bietet die entsprechende Gelegenheit. Die Studierenden werden in eine Forschungsgruppe integriert und arbeiten direkt mit Masterstudierenden und Promovierenden der Physik zusammen. Diese Erfahrungen sollen nun gezielt zur Professionalisierung als Lehrkraft genutzt werden, indem sie unter Gesichtspunkten von Nature of Science reflektiert, generalisiert und hinsichtlich didaktischer Implikationen analysiert werden. FOBANOS trägt damit zur Entschärfung des Problems der starken Segmentierung von Studieninhalten im Lehramt bei.

Ziele von FOBANOS

- Lehramtsstudierende machen intensive Erfahrungen mit physikalischer Forschung. Sie forschen und lernen in Forschungsgruppen des Fachbereichs Physik.
- Lehramtsstudierende reflektieren und vergleichen ihre Forschungserfahrungen im Hinblick auf wissenschaftstheoretische, -soziologische und didaktische Aspekte.
- Lehramtsstudierende vergleichen und bewerten ihre Forschungserfahrungen im Hinblick auf ihr zukünftiges Berufsfeld und analysieren sie hinsichtlich didaktischer Implikationen.

Konzept

Das Format von FOBANOS besteht aus drei Seminarsitzungen à 90 Minuten, die begleitend zu der Forschungsarbeit der Studierenden in den Laboren stattfinden. In den Seminaren werden wissenschaftstheoretische Texte (z.B. Chalmers, 2007; Hacking, 1996) diskutiert

und auf die Forschungsarbeit der Studierenden bezogen sowie didaktische Implikationen erörtert. Ergänzend findet je Studierendem ein individueller Hospitationstermin statt, bei dem die Forschungsarbeit des Studierenden gemeinsam unter wissenschaftstheoretischer Perspektive reflektiert wird. Zum Abschluss von FOBANOS präsentieren die Studierenden im Rahmen eines Abschlusskolloquiums ihre Forschungserfahrungen und Reflektionen im besonderen Hinblick auf wissenschaftstheoretische Aspekte.

Das Abschlussmodul im Rahmen von FOBANOS ist so konzipiert, dass keine Mehrarbeit im Vergleich zum vorherigen Abschlussmodul entsteht. Der Zeitaufwand zur fachdidaktischen und wissenschaftstheoretischen Reflexion (Seminare, Hospitation, Kolloquium) wird durch einen entsprechend verringerten Umfang des schriftlichen Teils der Bachelorarbeit sowie den Wegfall des fachphysikalischen Kolloquiums kompensiert, so dass der Arbeitsaufwand für die eigentliche Forschungsarbeit in der Arbeitsgruppe unverändert bleibt.

Erfahrungen und Rückmeldungen

Im ersten Durchgang haben nur drei Studierende teilgenommen, da die meisten Studierenden ihre Bachelorarbeit nicht in der Physik schreiben. Ein Ziel von FOBANOS ist, mehr Studierende zu einer Bachelorarbeit in der Physik zu motivieren. Zwei der drei Teilnehmenden haben angegeben, dass sie sich aufgrund von FOBANOS für eine Arbeit in der Physik entschieden haben. Im Anschluss an die letzte Seminarsitzung wurde eine Onlinebefragung der drei Studierenden durchgeführt. Die individuellen Hospitationen wurden in der Befragung erfasst, das Abschlusskolloquium lag nach dem Befragungszeitpunkt. Die Ergebnisse der elf offenen Fragen sind nicht repräsentativ, lassen aber Erkenntnisse zur Einschätzung des Formates und Inhaltes von FOBANOS sowie möglichen Verbesserungen zu.

Der Ansatz von FOBANOS, forschungsorientierte Bachelorarbeiten mit der Erarbeitung von Inhalten und der Reflexion auf Nature of Science zu verknüpfen, wird generell als sehr sinnvoll empfunden. In der Schule würde häufig ein falsches Bild von naturwissenschaftlicher Forschung vermittelt, so dass FOBANOS hier wichtige Erkenntnisse liefert und zudem den Bezug der Bachelorarbeit zur späteren Tätigkeit als Lehrkraft erhöhe. Zentraler Lernertrag von FOBANOS ist die Erkenntnis der Vielfalt der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise und ein allgemein tieferes Verständnis zu Nature of Science. Durch die Reflexion der eigenen Praxis wird sowohl die Reflexionskompetenz geschult als auch die Methodenvielfalt und Kreativität im eigenen Handeln entdeckt ebenso wie sich das Selbstverständnis ausbildet, echte Forschung zu betreiben. Besonders geeignet für die Reflexion sind die vielfältigen Aspekte des Experimentierens (vgl. Höttecke u. Rieß, 2015) sowie deren Zusammenhang zur Theorie. Die Studierenden äußern sogar die Einschätzung, zukünftig im Unterricht die vielfältige Arbeitsweise naturwissenschaftlicher Forschung vermitteln zu können.

Das Begleitseminar wird in der Qualität als geeignet und im Zeitaufwand als angemessen beurteilt. Das Lernziel eines vertieften Verständnisses über Nature of Science wurde erreicht. Tendenziell wären etwas mehr und/oder längere Sitzungen aber wünschenswert, evtl. auch in größerem Abstand. In den drei Sitzungen können die behandelten Themen nur angeschnitten werden, so dass insbesondere die wissenschaftstheoretischen Diskussionen teilweise nicht genügend Tiefe gewinnen. Die gemeinsamen Reflexionen der Forschungsarbeiten im Seminar werden als wichtig wahrgenommen, es besteht aber ein klarer Wunsch nach verstärkter Berücksichtigung von Unterrichtsimplikationen. Hierzu

passt, dass der fachdidaktische Artikel von Lederman et al (2002) als besonders hilfreich empfunden wird.

Als sehr wichtiges Element in FOBANOS werden die individuellen Hospitationen mit ausführlichen Reflexionsgesprächen beurteilt. Eine vorher erstellte Sammlung möglicher Reflexionsfragen wird tendenziell als hilfreich gewertet, allerdings benötigen die Studierenden Hilfestellungen in der Auswahl passender Fragen und der konkreten Adaption auf die eigene Forschungstätigkeit.

Die Erwartungen der Studierenden an didaktisch unterlegte Formate wie FOBANOS gehen schnell in die Richtung von Unterrichtspraxis und Schulrelevanz. Diese Erwartungen konnten und können in FOBANOS nicht erfüllt werden. Hier besteht die didaktische Relevanz in der Entwicklung des eigenen Verständnisses über Naturwissenschaften. Dieses Ziel von FOBANOS sollte den Studierenden zu Beginn verdeutlicht werden.

Insgesamt zeigt sich, dass die Forschungsnähe der Bachelorarbeit einen entscheidenden Einfluss darauf hat, wie gut sich Wissenschaftstheorie bzw. Nature of Science und Forschungstätigkeit verbinden lassen. Es ist wichtig, dass die Lehramtsstudierenden in ihrer Bachelorarbeit die Gelegenheit erhalten, authentische Forschungsprozesse zu durchlaufen. Diese können durchaus als Entwicklungsarbeit mit didaktischem Hintergrund (z.B. Materialentwicklung für ein Schülerlabor) angelegt sein, so lange die Studierenden genügend Freiheiten haben um eigene kreative Lösungsansätze entwickeln, ausprobieren und bewerten zu können. Sehr technisch angelegte Bachelorarbeiten mit wenig kreativem Forschungsfreiraum sind für FOBANOS eher ungünstig.

Fazit und Ausblick

Im ersten Durchgang von FOBANOS wurden Materialien entwickelt, die eine personenunabhängige Verstetigung von FOBANOS unterstützen. So stehen nun ein Seminarreader mit Texten zur Theoriebildung sowie ein Reflexionsleitfaden als Grundlage für das Begleitseminar zur Verfügung. Zudem liefert der Leitfaden eine Unterstützung für die Fachbetreuerinnen und -betreuer der Lehramtsstudierenden, um die Reflexion der Studierenden in den Laboren selbstständig anzuleiten.

Um die Reichweite von FOBANOS zu erhöhen und mehr Studierende zur Teilnahme zu gewinnen, kann FOBANOS auf die benachbarten Naturwissenschaften Chemie und Biologie übertragen werden. Auch hier werden fachliche Bachelorarbeiten verfasst und Nature of Science zählt ebenfalls zum fachdidaktischen Curriculum. Inwiefern sich das Prinzip von FOBANOS auf z.B. Geistes- oder Wirtschaftswissenschaften übertragen lässt, wird zu prüfen sein. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass eine Reflexion selbst erfahrener Forschungspraxis sich auch in anderen Domänen nutzen lässt, um Fachlehrkräfte auf die Aufgabe vorzubereiten, über ihre jeweilige Domäne als Forschungsdisziplin zu lehren.

Literatur

Chalmers, A. F. (2007). Wege der Wissenschaft. Einführung in die Wissenschaftstheorie. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

Hacking, I. (1996). Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften. Stuttgart: Reclam

Höttecke, D., & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, DOI 10.1007/s40573-015-0030-z

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching, 39 (6), 497-521

Hilda Scheuermann IPN Kiel
Mathias Ropohl

Inwiefern fördern Rückmeldungen die Kompetenz Experimente zu planen?

Es wird international gefordert, dass Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Arbeitsweisen anwenden können (KMK, 2004; NGSS, 2013). Das Unterrichtskonzept des forschenden Lernens zeichnet den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg auf eine schülergerechte Weise nach. Schülerinnen und Schüler sollen beispielsweise naturwissenschaftliche Fragestellungen formulieren, Hypothesen aufstellen und Experimente zur Überprüfung der Hypothesen planen (z.B. Ropohl, Rönnebeck & Scheuermann, 2015). Es zeigt sich jedoch, dass Schülerinnen und Schüler beim selbstständigen Planen und Durchführen von Experimenten häufig unsystematisch vorgehen und die Variablenkontroll-strategie nicht berücksichtigen (z. B. Hammann, Phan, Ehmer & Grimm, 2006, Wahser & Sumfleth, 2008). Die Variablenkontrollstrategie beinhaltet, dass die unabhängige Variable unter Konstanthalten von Störvariablen variiert wird, um die abhängige Variable unter kontrollierten Bedingungen messen zu können (z. B. Chen & Klahr, 1999). Schülerinnen und Schüler haben hierbei insbesondere Schwierigkeiten in der Benennung der Variablen sowie in der Variierung der unabhängigen Variablen und in der Berücksichtigung von Störvariablen (z.B. Arnold, Kremer & Mayer, 2014).

Schülerinnen und Schüler benötigen eine gezielte Förderung der Kompetenz der Experimentplanung unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie. Eine Möglichkeit bietet die formative Diagnose und Bewertung (vgl. Black & Wiliam, 1998). Zu Beginn der formativen Diagnose und Bewertung wird mit den Lernenden ein Lernziel definiert. Es folgt eine Schüleraktivität, mit deren Hilfe der Lernstand der Schülerinnen und der Schüler erfasst wird. Dieser Lernstand wird bewertet und schließlich den Schülerinnen und Schülern individuell rückgemeldet. Nach einer Reflexion der Rückmeldung folgt eine weitere Schüleraktivität. Auf diese Weise wird den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben, ihre Kompetenzen während des Lernprozesses zu verbessern.

Im Rahmen des Projekts ASSIST-ME, an welches das Dissertationsvorhaben inhaltlich anknüpft, wurde der internationale Forschungsstand bezüglich Diagnosemethoden von Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Arbeitens recherchiert. Es wurden kaum Veröffentlichungen identifiziert, die formative Diagnose und Bewertung in Hinblick auf die Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Arbeitens untersuchen (Bernholt, Rönnebeck, Ropohl, Köller & Parchmann, 2013). In Anbetracht der Schwierigkeiten, die Schülerinnen und Schüler beim Planen von Experimenten haben, ist es notwendig hier Forschung anzusetzen, die die Lernwirksamkeit formativer Diagnose und Bewertung auf das Planen von Experimenten untersucht.

Bezüglich der Lernwirksamkeit formativer Diagnose und Bewertung zeigen sich in Abhängigkeit von den Aufgabenbedingungen und der Fachdomäne unterschiedliche Effekte. In den Naturwissenschaften ist die Lernwirksamkeit am geringsten (Kingston & Nash, 2011). In Zusammenhang mit formativer Diagnose gelten Rückmeldungen als eine wichtige Komponente. Eine generelle Lernwirksamkeit von Rückmeldungen wird in Meta-Analysen bestätigt (z. B. Kluger & DeNisi, 1996). Allerdings ist auch die Lernwirksamkeit von Rückmeldungen von mehreren Faktoren abhängig. So beeinflusst die jeweilige Rückmeldeform die Lernwirksamkeit. Studien zeigen, dass Rückmeldungen einerseits lernwirksam sind, wenn sie den Schülerinnen und Schülern das Lernziel, den Lernstand und Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen (Harks, Rakoczy, Hattie, Besser & Klieme, 2013; Wollenschläger, Möller & Harms, 2012), und andererseits, wenn sie den Schülerinnen und Schülern lediglich Lernziel und Lernstand aufzeigen (Jaehnig & Miller, 2007; Rheinberg &

Vollmeyer, 2005). Weiterhin ist die Lernwirksamkeit davon abhängig, wie hilfreich die Rückmeldungen von den Schülerinnen und Schülern wahrgenommen werden. Die wahrgenommene Kompetenzunterstützung hat ebenfalls einen Einfluss auf das Interesse, während kein Einfluss auf die Motivation und das Selbstkonzept beobachtet wird (Harks, Rakoczy, Hattie, Besser & Klieme, 2013; Rheinberg & Vollmeyer, 2005).

Aus dem aktuellen Forschungsstand können folgende Forschungsfragen abgeleitet werden:

- Welche Form von formativer Rückmeldung ist lernwirksam im Hinblick auf das Planen von Experimenten im Fach Chemie?
- Inwiefern beeinflusst die wahrgenommene Kompetenzunterstützung das Planen von Experimenten, das Interesse, die Motivation, die Selbstwirksamkeit und das Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler?

Zur Untersuchung der beiden Fragestellungen wurden drei Formen von Rückmeldungen in einer Interventionsstudie kontrastiert. Die drei Interventionsgruppen unterscheiden sich wie folgt: Den Schülerinnen und Schülern der Experimentalgruppe wurden auf einem individuellen Rückmeldebogen das Lernziel, der Lernstand sowie nächste Lernschritte zur Erreichung des Lernziels aufgezeigt. Den Schülerinnen und Schülern der Vergleichsgruppe 1 wurden das Lernziel und der Lernstand aufgezeigt. Sie haben die nächsten Lernschritte selbst eingeschätzt. Den Schülerinnen und Schülern der Vergleichsgruppe 2 wurde lediglich das Lernziel aufgezeigt. Sie haben durch einen Vergleich ihrer Planung mit den Lernzielkriterien ihren Lernstand und nächste Lernschritte selbst eingeschätzt.

Gruppe	Experimentalgruppe	Vergleichsgruppe 1	Vergleichsgruppe 2
Form der Rückmeldung	Aufzeigen von - Lernziel - Lernstand - Nächste Lernschritte	Aufzeigen von - Lernziel - Lernstand	Aufzeigen vom - Lernziel

Tab 1 Form der Rückmeldung in den Interventionsgruppen

Die vierstündige Intervention wurde in achten Klassen an Gymnasien in Schleswig-Holstein durchgeführt ($N = 214$; $M_{Alter} = 13.6$; 51,2 % weiblich). In der ersten Unterrichtsstunde wurde gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern das Lernziel festgelegt. Hierzu erarbeiteten die Schülerinnen und Schüler die Kriterien für eine Experimentplanung wie die Benennung abhängiger und unabhängiger Variablen, das kontrollierte Variieren unabhängiger Variablen und das Berücksichtigen von Störvariablen. In den nächsten drei Unterrichtsstunden planten die Schülerinnen und Schüler jeweils ein Experiment zur Überprüfung einer vorgegebenen Hypothese. Die Experimentplanungen haben die Schülerinnen und Schüler auf einem Forscherbogen verschriftlicht. Die Planungen wurden mit Hilfe eines Manuals bewertet. Die Schülerinnen und Schüler erhielten in der nächsten Stunde einen individuellen Rückmeldebogen zu ihren Experimentplanungen. Je nach Interventionsgruppe fiel die Form der Rückmeldungen unterschiedlich aus (s. Tab. 1). Nach einer Reflexion planten die Schülerinnen und Schüler ein neues Experiment bezüglich einer weiteren Hypothese. Für die Durchführung wurden entsprechend der Untersuchungsziele spezielle Materialien entwickelt (vgl. Ropohl, Scheuermann & Rönnebeck, 2015).
Die beiden Forschungsfragen wurden anhand eines Prä-Post-Follow Up-Designs untersucht. Die Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Arbeitens der Schülerinnen und Schüler wurden mit einer offenen Aufgabe zur Experimentplanung sowie adaptierten Tests zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen erhoben. Weiterhin wurden das Interesse am Fach Chemie, die Motivation, die Selbstwirksamkeit und das Selbstkonzept sowie die wahrgenommene Kompetenzunterstützung gemessen. Als Kontrollvariablen wurden die

kognitiven Fähigkeiten und das Fachwissen zum Thema Metalle erhoben.
Bezüglich der Lernwirksamkeit der unterschiedlichen Rückmeldeformen auf das Planen von Experimenten zeigen die Ergebnisse, dass die Rückmeldeform, die Informationen zum Lernziel, Lernstand und nächsten Lernschritten aufweist, am lernwirksamsten im Hinblick auf das Planen von Experimenten ist. Die Rückmeldeformen aus den Vergleichsgruppen 1 und 2, die Informationen zum Lernziel und Lernstand bzw. lediglich zum Lernziel gegeben haben, bewirken einen geringeren Lernzuwachs. Weiterhin nehmen die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe und der Vergleichsgruppe 1 die Rückmeldungen hilfreicher wahr als die Vergleichsgruppe 2. Demnach lässt sich schlussfolgern, dass Rückmeldungen Informationen zum Lernziel, Lernstand und nächsten Lernschritten aufweisen sollten.
In einer zweiten Interventionsstudie wird im Schuljahr 2015/16 untersucht, inwiefern formative Diagnose und Bewertung in weniger angeleiteten Lernumgebungen des forschenden Lernens Schülerinnen und Schüler beim Erwerb von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen unterstützen kann. Der derzeitige Forschungsstand zeigt, dass Schülerinnen und Schüler in weniger angeleiteten Lerngelegenheiten tendenziell überfordert sind und daher einen geringen Lernzuwachs erfahren. Inwiefern formative Diagnose und Bewertung dem entgegenwirken kann, wird im Rahmen der Studie in achten Klassen an Gymnasien anhand eines Prä-Post-Follow Up-Designs untersucht.

Literatur

Arnold, J., Kremer, K., Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments - What kind of support do they need in inquiry tasks?. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749.

Bernholt, S., Rönnebeck, S., Ropohl, M., Köller, O., & Parchmann, I. (2013). Report on current state of the art in formative and summative assessment of IBE in STM - Part 1. Verfügbar unter http://assistme.ku.dk/project/workpackages/wp2/131015_del_2_4_IPN_PEI.pdf [10.8.2014].

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5 (1), 7-75.

Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098 – 1120.

Hammann, M., Phan, Thi T. H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59 (2), 292-299.

Harks, B., Rakoczya, K., Hattie, J., Besser, M., & Klieme, E. (2013). The effects of feedback on achievement, interest and selfevaluation: the role of feedback's perceived usefulness. *Educational Psychology: An international Journal of Experimental Educational Psychology*, 33 (1), 1-22.

Jaehnig, W. & Miller, M.L. (2007). Feedback types in programmed instruction: a systematical review. *The Psychological Record* 57, 219-232.

Kingston,N. & Nash, B. (2011). Formative Assessment: A meta-analysis and a call for research. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 30 (4), 28-37.

Kluger, A. N., & DeNisi, A. (1996). The effects of Feedback Interventions on Performance: A historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory. *Psychological Bulletin*, 119 (2), 254-284.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

NGSS (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press.

Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2005). A surprising effect of feedback on learning. *Learning and Instruction* 15, 589-602.

Ropohl, M., Rönnebeck, S., Scheuermann, H. (2015). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht. Das Konzept des forschenden Lernens. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie im Unterricht*, 64(6), S. 5-8.

Ropohl, M., Scheuermann, H., & Rönnebeck, S. (2015). Diagnostizieren und Bewerten mit dem Forscherbogen. Formative Diagnose beim forschenden Lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 149, 40 – 44.

Wahser, I., Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219-241.

Wollenschläger, M., Möller, J., & Harms, U. (2012). Ist kompetenzielles Fremdfeedback überlegen, weil es als effektiver wahrgenommen wird?. *Unterrichtswissenschaft*, 40 (3), 197-212.

Laura Muth Goethe-Universität Frankfurt am Main
Roger Erb

Einfluss der Auswertephase beim Experimentieren im Physikunterricht auf den Fachwissenszuwachs und die experimentelle Kompetenz

Ergebnisse aus Studien der letzten Jahre haben gezeigt, dass das Experiment im naturwissenschaftlichen Unterricht eine übergeordnete Rolle spielt. Vor allem Vor- und Nachbereitung von Experimenten und deren Einbettung in den Unterrichtsverlauf haben einen großen Einfluss auf die Qualität des Unterrichts (Tesch & Duit, 2004). Allerdings gibt es bis heute nur wenige Studien, die sich mit der Struktur dieser Phasen befassen. Eine Studie von Jan Winkelmann (2014) konnte mit Hilfe von Kurztests vor der Auswertung von Experimenten und Post-Tests nach der Gesamtintervention allerdings zeigen, dass Schülerinnen und Schüler auch durch die Auswertung des Experiments noch dazu lernen. Daher erscheint es interessant, die Auswertephase von Experimenten genauer zu beleuchten und sie mittels mehrerer Treatments zu variieren, um herauszufinden, wie diese Phase idealerweise zu gestalten ist.

Fragestellung

An diesem Punkt soll das geplante Forschungsprojekt ansetzen. Vorläufige Forschungsfragen lauten:

F1 Wie wirkt sich die Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht mit unterschiedlichem Offenheitsgrad auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Fachwissenszuwachs und experimentelle Kompetenz aus?

F2 Welche Unterschiede zeigen sich bei unterschiedlicher Kombination von Experimentiersituation und Auswertphase in Bezug auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Fachwissenszuwachs und experimentelle Kompetenz?

F3 Welche Unterschiede zeigen sich in heterogenen Leistungsgruppen aufgrund der unterschiedlichen Auswertephase des Experiments im Physikunterricht in Bezug auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Fachwissenszuwachs und experimentelle Kompetenz?

F4 Welchen Einfluss haben Lehrercharakteristika auf die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schüler im Fach Physik?

Treatment-Variation

Die Auswertung der Schüler- und Demonstrationsexperimente soll in drei Schritten erfolgen:

1.) *Darstellung und Zusammenfassung der protokollierten Messwerte und Beobachtungen durch schriftlich-bildliches Festhalten* (Skizzen, Diagramme, Tabellen, Berechnungen)

2.) *Formulierung von Ergebnissen* (Rückbezug auf die experimentelle Frage bzw. die Hypothese, mögliche Verallgemeinerungen finden…)

3.) *Bewertung des Experiments unter Berücksichtigung der Fehlerbetrachtung*

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird zwischen drei Treatments (Variationen der Auswertephase) unterschiedlicher Offenheit unterschieden:

Auswertung im Plenum: In diesem Treatment, welches wohl am häufigsten im naturwissenschaftlichen Unterricht zu finden ist, wird das Vorgehen zur Auswertung des Experiments von der Lehrkraft vorgegeben (Priemer, 2011, S. 325) bzw. geleitet. Die Auswertung findet im Dialog mit den Schülerinnen und Schülern an der Tafel statt; die Lehrkraft stellt anleitende Fragen.

Angeleitete Auswertung: In diesem zweiten Treatment ist das Vorgehen vorskizziert (Priemer, 2011, S. 325). Die Schülerinnen und Schüler sollen in Kleingruppen mit Hilfe einer schrittweisen, systematischen Anleitung versuchen, das Experiment so selbstständig wie möglich auszuwerten. Als Hilfen stehen den Kleingruppen vorgefertigte Arbeitsblätter mit einer schrittweisen Anleitung zur Auswertung des Experiments zur Verfügung. Weitere Hilfestellungen können das Schulbuch oder das Internet bieten. Die Lehrkraft nimmt in diesem Treatment die Position des außenstehenden Helfers ein. Falls die Schülerinnen und Schüler Fragen haben, können sie sich an ihn bzw. sie wenden. Allerdings sollte die Lehrkraft die letzte Instanz darstellen.
Selbstständige Auswertung: Die letzte Auswertemethode stellt die offenste der drei dar. In diesem Treatment gibt es (idealerweise) keine Vorgaben zum Vorgehen (Priemer, 2011, S. 325). Die Schülerinnen und Schüler arbeiten in Kleingruppen komplett selbstständig. Sie können selbst bestimmen, wie und mit welchen Materialien sie das Experiment auswerten und eigene Lösungsideen verfolgen. Hilfen können, wie schon im vorangegangenen Treatment, das Internet oder das Schulbuch darstellen. Die Lehrkraft sollte nur im absoluten Notfall als Helfer einspringen.

Neben dem Fachwissenszuwachs und dem Zuwachs an experimenteller Kompetenz soll die Überzeugung der Lehrkraft zum Experiment miterhoben werden. Motivation hierfür bieten erneut die Ergebnisse von Winkelmann (2014), der gezeigt hat, dass nicht die Experimentiersituation selbst (Demonstrationsexperiment oder Schülerexperiment), sondern die Wechselwirkung von unterrichtender Lehrkraft und der jeweiligen Experimentiersituation maßgeblich ist.

Studiendesign
Die hier vorgestellte Studie ist als quasi-experimentelle Längsschnitt-Feldstudie geplant und vergleicht den Wissens- und Kompetenzzuwachs durch angeleitetes und selbstständiges Auswerten von Schüler- und Demonstrationsexperimenten. Die untenstehende Abbildung bietet einen Überblick über die sechs Untersuchungsgruppen:

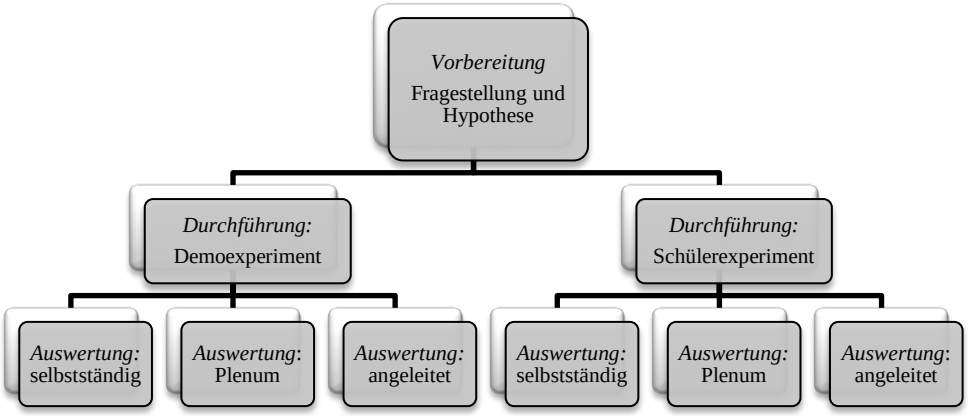


Abbildung 1 Übersicht über Untersuchungsgruppen

Während sechs vorgeplanter Doppelstunden werden die Klassen Optikunterricht mit Demonstrations- und Schülerexperimenten mit unterschiedlicher Auswertephase erleben. Es werden Themenbereiche wie Lichtbrechung, Brechungsgesetz und Lichtbündelung behandelt. Tabelle 1 zeigt die zeitliche Planung der Studie.

Unterrichtsstunde / Thema	**Experimente**
1. Doppelstunde: Lichtbrechung – Knick in der Optik	Experiment 1: Peilversuch: „Fischjagd“ Experiment 2: Peilversuch mit Stecknadel
2. Doppelstunde: Brechungsgesetz und Sammellinse	Experiment 3: Lichtbrechung Experiment 4: Lichtbündelung an der Sammellinse
3. Doppelstunde: Abhängigkeit der Lichtbündelung und Linsengleichung	Experiment 5: Abhängigkeit der Lichtbündelung Experiment 6: Linsengleichung

Tabelle 1 Planung der Studie

Folgende drei Testinstrumente werden als Prä-Test vor Beginn der Intervention und als Post-Test nach Beendigung der Intervention eingesetzt. In einigem zeitlichen Abstand kommen sie erneut als Follow-up-Test zum Einsatz:
1.*) Kognitiver Fähigkeitstest* (auf der Grundlage von Heller und Perleth, 2009)
2.) *Fachwissenstest* im Single-Choice Format (auf der Grundlage der Studie von Winkelmann, 2014)
3.) *Test zum Messen der experimentellen Kompetenz* im Single-Choice Format (eigens erstellt auf der Grundlage des MeK-LSA Computersimulationstests siehe beispielsweise Dickmann et al, 2013)

Ausblick

Im Herbst 2015 wird eine Pilotstudie mit ca. 10 Lehrkräften und 12 Klassen durchgeführt. Nachdem diese Pilotstudie ausgewertet und überarbeitet wurde, ist eine Hauptstudie im Herbst 2016 mit ca. 20 Lehrkräften und 24 Klassen vorgesehen. Sowohl die Pilotstudie, als auch die Hauptstudie sollen mit Fokus auf Fachwissenszuwachs und Zuwachs an experimenteller Kompetenz ausgewertet werden.

Literatur

Dickmann, M., Eickhorst, B., Theyßen, H., Neumann, K., Schecker, H. & Schreiber. N. (2013). Measuring experimental skills in large-scale assessments: developing a simulation-based test instrument. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.), Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Proceedings of the ESERA 2013 Conference.

Priemer, Burkhard (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 17, 2011

Tesch, Maike und Duit Reinders. Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 10, 2004, S. 51-69

Winkelmann, Jan (2014). Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht. Berlin: Logos Verlag

Hilde Köster
Jan Steger
Tobias Mehrtens
Philipp Galow

Freie Universität Berlin

Inquiry Based Science Learning mit Experimentierkästen
Anpassung traditioneller Lernumgebungen an moderne Anforderungen an naturwissenschaftlichen (Sach-) Unterricht

Klassische Experimentierkästen beruhen in ihrer Gestaltung oftmals auf didaktischen Konzepten, die mit den modernen Anforderungen an naturwissenschaftsorientierten Unterricht nicht mehr in Einklang stehen. Das Projekt CorExplore des Arbeitsbereichs Sachunterricht an der Freien Universität Berlin verfolgt mit dem Design-Based Research-Ansatz (DBR) eine Anpassung grundschulbezogener Experimentiersets an aktuelle Lehr-Lernkonzepte.

Problemstellung

Die CorEx-Experimentierboxen für den Grundschulunterricht weisen aufgrund ihrer Entwicklungshistorie Merkmale auf, aufgrund derer sie dem aktuellen naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht nicht mehr gerecht werden: Die „roten Koffer“ wurden ursprünglich für einen lehrerzentrierten, fachbezogenen Unterricht konzipiert, in dem alle Schüler_innen einer Klasse die jeweiligen Experimente zur gleichen Zeit durchführen und dieselben Ziele erreichen sollten. Um diesem Zweck gerecht zu werden, enthielten die Koffer Mehrfachsätze an Experimentiermaterialien. Dies wurde im Wesentlichen auch dann beibehalten, als auf das Lernen an Stationen umgestellt wurde. Diese Umstellung bewirkte zwar eine geringere Lehrerzentriertheit, die Lenkung auf die zu erreichenden fachbezogenen Ziele wurde jedoch nun über Aufgaben und Materialien sichergestellt. Aktuelle curriculare Anforderungen an einen kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Sach- und Naturwissenschaftsunterricht erfordern daher eine Überarbeitung der Experimentiermaterialien.

Theoretische Rahmung

Im Sinne eines fachübergreifenden und die Perspektiven integrierenden Sachunterrichts soll „das Naturerleben, die Naturerfahrung, die Naturforschung der Kinder, noch nicht die Naturwissenschaft als solche“ (Bosse, 2013, S. 12) im Mittelpunkt stehen. Während sich also früher die Forderung nach ‚Anschlussfähigkeit‘ auf fachpropädeutische Ziele richtete, hat sich dieser Begriff gewandelt: „Anschlussfähigkeit der Bildung im Sachunterricht bedeutet, jene Kernkonzepte und Basiskompetenzen im Unterricht zu thematisieren, die ein erfolgreiches Lernen in den Fächern der Sekundarstufe grundlegen. Dazu gehört aber auch, dass dieses Wissen sinnstiftend, persönlich bedeutsam, d. h. eingebettet in Lebenszusammenhänge erfolgt.“ (Giest & Pech, 2010, S. 18) „Ausgangspunkt sachunterrichtlicher Lernprozesse sind die Erfahrungen und die Lebenswelt der Kinder.“ (GDSU, 2013, S. 10). Darüber hinaus muss den Anforderungen an einen kompetenzorientierten Unterricht Rechnung getragen werden. Dies erfordert eine Umorientierung von der Inputorientierung zur Outputorientierung und damit im Wesentlichen ein Umdenken hinsichtlich von Unterrichtsformen und -methoden von der Lehrerzentriertheit zur Schülerorientiertheit. In engem Zusammenhang damit steht die verstärkte Berücksichtigung individueller Voraussetzungen und Lerndispositionen bei den Schüler_innen, die sowohl in der konstruktivistischen Auffassung vom Lernen zum Tragen kommt als auch in der Inklusionsdebatte eingefordert wird. Als entscheidend für solches Lernen wird eine aktive mentale Verarbeitung angenommen, die sich „in der handelnden Auseinandersetzung mit der sozialen und natürlichen Umwelt oder im Um-

gang mit Symbolsystemen vollzieht“ (Baumert & Kunter, 2006, 477), situiert, kontextuiert und in sozialen Situationen verläuft.
Als wesentlicher Faktor für das Gelingen bzw. als „Basisdimension der Unterrichtsqualität“ (ebd., 488; vgl. auch Kunter et al., 2006) wird eine konstruktiv-unterstützende Lernumgebung angesehen (ebd.; vgl. Sachser, 2004, 475ff), die auch den grundlegenden psychologischen Bedürfnissen nach Kompetenz, Selbstbestimmung und sozialer Eingebundenheit (Deci & Ryan, 1993) entgegen kommt und einen authentischen Bezug zu ‚echten’ naturwissenschaftlichen Untersuchungsverfahren aufweist (vgl. Höttecke, 2013). Mit Wagenschein (1976, S. 227 ff.) kann dabei davon ausgegangen werden, dass eine Auswahl im Sinne des Exemplarischen sinnvoll ist, die eine Vertiefung und Konzentration auf wesentlich erkannte Zusammenhänge oder Prinzipien ermöglicht.
Zur Realisierung solchen Unterrichts wird das forschende Lernen bzw. das ‚Inquiry Based Science Learning’ (IBSL) empfohlen (Höttecke, 2013), in dessen Rahmen konstruktiv-unterstützende Lernumgebungen zur Verfügung gestellt werden. IBSL ermöglicht den Lernenden sich Phänomene von (auch selbst gestellten) naturwissenschaftsbezogenen Fragen und Problemen ausgehend, weitgehend selbstständig und aktiv zu erschließen (vgl. Höttecke, 2010, 5). In solchen Lernsituationen, die den Kindern sowohl inhaltliche als auch methodische Spielräume eröffnen und eine aktive, handelnde Auseinandersetzung mit den Phänomenen ermöglichen, konnten in hohem Maß umfangreiche, freiwillige Eigenaktivität, Konzentration, Ausdauer und Freude bei den Lernenden festgestellt werden (vgl. Köster et al., 2011). Dieses Verhalten kann im Zusammenhang mit der Kreativitätsforschung in weiten Teilen auch als Flow-Erleben beschrieben werden, welches als förderlich für Leistung und Lernen eingestuft wird (vgl. Krapp, 1996, 54; vgl. Schiefele & Köller, 2010). Auch hierfür ist eine konstruktiv-unterstützende Lernumgebung wesentlich.

Vorgehensweise bei der Weiterentwicklung

Methodisch erfolgt die Überarbeitung der Experimentierkästen im Sinne des Design-Based Research-Ansatzes (Reimann, 2005), dem ein zyklischer Prozess aus theoriebasiertem Design, (formativer) Evaluation und Re-Design zugrunde liegt: Dem Design (Weiter- bzw. Neuentwicklung von Materialien und Begleitmaterial) folgt eine Erprobungsphase i.d.R. mit Kleingruppen von Grundschulkindern. Die hieraus resultierenden Ergebnisse fließen in eine Überarbeitung der Experimentierkästen ein, worauf sich eine neuerliche Erprobungsphase in einer Schulklasse einerseits und eine Rückmeldung durch Lehrkräfte andererseits anschließt. Auch die Ergebnisse aus diesen Phasen fließen wieder in eine Überarbeitung ein.

Überarbeitungsbeispiel: Anknüpfungsfähigkeit

Ein wesentliches Kriterium, das sich aus den zugrundeliegenden lerntheoretischen und didaktischen Überlegungen ableitet (s. o.), ist die Anknüpfungsfähigkeit der intendierten ‚Lerninhalte’ sowohl an die Vorerfahrungen der Kinder als auch an den Fachunterricht der Sekundarstufen. Muckenfuß (2006, S. 150) macht darauf aufmerksam, dass Experimentiermaterialien häufig so ‚reduziert’ angeboten werden, dass nichts von dem zu erkennenden physikalischen Zusammenhang ablenkt, Alltagsbezüge, Wiedererkennbares oder Zweckhaftes ausgeblendet wird und damit den Schüler_innen ein Zugang über eigene Erfahrungen verwehrt und „ein kreativer Umgang [...] erschwert“ (ebd., S. 151) wird. Er nennt dafür ein Beispiel: „Von Lehrmittelfirmen werden für die Bewegungslehre ‚Autos’ [...] angeboten [die die Form eines Quaders haben, Erg. d. Verf.]. Die Funktionalität hätte aber in keiner Weise darunter zu leiden, wenn dieses Gerät mit einer ansprechenden bunten Karosserie versehen wäre“ (ebd., S. 150).
Um also der implizierten Forderung nach Materialien gerecht zu werden, die den Lernenden bekannt sind und mit denen sie auch kreativ umgehen können, werden den Boxen zusätzlich zu den vorhandenen, ‚fachlich-didaktisierten’ Materialien solche aus dem Alltag sowie

Spielzeuge hinzugefügt. Methodisch werden so das Spiel und Explorationen aufgrund eigener, bereits vorhandener Erfahrungen, aber auch der Erwerb neuer spielerisch erworbener Erfahrungen ermöglicht, die als Basis für weitere Untersuchungen und für das Verstehen der didaktisierten Materialien dienen können.

Fachbezogen werden für den naturwissenschaftlichen Unterricht auf den Sekundarstufen im Wesentlichen die vier Basiskompetenzen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung benannt und eingefordert. Zwar richtet sich der Sachunterricht nicht an diesen Basiskompetenzen aus, es sollen jedoch bei der Unterrichtsplanung bereits Anbahnungen auf dem Wege der Entwicklung dieser Kompetenzen geleistet werden. Dasselbe gilt auch für die Basiskonzepte, die in der Grundschule bereits vorbereitet werden sollen.

Einen Schwerpunkt bildet hier das Problemlösen als eine Methode der Erkenntnisgewinnung im Sinne einer ‚kognitiven Aktivierung' (vgl. Stigler & Hiebert, 1998): Die Auseinandersetzungen mit Fachinhalten und Verfahrensweisen erfolgt an zentralen Stellen im Sinne des IBSL durch die Einbindung problemorientierter lebensweltlicher, aber auch fiktionaler Kontexte (Storytelling), die den Lernenden ermöglichen, intendierten, aber auch eigenen Fragestellungen auf unterschiedlichen Wegen nachzugehen.

Literatur

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

Bosse, U. (2013). Kompetenzen entwickeln durch Erfahrungen mit der Natur. In Chr. Biermann & U. Bosse (Hrsg.), Natur erleben, erfahren und erforschen mit Kindern im Grundschulalter. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 11-24.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Zeitschrift für Pädagogik, 39, 223-238.

GDSU - Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (Hrsg.) (2013): Perspektivrahmen Sachunterricht. Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Giest, H. & Pech, D. (2010). Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht. In: dieselben (Hrsg.), Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. 11-22.

Höttecke, D. (2010). Forschend-entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. Unterricht Physik, 119, 4–12.

Höttecke, D. (2013). Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten. Ein Problemaufriss. In: S. Berholt (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Tagungsband zur Jahrestagung in Hannover 2012 – Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Kiel: Lit-Verlag, 32-42.

Krapp, A. (1996). Psychologische Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens: Untersuchungsansätze und Befunde zu Motivation und Interesse. In R. Duit & Chr. von Rhöneck, Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel, 37-67.

Köster, H.; Waldenmaier, C.; Schiemann, N. (2011). Zur Engagiertheit von Kindern im naturwissenschaftsbezogenen Grundschulunterricht. Didaktik der Physik. Frühjahrstagung Münster 2011.

Muckenfuß, H. (2006). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts. Berlin: Cornelsen.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft 33 (1), 52-69.

Sachser, N. (2004). Neugier, Spiel und Lernen: Verhaltensbiologische Anmerkungen zur Kindheit. Zeitschrift für Pädagogik, 50 (4), 475-486.

Schiefele, U. & Köller, O. (2010). Intrinsische und extrinsische Motivation. In D. H. Rost (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogische Psychologie. Weinheim: Beltz. 336-344.

Stigler, J.W. & Hiebert, J. (1998). The TIMS Videotape Study. American Educator. 22 (4), 43-45.

Wagenschein, M. (1976). Die pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig.

Prof. Martin Lindner Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Sandra Rudolph

SciVis – Making Science Visible - Improvement of interactive methods to understand natural science and technological improvement

Seit September 2014 gehört SciVis zu den ersten von der EU geförderten ERASMUS+-Projekten der Kategorie *Strategic Partnerships for Higher Education*. Die Aktivitäten dieses zweijährigen Projektes zielen darauf ab, Ergebnisse aus Naturwissenschaften und Technik öffentlich stärker zugänglich zu machen. In unserer von Technik und Wissenschaft geprägten Gesellschaft bilden Kenntnisse in diesen Bereichen grundlegende Voraussetzungen, um an gesellschaftlichen Diskussionen und Entscheidungsprozessen teilnehmen zu können. Die Informationsweitergabe wissenschaftlicher Erkenntnisse ist zur Zeit jedoch sehr einseitig ausgeprägt, vor allem durch Flyer, Videos, Tage der offenen Türen, Interviews in den Medien mit Experten oder Dokumentationen.

SciVis zielt auf eine Kommunikation auf Augenhöhe und auf Lernen voneinander. Dabei orientiert es sich am *Responsible Research and Innovation Report* der EU-Kommission von 2012 (EU Comission 2012 a, b). Der Report formuliert sechs Kernkonzepte, die einen Austausch der Parteien, Wissenschaftler und der Gesellschaft ermöglichen sollen:

- *Engagement*: gemeinsame Teilnahme der gesellschaftlichen Akteure (Forscher, Politiker, Bürger, Unternehmer etc.) an Forschungs- und Innovationsprozessen
- *Gender equality*: ausgeglichenes Geschlechterverhältnis im naturwissenschaftlichen und technischen Forschungsbereich, Akquirieren von Frauen für dieses Berufsfeld
- *Science Education*: Förderung von formeller und informeller wissenschaftlicher Bildung für Schüler und Schülerinnen
- *Open Access*: Transparenz und Zugänglichkeit der Ergebnisse öffentlich finanzierter Forschung
- *Ethics*: Respektierung, Beachtung der Grundrechte und ethischen Standards
- *Governance*: Einbezug der Politik zur Verhinderung von unethischen und schädlichen Entwicklungen in der Forschung

Durch das Projekt SciVis wird angestrebt, die Konzepte aus dem RRI Report durch interaktive Methoden umzusetzen. Interaktiv meint hierbei, Möglichkeiten zu eigenen Fragen in Bezug auf Naturwissenschaften und Technik zu stellen, Informationen im individuellen Tempo zu erfassen oder eine Verbindung zwischen bereits vorhandenem Wissen und dem Gegenstand der Forschung herzustellen. Grundsätzlich sollen die interaktiven Methoden dabei helfen einen individuellen Lernprozess zu ermöglichen, um sich aktiv an naturwissenschaftlich-technisch ausgelegten gesellschaftlichen Diskussion und Entscheidungsprozessen beteiligen zu können. Abgezielt wird daher auf drei große Gruppen: Lehramtsstudenten und –studentinnen, Schüler und Schülerinnen und die allgemeine Öffentlichkeit. Studenten und Studentinnen des Lehramts erhalten durch die Teilnahme an Kursen des Projektes die Möglichkeiten, innovative Vermittlungsmethoden kennen zu lernen. Bezug wird hierbei auf die Konzepte des forschend-entdeckenden Lernens genommen (Höttecke, 2012).

Die Umsetzung der Projektziele wird an sechs unterschiedlichen interaktiven Medien versucht: Apps, Science Camps, Zeitungen, naturwissenschaftliche Ausstellungen, online Spiele und interaktive Bildschirme. Das Konsortium setzt sich aus drei Universitäten in

Deutschland, Tschechien und der Slowakei, dem Klett MINT Verlag und einem Science Center in Serbien zusammen und jeder Partner entwickelt, evaluiert jeweils drei Medien.

Die Adressaten der Science Camps sind Jugendliche unterschiedlichen Alters. Ziel dieser Camps ist die Verbesserung der naturwissenschaftlichen und technischen Grundbildung sowie des Selbstkonzepts in diesen Bereichen und die Förderung von Einstellungen und Fertigkeiten für eine Teilnahme an der wissensbasierten Wirtschaft (Crombie et al., 2003, Lindner, Kubat, 2014). In diesem Jahr nahmen an mehreren nationalen und internationalen Science Camps von mindestens 3 Tagen über 100 Schülerinnen und Schüler teil.

In naturwissenschaftlichen Ausstellungen werden die Möglichkeiten geboten, im individuellen Tempo Wissen anzueignen und eigenen Fragen zu dargebotenen Themen zu ergründen. Einerseits steht die Faszination der Naturwissenschaften und Technik im Vordergrund, andererseits stehen die Fragen „Wie?“, „Warum?“, „Wozu?“ im Raum. In der Ausstellung im Steel Park in Kosice, Slowakei, wurden drei neue Aktivitäten während des Projektes entwickelt und an 1300 Schülerinnen und Schülern erprobt.

In solchen Ausstellungen sind auch oftmals interaktive Bildschirme zu finden. Das Projekt hat zum Ziel, diese Bildschirme aus den Klassenräumen oder Ausstellungsräumen in die Öffentlichkeit zu bringen. Kuikkaniemi und Kollegen sehen das Potential von interaktiven Bildschirmen in der Öffentlichkeit in folgenden Bereichen: „*it can create a social place, increase an event's visibility, foster a collective awareness that can change behavior, and even serve as an outlet for spontaneous creative performance*“ (Kuikkamniemi et al., 2011). Geplant ist die Ausstellung eines Screens mit naturwissenschaftlich-technisch relevanten Themen an einem öffentlichen Platz oder einer Wartehalle. Erprobt wurden sie bisher nur in Schulräumen und auf Exkursionen.

Weiterhin fanden im ersten Projektjahr mehrere Projekttage zum online Spiel LandYOUs statt, welches vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig entwickelt wurde. In diesem Spiel wird die Problematik der Landnutzung aufgegriffen. Spielerisch müssen die Teilnehmer und Teilnehmerinnen entscheiden, in welche Bereiche der Wirtschaft und Bildung sie ihr Geld investieren, um eine zufriedene Bevölkerung zu haben. Schulze und Kollegen sehen in diesem Spiel eine Innovation, die es ermöglicht die allgemeinen Eigenschaften der komplexen Zusammenhänge zwischen Landnutzung und Wohlbefinden der Bevölkerung aufzudecken (Schulze et al., 2014). Dieses Spiel ist zurzeit in deutscher und englischer Sprache verfügbar, soll allerdings als Bestandteil des Projektes „SciVis“ in eine slawische Sprache übersetzt werden.

Um auch Lehrern und Lehrerinnen Zugang zu den Projektaktivitäten und eine ständige Vermittlung von Resultaten zu ermöglichen, werden regelmäßig Artikel über die Projektarbeit für den „MINT Zirkel“ geschrieben.

Im Fokus der Evaluationen der interaktiven Methoden stehen der jeweilige Inhalt, der dargeboten wird, und die Effektivität in Hinblick auf eine Veränderung des Verständnisses wie Forschungsprozesse funktionieren. Dazu werden verschiedene Evaluationsmethoden angewendet: Fragebögen, informelle Interviews, Concept Maps, Beobachtungen und Videoaufnahmen. Die Fragebögen kommen meist in einem prä-, post- und follow-up Design zum Einsatz. Die Ergebnisse werden international erhoben und im Projekt verglichen. Sie werden in einer späteren Veröffentlichung vorgestellt.

Im zweiten Projektjahr finden weiterhin Erhebungen und Weiterentwicklungen der interaktiven Methoden statt. Ebenso beginnt die Auswertung der bisher gesammelten Daten und deren Publikation. Im Jahr 2016 findet im Herbst eine internationale Abschlusskonferenz in Berlin statt.

Literatur

Crombie, G., Walsh, J. P., Trineer, A. (2003): Positive Effects of Science and Technology Summer Camps on Confidence, Values, and Future Intentions. In: Canadian Journal of Counselling. Vol. 37:4, pp. 256-269.

European Comission (2012a): Responsible Research and Innovation. Europe's ability to respond to societal challenges.

European Comission (2012b): Options for Strengthening Responsible Research and Innovation. Report of the Expert Group on the State of Art in Europe on Responsible Research and Innovation.

Höttecke, D. (2012): Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten – Ein Problemaufriss. In: Tagungsband zur Jahrestagung 2013 der GDCP in Hannover.

Kuikkaniemi, K., Jacucci, G., Turpeinen, M., Hoggan, E., Müller, J. (2011): From Space to Stage: How Interactive Screens Will Change Urban Life. In: Computer. Vol. 44:6, pp. 40-47.

Lindner, M., Kubat, C. (2014). Science Camps in Europe – Collaboration with companies and school, Implications and Results on Scientific Literacy. In: Science Education International, Vol. 25, pp. 79-85.

Schulze, J., Martin, R., Finger, A., Lindner, M., Pietzsch, K., Werntze, A., Seppelt, R. (2014): Design, implementation and test of a serious online game for exploring complex relationships of sustainable land management and human well-being. Environmental Modelling & Software 65 (20115): 58-66.

Julia Behle
Thomas Wilhelm
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Neue Technologien gegen den Rohstoffmangel - ein Experimentierworkshop

Hintergrund und Motivation

Fossile Rohstoffe stehen auf der Erde nicht unbegrenzt zur Verfügung, weshalb Maßnahmen zur Verwendung von erneuerbaren und sparsamen Energie- und Bauträgern gefordert und auch gefördert werden. Aufgrund der medialen Aufmerksamkeit, die den Themen „Klimawandel“ und „Erneuerbare Energien“ zufällt, ist dies heute den meisten Menschen in Deutschland – auch Schülerinnen und Schülern – durchaus bewusst. Letztere kommen in Hessens Haupt- und Realschulklassen lehrplanbedingt allerdings erst dann mit dem gesellschaftlich relevanten Thema „Elektrische Energie“ in Kontakt, wenn sie im Hinblick auf eine Ausbildung schon die Weichen für ihre spätere berufliche Laufbahn gestellt haben sollten – und verpassen so die Chance, frühzeitig Interesse für einen Beruf in der Energiebranche zu entwickeln. Da neuen Untersuchungen (Crossley 2009, Burger 2001) zufolge auch gerade der Kontext der elektrischen Energie an erster Stelle der Schülervorstellungen zum Thema „Energie“ steht, erscheint es außerdem für die Entwicklung eines physikalisch richtigen Basiskonzepts „Energie“ sinnvoll, die elektrische Energie (im Gegensatz zum Fokus auf rein mechanische Energieformen) als Einstiegspunkt zu wählen. Der Workshoptag „Neue Technologien“ im Rahmen des berufsorientierenden Projekts „MINT – die Stars von Morgen“ will die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler experimentell in die physikalischen und technischen Grundlagen der „Erneuerbaren Energien“ einführen. Die Konzeption, der Kontext einer „Insel in Energienot“ und die geplanten Untersuchungen sollen im Folgenden vorgestellt werden.

Das Projekt „MINT – die Stars von Morgen“

Aufgrund des Nachwuchsmangels in den meisten MINT-Ausbildungsberufen in Hessen, wurden mehrere öffentlich geförderte Projekte zur Berufsorientierung für MINT-Berufe gestartet. „MINT – die Stars von Morgen“ richtet sich gezielt an Schülerinnen und Schüler in Haupt- und Realschulklassen, die sich in der Berufsorientierungsphase (Jahrgangsstufe 8 und 9) befinden. Das Projekt, das derzeit an sechs Science Centern durchgeführt wird, soll ihnen dabei experimentell und praxisnah die vielseitigen Aufgabenbereiche von naturwissenschaftlich-technischen Berufen aufzeigen.
Der 2015 neu entwickelte Workshop „Neue Technologien“ umfasst vier Stunden und stellt ein eigenständiges Modul im Gesamtprojekt dar, das auch „stand-alone“ durchgeführt werden kann. Inhaltlich befasst sich der Workshop mit „grüner“ Energietechnik und Leichtbau mit der originären Zielsetzung, bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern auch hier das Interesse für mögliche Berufsfelder in der Energietechnik zu wecken.

Elektrische Energie als zentrales Thema der Energieversorgung

Betrachtet man den der Energietechnik zugrunde liegenden physikalischen Hintergrund, so lässt sich die elektrische Energie im Zentrum des gesamten Themenkomplexes „Regenerative Energie“ einordnen. Dieser Ausgangspunkt eröffnet nun eine Reihe an didaktischen Überlegungen zum Anknüpfen für die Konzeption und Relevanz des Workshops. Neben der zuvor erwähnten Berufsbildung bietet sich das Thema „Energieversorgung“ auch als Einstieg für den Aufbau eines sinnvollen Energiekonzepts an. Im Gegensatz zu den konzeptuell eher durchmischten Schülervorstellungen der 80er Jahre, bei denen das Stichwort „Energie“ neben dem Kontext des elektrischen Stroms häufig auch Assoziationen zu Treibstoffen, technischen Geräten und – vermutlich politisch bedingt – dem Energiesparen hervorrief

(Duit 1986), stehen heute ganz deutlich Begriffe rund um die elektrische Energie im Mittelpunkt (Crossley 2009, Burger 2001). Ausgehend von Wagenscheins Forderung, die Schüler „dort abzuholen, wo sie stehen“, stellt diese Energieform also, im Gegensatz zur traditionellen Einführung der Energie nach der Kraft im Mechanikunterricht, eine ideale Einstiegsmöglichkeit in das Thema dar. Ein weiterer Anknüpfungspunkt, gerade im Hinblick auf die vielseitige Verwendbarkeit des Workshops, findet sich im Aspekt der politischen Bildung. Da die Energieversorgung aktuell eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen darstellt und zukünftige Entwicklungen auch politisch kontrovers diskutiert werden, ist es unter dem Konzept des „mündigen Bürgers“ für eine gesellschaftlich-politische Teilhabe in einer Demokratie notwendig, Entscheidungen für sich selbst treffen zu können und politische Aussagen nicht nur zu verstehen, sondern auch kompetent bewerten zu können.

Ziele und Forschungsfragen

Ausgehend von den obigen Überlegungen ergibt sich für den Workshop „neue Technologien“ eine dreifache Zielsetzung: Neben der originär intendierten Förderung des Interesses an MINT im Allgemeinen und Energietechnik im Speziellen sollen die Schülerinnen und Schüler ebenso an das Basiskonzept „Energie“ herangeführt werden und dazu angeregt werden, naturwissenschaftliche Problemstellungen mit politischer Dimension für ihre eigene Einstellung zu reflektieren. Daraus folgen die Fragen, welche Einstellungen und Assoziationen zur Energie die Teilnehmenden in den Workshop mitbringen, inwiefern der Workshop dazu beitragen kann, ein physikalisch sinnvolles Basiskonzept „Energie“ anzulegen und ob sich auch das politische Interesse an naturwissenschaftlichen Problemen wecken lässt. Darüber hinaus lässt sich auch fragen, inwieweit sich der Workshop mit ähnlicher Zielsetzung für ein anderes Zielpublikum eignet.

Konzeption des Workshops

Da der Schwerpunkt des Workshops auf dem experimentellen Umgang mit den „erneuerbaren Energien“ liegen soll, bieten sich klassische Experimentierstationen für kleinere Schülergruppen an. Für einen breiten Querschnitt durch dieses vielfältige Thema wurden die Einzelstationen „Grundlagen der Energiegewinnung“, „Windenergie“, „Wasserkraft“, „Solartechnik“, „die Brennstoffzelle“, „Energieumwandlung“ und „Leichtbau“ (als Hilfstechnologie) gewählt. Trotz Ausnahme der Biomasse-Verwertung decken diese drei Energiequellen mit 69,3 % den Großteil der aktuell in Deutschland verwendeten regenerativen Energiequellen ab (BMWI, 2014).

Energie im Kontext: Die Insel Amberta

Um eine emotionale Beziehung zu den Themen „Energieversorgung“ und „Rohstoffmangel“ zu fördern (vgl. die auf nahe null gesunkene Assoziation mit dem Stichpunkt „Energie sparen“ bei Crossley), schlüpfen die Schülerinnen und Schüler in die Rolle von Experten, die einer vom Rohstoffmangel bedrohten Inselnation helfen sollen. Amberta, eine fiktive, vom Tourismus abhängige Insel im Pazifik, stellt somit die kontextuelle Rahmenhandlung des Workshops dar. Die Geschichte der Insel zielt somit auf eine empathisch-verantwortungsvolle Auseinandersetzung mit dem Thema Energie ab, ohne dabei den Kontext mit den sehr komplexen ökonomischen, ökologischen und politischen Entscheidungskriterien in Mitteleuropa zu verkomplizieren. Durch die vielfältigen, eng am Kontext der Insel Amberta orientierten Problemstellungen (z.B. Mobilität, Bau eines Windparks, Versorgung einer Großstadt) sollen die Teilnehmer zu individuellen Lösungsstrategien angeregt werden, die sie am Ende des Workshops auch gemeinsam präsentieren und diskutieren.

Didaktische Strukturierung

Da ein Großteil der Teilnehmenden noch nicht im Physikunterricht mit dem Thema „Ener-

gie“ in Berührung gekommen ist, wurden die fachlichen Inhalte des Experimentierworkshops entsprechend didaktisch rekonstruiert. Um ihren heterogenen Wissensständen und Interessen gerecht zu werden, wurden die Grundlagenexperimente und die Erläuterung ihres physikalisch-technischen Hintergrunds im „Expertenleitfaden“ sprachlich und fachlich auf einsteigerfreundlichem Niveau gestaltet. Die zentrale Zielsetzung liegt im qualitativ-vergleichenden Verständnis der „Generierung“ und Speicherung von elektrischer Energie durch Energieumwandlung, der Erhaltung von Energie und der Energieentwertung. Da bei der Entwicklung eines Energiekonzepts das Verstehen von Energieformen und Energieumwandlungen den Lernenden deutlich einfacher fällt, als das Verstehen von Energieentwertung oder Energieerhaltung (u.a. Neumann, Viering und Fischer 2010), wurde zudem der Schwerpunkt auf die Umwandlung verschiedener Energieformen in elektrische Energie und deren Nutzbarkeit für weitere Energieumwandlungen gelegt. Neben Möglichkeiten zur experimentellen Vertiefung wurden für interessierte Teilnehmende zudem weitere Informationsmaterialien zu historischen Entwicklungen, fachlichen Hintergründen, sowie kritischer Auseinandersetzung mit dem Thema „Energieversorgung“ entwickelt.

Erfahrungen und Ausblick

Die ersten Durchläufe des Workshops haben gezeigt, dass die Schülerinnen und Schüler sich stark mit ihrer Rolle als „Energieexperten“ identifizieren und bereits zu Beginn, aufbauend auf ihren Schülervorstellungen, mögliche Lösungsansätze in der Gruppe diskutieren. Bei Beobachtungen zeigt sich auch, dass sie beim Experimentieren oft die Möglichkeit zum kreativen, explorativen Arbeiten schätzen und intensiv nutzen. Das Niveau der Aufgabenschwierigkeit wird von den meisten Teilnehmern als angemessen beurteilt.

Erste Befragungen zu spontanen Assoziationen mit dem Begriff „Energie“ zeigen eine starke Gewichtung bei Begriffen, die dem Überbegriff „Elektrizität“ zuzuordnen sind, was, losgelöst von schulischem Kontext, auf eine Bestätigung von Crossleys Ergebnissen hinweisen könnte. Diese Gewichtung zeigt sich auch bei jenen Schülerinnen und Schülern, die schon einmal mit dem Begriff „Energie“ im Mechanikunterricht konfrontiert waren.

Da der Workshop als „stand-alone“ Veranstaltung konzipiert ist, sind in Zukunft weitere Durchführungen und Untersuchungen außerhalb des Hauptprojekts geplant. Neben Angeboten für das Goethe-Schülerlabor Physik der Universität Frankfurt sind auch Veranstaltungen für erwachsene Teilnehmer im Science-Center EXPERIMINTA angedacht.

Die derzeit laufende Pilotstudie besteht aus einer Replikation der Untersuchungen von Duit und Crossley (zur Analyse im außerschulischen Kontext), allgemeinen Assoziationen zu dem Begriff „Energie“ und einer Erhebung des Interesses und der persönlichen (gesellschaftlichen, handlungsbezogenen) Einstellungen zum Thema „elektrische Energie“. Weiterhin geplant sind Untersuchungen zum vorhandenen Energiekonzept und zu den persönlichen Einstellungen zum Thema „Energie“ vor und nach der Workshopteilnahme.

Literatur

BMWI [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2014). Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2014. BMWI: Berlin. Internetadresse: http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/entwicklung_der_erneuerbaren_energien_in_deutschland_im_jahr_2014.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (23.09.2015)

Burger, J. (2001). Schülervorstellungen zu „Energie im biologischen Kontext“ – Ermittlungen, Analysen und Schlussfolgerungen. Dissertation Universität Bielefeld.

Crossley, A., Hirn, N. & Starauschek, E. (2009). Schülervorstellungen zur Energie – Eine Replikationsstudie. In Nordmeier, V., Grötzebauch, H. (Hrsg.), Didaktik der Physik - Bochum 2009, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin

Duit, R. (1986). Energievorstellungen. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie, 34 (13), 7-9

Neumann, K., Viering, T. & Fischer, H.E. (2010). Die Entwicklung physikalischer Kompetenz am Beispiel des Energiekonzepts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.

Thomas Elert Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski

Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Vorwissen, Zielorientierung und Praktikumserfolg

Ausgangslage und Zielsetzung

Schon seit einigen Jahren wird kritisiert, dass das Kosten-Nutzen-Verhältnis von Laborpraktika im tertiären Bildungssektor vergleichsweise unausgewogen ist. So werden Praktika zwar als ein wesentlicher Bestandteil eines naturwissenschaftlichen Studiums betrachtet (Hofstein & Lunetta, 2004; Reid & Shah, 2007), ihre Organisation und Durchführung jedoch ist viel zeit- und kostenintensiver als die von beispielsweise Vorlesungen; und das bei bestenfalls gleich großem Lernerfolg (Hawkes, 2004; van den Berg, 2013). Daraus ergibt sich die Notwendigkeit den Stellenwert von Laborpraktika in der Praxis kritisch zu überprüfen. Es stellt sich insbesondere die Frage, welche individuellen sowie strukturellen Faktoren dazu beitragen, dass man erfolgreich im Laborpraktikum ist. Das vorliegende Dissertationsprojekt verfolgt in diesem Zusammenhang zwei Ziele. Es soll einerseits das Vorwissen als Einflussfaktor für Praktikumserfolg im Fach Chemie untersuchen. Darüber hinaus soll es einen Beitrag zur Aufklärung der Zielvorstellungen von Chemie-Laborpraktika aus Sicht der Lehrenden und Studierenden leisten und überprüfen, welchen Einfluss die Passung zwischen diesen Vorstellungen auf den Praktikumserfolg ausübt. Die Untersuchungen sollen beispielhaft an einem Chemie-Praktikum in der Studieneingangsphase an der Universität Duisburg-Essen durchgeführt werden.

Theoretischer Hintergrund

Aus der bisherigen Forschung ist bekannt, dass Studierende viel Zeit in die Durchführung von Laborpraktika investieren, um dort erfolgreich zu sein. So stellten Meester und Maskill (1995) in einer Befragung von 21 Universitäten fest, dass der Arbeitsaufwand für ein Laborpraktikum im Durchschnitt 160 Stunden reine Präsenszeit im gesamten Semester beträgt. Hinzu kommen eine Vorbereitungszeit von bis zu zwei Stunden und eine Nachbereitungszeit von bis zu fünf Stunden pro Praktikumssitzung. Es zeigt sich allerdings, dass die Studierenden oft unvorbereitet im Labor erscheinen und sich erst während der praktischen Phase die durchzuführenden Versuche durchlesen. Entsprechend ist ihre Arbeitsweise in Labor wenig strukturiert und ihre Versuchsprotokolle weisen eine geringe Qualität auf (Rollnick, Zwane, Staskun, Lotz & Green, 2001). Wenn zudem die kognitiven Kapazitäten bereits wegen der unvertrauten Lernumgebung und der geringen Erfahrung im Umgang mit dem Laborinventar erschöpft sind, kann nur noch wenig Aufmerksamkeit auf die theoretischen Grundlagen verwendet werden (Bennet & O'Neale, 1998). Insbesondere leistungsschwachen Studierenden sollte daher genug Zeit zur Verfügung stehen, um die Lücken im Vorwissen hinreichend aufarbeiten zu können. Ist dies nicht der Fall, kann eine mögliche Folge ein geringerer Praktikumserfolg sein.

Weiterhin findet man in der Literatur Hinweise darauf, dass Laborpraktika Studierende dazu befähigen sollen ihr theoretisches Wissen mit praktischen Handlungen zu verknüpfen, um so zu einem tieferen Verständnis der fachlichen Inhalte sowie der Arbeitsweise im Labor zu gelangen (z. B. Abrahams & Millar, 2008; van den Berg, 2013). Studierende erreichen dieses vermeintliche Hauptlernziel jedoch häufig nicht. Es gibt Evidenzen, dass der Grund hierfür in einer verbesserungswürdigen Vermittlung (Reid & Shah, 2007) und damit in der unterschiedlichen Wahrnehmung von Lernzielen (Wilkinson & Ward, 1997) liegen kann. So kann es sein, dass die Lehrenden andere Lernziele intendieren, als die Lernenden

wahrnehmen, was zur Folge hat, dass sie die Sinnhaftigkeit dessen, was sie tun, nicht nachvollziehen können (Reid & Shah, 2007). Dies wiederum kann schlechte Voraussetzungen für den Erfolg im Praktikum schaffen.

Das Modell über die Effektivität laborpraktischer Tätigkeiten von Abrahams & Millar (2008) veranschaulicht einen ähnlichen Zusammenhang. Das Modell beschreibt, wie die intendierten Lernziele der Lehrenden über die Konstruktion von Handlungsaufforderungen und Aufgaben auf die tatsächlichen Handlungen der Lernenden im Labor wirken können, was wiederum einen Effekt auf ihren Lernzuwachs hat. Bussey, Orgill und Crippen (2013) postulieren in einem weiteren Modell, dass das Vorwissen der Studierenden die Identifikation von Lernzielen maßgeblich beeinflussen kann. So können spezifische Lernziele in Abhängigkeit von der Breite und Tiefe ihres Vorwissens unterschiedlich stark fokussiert werden, wonach sich dann ihr Verhalten und Handeln im Labor ausrichtet. Beide Modelle können in einem zusammengefassten Modell dargestellt werden, in welchem das Wechselspiel zwischen Vorwissen, Zielvorstellungen der Lehrenden und Lernenden und dem Handeln der Akteure im Labor deutlich wird (vgl. Abb. 1).

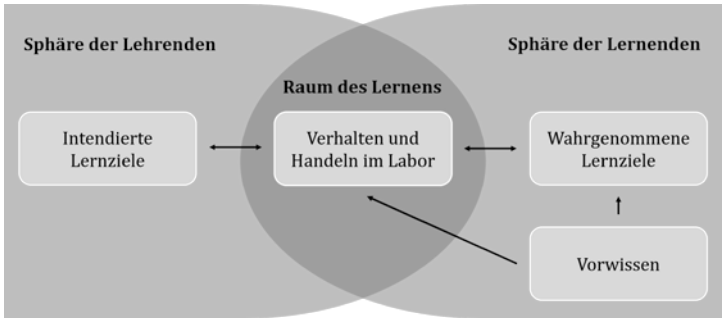


Abb. 1: Zusammengefasstes Modell über die Effektivität laborpraktischer Tätigkeiten (in Anlehnung an Abrahams & Millar, 2008; Bussey, Orgill & Crippen, 2013).

Forschungsfragen und Hypothesen

Aus diesem theoretischen Rahmen lassen sich folgende Forschungsfragen und Hypothesen ableiten: Erstens soll untersucht werden, ob die curriculare Position eines Chemie-Laborpraktikums einen Einfluss auf den Praktikumserfolg von Erstsemester-Studierenden hat (F_1). Dabei wird vermutet, dass Studierende mit geringem Vorwissen zeitlich mehr beansprucht sind, wenn sie das Praktikum semesterbegleitend und nicht als Block-Praktikum belegen und sind damit gefährdeter für Misserfolg im Praktikum ($H_{1.1}$). Für Studierende mit hohem Vorwissen dagegen sollte die curriculare Position keine Rolle spielen ($H_{1.2}$), da sie während der Veranstaltung keine oder nur geringe Defizite im Fachwissen aufarbeiten müssen. Zweitens soll überprüft werden, wie die Passung zwischen intendierten Lernzielen der Lehrenden und den empfundenen Lernzielen der Studierenden und der Praktikumserfolg zusammenhängen (F_2). Es wird davon ausgegangen, dass es eine Diskrepanz innerhalb der Zielvorstellungen der Akteure gibt ($H_{2.1}$) und dass der Praktikumserfolg umso höher ist, je geringer diese Diskrepanz ausfällt.

Studiendesign und Forschungsmethoden der Pilotstudie

Im Rahmen der im Wintersemester 2015/16 stattfindenden Pilotstudie wird das Laborpraktikum „Allgemeine Chemie“ an der Universität Duisburg-Essen untersucht, welches alle Lehramts-Studierende mit Fach Chemie (erwartete Stichprobe: $N \approx 80$) im ersten Semester verpflichtend belegen. Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage werden die semesterbegleitenden Praktikumsgruppen ($n \approx 40$) mit den Gruppen im Block-

Praktikum (n ≈ 40) verglichen. Für die Erhebung des Vorwissens werden ein Fachwissenstest und ein Test zur laborpraktischen Kompetenz im paper-pencil-Format sowie ein praktischer Lab-Skills Test (in Anlehnung an Freyer, 2013 und Platova, in Bearbeitung) zum Einsatz kommen, um die beiden Facetten des Praktikums, Theorie- und Praxiswissen zu differenzieren. Das Ausmaß der zeitlichen Beanspruchung soll über Items im multiple-choice single-select Format sowie über offene Fragen online erfolgen. Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden Rating-Skalen entwickelt, welche die Lehrenden des Laborpraktikums und die Studierenden während des Praktikums ebenfalls online bearbeiten. Die Rating-Skalen umfassen einen an das Praktikum und seine Versuche angepassten Katalog an Lernzielen, deren Relevanz subjektiv eingeschätzt werden soll. Zusätzlich werden als Kontrollvariable die kognitiven Fähigkeiten erhoben. Die Pilotstudie dient primär der Erprobung der Test-Administration, soll die Ökonomie der Test-Instrumente prüfen und eine Grundlage für erste Befunde darstellen.

Datenauswertung und Ausblick für die Hauptstudie

Die Daten zum Vorwissen werden über ein Rasch-Verfahren ausgewertet. Dabei werden der paper-pencil Test zur laborpraktischen Kompetenz und der praktische Test zu einem gemeinsamen Test zusammengefasst. Aus den Daten zu den Zielvorstellungen des Praktikums soll über klassische Verfahren ein Maß entwickelt werden, welches die Passung der subjektiven Einschätzungen möglichst genau abbildet. Dieses Maß soll anschließend mit Praktikumserfolg korreliert werden. Im Anschluss an die erste Dateneinsicht werden die Testinstrumente für den Einsatz in der Hauptstudie optimiert. Hierbei helfen Informationen, welche aus kognitiven Interviews gewonnen werden.

Literatur

Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. International Journal of Science Education, 30(14), 1945–1969.

Bennett, S. W. & O'Neale, K. (1998). Skills development and practical work in chemistry. University Chemistry Education, 2(2), 58–62.

Bussey T. J., Orgill M. K. & Crippen, K. J. (2013). Variation theory: A theory of learning and a useful theoretical framework for chemical education research. Chemistry Education Research and Practice. 14(1), 9–22.

Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 156. Berlin: Logos Berlin.

Hawkes, S. J. (2004). Chemistry Is Not a Laboratory Science. Journal of Chemical Education, 81(9), 1257.

Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. Science Education, 88(1), 28–54.

Meester, M. A. M. & Maskill, R. (1995). First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: organizational and teaching aspects. International Journal of Science Education, 17(6), 705–719.

Millar, R., Tiberghien, A. & Le Maréchal, J.-F. (2002). Varieties of Labwork: A Way of Profiling Labwork Tasks. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.), Teaching and learning in the science laboratory (pp. 9–20). Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers.

Platova, E. (in Bearbeitung). Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung. Unveröffentlichte Dissertation.

Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 8(2), 172-185.

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.

van den Berg, E. (2013). The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. Scientia in educatione, 4(2), 74–92.

Wilkinson, J. W. & Ward, M. (1997). The purpose and perceived effectiveness laboratory work in secondary schools. Australian Science Teachers' Journal, 43(2), 49-55.

Elina Platova Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski

Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung

Zielsetzung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wird ein Anfängerpraktikum in Allgemeiner Chemie optimiert, um die Studierenden zu einer Reflexion über die durchzuführenden Experimente anzuregen. Dabei wird im Hinblick auf die Lernziele des Praktikums der Grad an kognitiver Aktivierung gesteigert, damit der Lernerfolg in Bezug auf das Fachwissen, Methodenwissen und Interesse erhöht wird.

Theoretischer Hintergrund

Laborpraktika gehören zu den wichtigsten Lehrmethoden in der naturwissenschaftlichen Bildung (Reid & Shah, 2005). Beim Experimentieren haben Lernende die Möglichkeit ihr theoretisch erworbenes Wissen praktisch nachzuvollziehen und somit zu vertiefen, experimentelle Fertigkeiten zu erwerben sowie die Planung und Durchführung von Experimenten zu erlernen.

Eine Analyse von Praktikumsskripten zeigte, dass der Großteil von Experimentieranleitungen eher "kochbuchartig" angelegt ist und demzufolge niedrige kognitive Prozesse anspricht (Domin, 1999). Daraus ergibt sich ein wesentlicher Kritikpunkt an vielen Anfängerpraktika, da die Studierenden beim kochbuchartigen Abarbeiten von Experimentiervorschriften lediglich auf einen Effekt hinarbeiten und keine gedankliche Eigenleistung für die erfolgreiche Bewältigung des Experiments erbringen (Eilks & Byers, 2010).

Im Rahmen der Schulforschung wurden die Forschungsergebnisse zu experimentellen Arbeitsweisen zunehmend rezipiert und antizipiert, wohingegen die universitäre Ausbildung weitere Maßnahmen zur Unterstützung von Studierenden benötigt (Eilks & Byers, 2010).

Die Implementierung der kognitiven Aktivierung im Praktikumsskript im Rahmen dieses Promotionsvorhabens soll die Studierenden zu einer aktiven Auseinandersetzung mit den Lerninhalten des Praktikums anregen.

Kognitiv aktivierende Lerngelegenheiten fördern den Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses, welches durch die Vernetzung von Wissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten charakterisiert ist. So aufgebaute Konzepte stellen wesentliche Werkzeuge für Problemlöseprozesse und zur Anwendung des erworbenen Wissens in neuen Situationen dar (Kunter et al., 2005). Ferner soll kognitive Aktivierung, neben dem direkten Effekt auf den Lernzuwachs, die Motivation und das Interesse der Lernenden an den Lerninhalten und Lehrveranstaltungen fördern (Clausen, 2002).

Fragestellungen

Aus den oben beschriebenen Problemen im Umfeld der Laborpraktika ergeben sich folgende Forschungsfragen:

Forschungsfrage 1: Kann der Erfolg des Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung erhöht werden?

Forschungsfrage 2: Werden die manuellen Fertigkeiten durch ein kognitiv aktivierendes Praktikum genauso gut erlernt wie im „klassischen“ Praktikum?

Methode

Die Studie ist in einem Kontrollgruppen-Design aufgebaut. Auf Grundlage der Lernziele des Praktikums und den Forschungsergebnissen zur wirksamen Gestaltung von Laborpraktika wurde ein überarbeitetes Praktikumsskript erstellt. Die Umsetzung der kognitiven

Aktivierung im Praktikumsskript erfolgte in Form von farblich abgesetzten Textfeldern am Seitenrand. Diese Textfelder enthalten Denkanstöße und Hinweise, welche die Studierenden dazu anregen sollen, die Experimente verstärkt zu hinterfragen, um deren allgemeine chemische Prinzipien sowie fachliche Hintergründe zu verstehen. Während die Studierenden in der Kontrollgruppe das traditionelle Praktikum bearbeiten, absolvieren die Studierenden der Interventionsgruppe stattdessen das überarbeitete Praktikum. Zur Überprüfung der Lernwirksamkeit des optimierten Praktikums wurden Testinstrumente zum Fachwissen und zu laborpraktischen Fähigkeiten sowie Fragebögen zum Fachinteresse und Einstellung gegenüber Chemielernen im Pre-Post-Design zu Beginn und zum Ende des Praktikums eingesetzt. Die Hauptstudie erfolgte im WS 2013/14 an der Universität Duisburg-Essen. Da sich im WS 2013/14 sehr wenige Studierende eingeschrieben hatten, wurden die Daten ergänzend im WS 2014/15 erhoben.

Ausgewählte Ergebnisse

Zu Beginn wurde überprüft, ob die Studierenden der beiden Gruppen im Laufe des Semesters einen Lernzuwachs erzielt haben. Hierzu wurde ein Mittelwertvergleich mittels t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt. Dieser zeigte einen hoch signifikanten Lernzuwachs ($t(90) = 8.91$; $p < .001$). Die ermittelte Effektstärke liegt im hohen Bereich ($\eta^2 = .47$). Des Weiteren wurde kontrolliert, ob die Studierenden einen Lernzuwachs in laborpraktischen Fähigkeiten verzeichnen konnten. Die Ergebnisse des t-Tests ergeben einen signifikanten Lernzuwachs zwischen Pre- und Posttest ($t(90) = 20.43$, $p < .001$). Die ermittelte Effektstärke liegt im hohen Bereich ($\eta^2 = .82$). Anschließend wurde überprüft, ob sich zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe signifikante Unterschiede im Lernzuwachs ergeben.

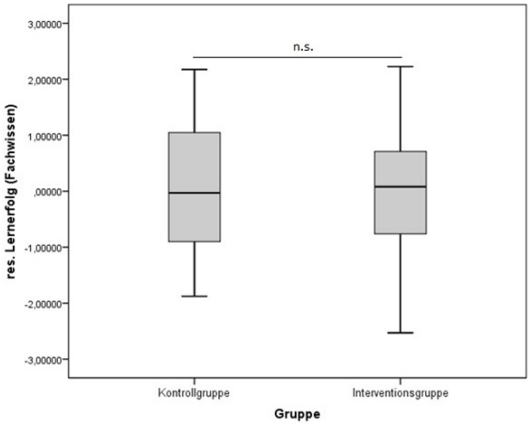


Abbildung 1: Kontroll- und Interventionsgruppe (Fachwissen)

In Abb. 1 sind die Ergebnisse des Vergleichs der Kontroll- und Interventionsgruppe bezüglich des residualen Lernzuwachses im Fachwissen dargestellt. Es lässt sich feststellen, dass sich die Kontroll- und die Interventionsgruppe im Fachwissen nicht signifikant voneinander unterscheiden ($t(90) = 0.06$, $p = .953$). Durch den t-Test für unabhängige Stichproben wurde geprüft, ob sich die Gruppen im residualen Lernzuwachs in Lab Skills unterscheiden. Auch die Ergebnisse des t-Tests ergeben einen nicht signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($t(89)= -1.06$; $p = .271$).

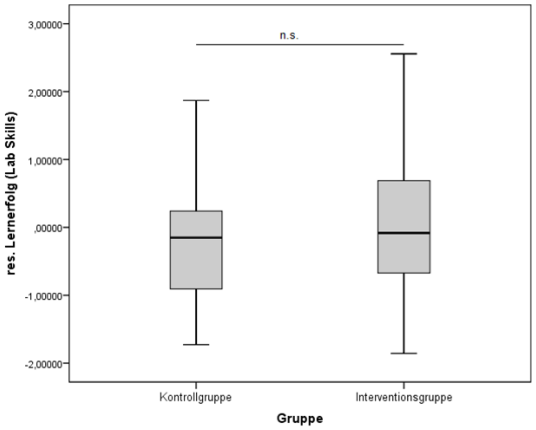


Abbildung 2: Vergleich Kontroll- und Interventionsgruppe (Lab Skills)

	Kontrollgruppe		**Interventionsgruppe**		**t-Test**
	M	SD	M	SD	
Fachinteresse (Pre)	0.55	0.19	0.69	0.74	$t(89) = -0.74; p = .51$
Fachinteresse (Post)	1.02	1.05	0.94	0.81	$t(89) = 0.41; p = .71$

Tabelle 1: Unterschiede der Gruppen hinsichtlich des Fachinteresses

Im Hinblick auf das Fachinteresse konnte weder im Pre- noch im Posttest ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontroll- und Interventionsgruppe festgestellt werden (vgl. Tabelle 1).

Diskussion

Beim Vergleich der Gruppen in Bezug auf das Fachwissen lässt sich feststellen, dass der Effekt der Interventionsmaßnahme auf den Lernerfolg gering oder nicht vorhanden ist. Eine Interpretation dieses Befundes könnte darin bestehen, dass die Interventionsmaßnahme bei den Studierenden nicht ausreichend Beachtung findet und aus diesem Grund verstärkt werden müsste. In weiteren Schritten wird anhand von Aufzeichnungen der Studierenden im Laborjournal untersucht in welchem Ausmaß sie kognitive Aktivierung wahrnehmen, und ob diese einen Einfluss auf die Praktikumsnote und eine erfolgreiche Durchführung von Experimenten hat. Weiterhin wird der Effekt des Treatments in Extremgruppen bezogen auf das Vorwissen und der Abiturnote untersucht.

Literatur

Reid N., Shah, I. (2005). The role of laboratory work in university chemistry, Chemistry Education Research and Practice, 8 (2), 172-185.

Domin S. D. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles, Journal of Chemical Education, 4, 543-547.

Venkatachelam C., Rudolph R. W. (1974). Cookbook versus creative chemistry: A new approach to research-oriented general chemistry laboratory, Journal of Chemical Education, 52 (7).

Eilks I., Byers B. (2010). The need for innovative methods of teaching and learning chemistry in higher education – reflections from a project of the European Chemistry Thematic Network, Chemistry Education Research and Practice,11, 233–240.

Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Klusmann, U., Krauss, S., Blum, W., Jordan, A., Neubrand, M. (2005). Der Mathematikunterricht der PISA-Schülerinnen und Schüler. Schulformunterschiede in der Unterrichtsqualität. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 8(4), 502-520.

Clausen, M. (2002) Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Empirische Analysen zur Übereinstimmung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität. Münster: Waxmann.

Markus Emden
Armin Baur

Pädagogische Hochschule
Schwäbisch Gmünd

Lehrerbildung: Schulwerkstatt ‚Erkenntnisorientiertes Experimentieren'

Ein differenzierter Blick auf die Ergebnisse der Evaluation der nationalen Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern zeigt (Pant, Stanat, Schroeders, Roppelt, Siegle & Pöhlmann, 2013a, 2013b), dass die Kompetenzstände im Bereich Erkenntnisgewinnung nicht befriedigen können. Zwar erscheint das Ziel erreicht, dass mindestens 50% der Schülerinnen und Schüler den Regelstandard erfüllen, doch sollte einschränkend Folgendes bedacht werden: Einerseits sind die in den Regelstandards formulierten Fähigkeiten als durchaus grundlegend zu verstehen (vgl. u. a. Walpuski, Sumfleth & Pant, 2013, S. 87ff), andererseits liegt der Anteil der Gymnasialschülerinnen und -schüler bei knapp einem Drittel der Mischstichprobe (Siegle, Schroeders & Roppelt, 2013, S. 110) und führt somit zu einer gewissen Verzerrung der Pauschalaussage, dass der Regelstandard in der Mehrheit erreicht sei. Gerade an den nicht-gymnasialen Schulformen der Sekundarstufe I ist der Anteil an Lernenden, die selbst den Regelstandard nicht erreichen, deutlich erhöht, sodass dort auch akut Handlungsbedarf zur Steigerung der Unterrichtsqualität im Bereich der Erkenntnisgewinnung besteht.

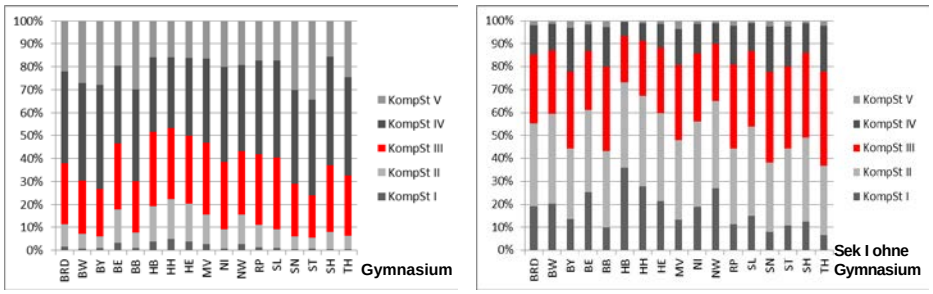


Abb1. Prozentuale Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf Kompetenzstufen (Erkenntnisgewinnung – Chemie; eigene Darstellung nach Daten aus Pant et al., 2013a); (BRD: Bundesrepublik Deutschland, BW: Baden-Württemberg, BY: Bayern; BE: Berlin, BB, Brandenburg; HB, Bremen, HH, Hamburg, HE: Hessen, MV: Mecklenburg-Vorpommern, NI: Niedersachsen, NW: Nordrhein-Westfalen, RP: Rheinland-Pfalz, SL: Saarland, SN: Sachsen, ST: Sachsen-Anhalt, SH: Schleswig-Holstein, TH: Thüringen)

Entsprechende Bemühungen können dabei nicht mehr allein auf die Lehrerinnen- und Lehrerbildung der ersten und zweiten Phase konzentriert bleiben, da der Generationenwechsel an den allgemeinbildenden Schulen weitgehend abgeschlossen ist (Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2013). Es bedarf daher einer Kultur der Lehrerinnen- und Lehrerbildung für die dritte Phase, die es ermöglicht Unterrichtsqualität und Unterrichtsanteile zum erkenntnisorientierten Experimentieren gezielt zu steigern. Dazu ist es notwendig gleichermaßen Professionswissen, Wertüberzeugungen und konkretes Unterrichtshandeln anzusprechen. Zwar liegen in Deutschland vielfältige Erfahrungen mit unterschiedlichen Formaten der Lehrerinnen- und Lehrerbildung vor, doch bestehen seitens derer empirischer Legitimität Vorbehalte (vgl. Hasselhorn, Köller, Maaz & Zimmer, 2014). Erkenntnisse aus der anglo-amerikanischen Forschung zu Fortbildung in Science Education könnten auch im deutschen Diskurs fruchtbar gemacht werden und so empirische Evidenz generiert werden für (oder gegen) einzelne Fortbildungsformate.

Forschungslage zu Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Aus aktuellen Reviewartikeln (z. B. Capps, Crawford & Constas, 2012) zu *professional development* im Bereich *science education* lässt sich ableiten, dass die Effektivität von Lehrerinnen- und Lehrerbildungsprogrammen positiv beeinflusst werden kann, indem bei der Planung und Durchführung auf folgende Aspekte besonders geachtet wird:

- Programme sollten längerfristig angelegt sein und so Kontaktzeiten erhöhen,
- es sollte die Erweiterung von Fachwissen bei Lehrerinnen und Lehrern fokussiert sein,
- Themen sollten kohärent zu aktuellen Vorgaben und Herausforderungen sein,
- Teilnehmerinnen und Teilnehmer sollten sich aktiv in die Erarbeitung einbringen können,
- Lernen sollte in Gruppen und nicht individualisiert erfolgen.

Diese Aspekte, die sich analog im deutschsprachigen Diskurs finden lassen (z. B. Lipowsky, 2004), legen die Organisation von Lehrerinnen- und Lehrerbildung in Form professioneller Lerngemeinschaften nahe, wie sie auch Baumert & Kunter (2006) als förderliches Format der Unterrichtsentwicklung annehmen. Zielbereiche effektiver Lehrerinnen- und Lehrerbildung können gleichermaßen aus den Erkenntnissen der anglo-amerikanischen Forschung (z. B. Capps et al., 2012; Driel & Berry, 2012) und aus deutschen Arbeiten zur professionellen Kompetenz (z. B. Baumert & Kunter, 2011) abgeleitet werden.

Zielbereiche effektiver Fortbildung (Capps et al., 2012)	**Elemente professioneller Kompetenz** (Baumert & Kunter, 2011)
Förderung des Wissens der Lehrkräfte (*Kognition Lehrkräfte*)	Fach- und Fachdidaktisches Wissen
Bezug zu Einstellungen und Wertesystem (*beliefs*)	Überzeugungen, Werthaltungen und Ziele sowie motivationale Orientierung
Bezug zum Unterrichtshandeln (*practice*)	Pädagogisches und Fachdidaktisches Wissen
Steigerung des Lernerfolgs der Lernenden	*Nicht aufgeführt*
Nicht aufgeführt	Selbstregulation

Tab.1 Gegenüberstellung der Anforderungen an gelingende Lehrerinnen- und Lehrerbildung und Elemente der professionellen Kompetenz von Lehrerinnen und Lehrern

Obwohl sich in all diesen Arbeiten eine lange Forschungstradition zu Lehrerinnen- und Lehrerbildung manifestiert, sind – in Deutschland – systematische und empirische Vergleichsstudien zur Fortbildung von Lehrkräften noch immer Forschungsdesiderat (Hasselhorn et al., 2014). Für Fortbildung von Chemielehrkräften konnte zumindest gezeigt werden, dass längerfristig angelegte Fortbildungsprogramme dann besonders erfolgreich sind, wenn Teilnehmerinnen und Teilnehmer zur Kokonstruktion angeregt werden (Gräsel, Pröbstel, Freienberg & Parchmann, 2006).

Lehrerbildung in der Schulwerkstatt

Die Hinweise aus der Literatur legen nahe, dass Lehrerinnen- und Lehrerbildung dann erfolgreich ist, wenn (a) innerhalb einer professionellen Lerngemeinschaft (b) ein inhaltlicher Schwerpunkt, der (c) Gegenstand des aktuellen didaktischen Diskurses ist, (d) kokonstruktiv bearbeitet wird. Ein Setting, in dem dies gewährleistet werden kann, ist die Schulwerkstatt, in der der Großteil eines naturwissenschaftlichen Fachkollegiums einer Schule im Verlauf von drei Schulhalbjahren gemeinsam Unterricht (weiter-)entwickelt. Die fachdidaktische Begleitung wird dabei graduell zurückgenommen, sodass im ersten Trimester noch Inputphasen aus der fachdidaktischen Forschung dominieren und die gemeinsame Erarbeitung von Unterrichtsprojekten stärker moderiert wird. Durch begleitende

Gruppenhospitationen und -reflexionen von Unterricht wird die Verantwortung für den Entwicklungsprozess sukzessiv vollständig in das Fachkollegium übertragen, wobei die Reflexion der Unterrichtsprojekte im zweiten Trimester das Kernstück des Programms bildet. Das letzte Trimester dient der Konsolidierung des Erlernten, indem selbständig von den Lehrkräften neue Unterrichtsprojekte in Angriff genommen werden, die durch Entwicklungsimpulse und gemeinsame Reflexionen nur noch online begleitet werden.

Entwurf einer Evaluationsstudie

Die Effektivität der Arbeit in der Schulwerkstatt soll in einem Vergleichsgruppendesign untersucht werden. Dabei durchläuft die Vergleichsgruppe eine thematisch analoge Fortbildung zum erkenntnisorientierten Experimentieren in Form einer professionellen Lerngemeinschaft, die jedoch um die kokonstruktiven Elemente der Schulwerkstatt gekürzt wird. Als abhängige Variablen werden, wie von Capps et al. (2012) gefordert, erstmals Indikatoren für *alle* relevanten Zielbereiche erhoben: Kognition und belief-System der Lehrkräfte, Unterrichtshandeln und Kognition der Lernenden. Daten werden pre, while und post erhoben, sowohl mit Papier-Bleistift-basierten Verfahren, wie auch mit Mitteln der Videografie und Interviewanteilen. Es wird angenommen, dass sich bezüglich aller abhängigen Variablen in beiden Programmen positive Effekte zeigen, wobei das Format der Schulwerkstatt dem Format in der Vergleichsgruppe überlegen ist. Die Studie wird an Realschulen durchgeführt.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469-502.

Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell in 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.

Capps, D. K., Crawford, B. A., & Constas, M. A. (2012). A Review of Empirical Literature on Inquiry Professional Development: Alignment with Best Practices and Critique of the Findings. Journal of Science Teacher Education, 23 (3), 291-318.

Driel, J. H. van & Berry, A. (2012). Teacher Professional Development Focusing on Pedagogical Content Knowledge. Educational Researcher, 41 (1), 26-28.

Gräsel, C., Pröbstel, C., Freienberg, J., & Parchmann, I. (2006). Anregung zur Kooperation von Lehrkräften im Rahmen von Fortbildungen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), Untersuchung zur Bildungsqualität von Schule (S. 310–329). Münster: Waxmann.

Hasselhorn, M., Köller, O., Maaz, K., & Zimmer, K. (2014). Implementation wirksamer Handlungskonzepte im Bildungsbereich als Forschungsaufgabe. Psychologische Rundschau, 65 (3), 140-149.

Lipowsky, F. (2004). Was macht Fortbildung für Lehrkräfte eigentlich erfolgreich? Befunde der Forschung und mögliche Konsequenzen für die Praxis. Die Deutsche Schule, 96 (4), 462-479.

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T. & Pöhlmann, C. (Hrsg.). (2013a). IQB-Ländervergleich 2012: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Münster: Waxmann (Zusatzmaterialien). Verfügbar unter: http://www.iqb.hu-berlin.de/laendervergleich/laendervergleich/lv2012/Zusatzmaterialie.pdf.

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T. & Pöhlmann, C. (Hrsg.). (2013b). IQB-Ländervergleich 2012: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Münster: Waxmann.

Siegle, T., Schroeders, U., & Roppelt, A. (2013). Anlage und Durchführung des Ländervergleichs. In H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I (S. 101–121). Münster: Waxmann.

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2013). Lehrereinstellungsbedarf und -angebot in der Bundesrepublik Deutschland: Modellrechnung 2012-2025. Verfügbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok_201_LEB_LEA_2013.pdf.

Walpuski, M., Sumfleth, E., & Pant, H. A. (2013). Kompetenzstufenmodelle für das Fach Chemie. In H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I (S. 83–91). Münster: Waxmann.

Florian Treisch
Susan Fried
Markus Elsholz
Thomas Trefzger

Universität Würzburg

Untersuchung der professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor Seminar

Das Lehr-Lern-Labor Seminar

Das Lehr-Lern-Labor Seminar wurde im Jahr 2009 verpflichtend in die Lehramtsausbildung der Physiklehrer(innen) an der Universität Würzburg integriert. In diesem Seminar können die Studierenden ihr fachliches, didaktisches und pädagogisches Wissen nutzen, um Experimentierstationen zu einer vorgegebenen Unterrichtseinheit (z.B. Optik, Elektrizitätslehre, Energie) zu erstellen und anschließend in realistischen Microteaching-Einheiten zu erproben. In der Vorbereitungsphase (ca. 10 Wochen) erstellen bzw. verändern die Studierenden (ca. 20 Studierende) in Zweiergruppen ihre Experimentierstation und konzipieren digitale Experimentieranleitungen auf iPads. In der anschließenden Praxisphase (ca. 5 Wochen) besucht pro Woche eine Schulklasse für ca. 3-5 Stunden das Seminar und durchläuft in kleinen Gruppen (3-5 Schüler(innen)) den Lernzirkel. Die Studierenden unterrichten dabei stets ihre eigene Station im Wechsel – d.h. ein Studierender unterrichtet und der zweite beobachtet das Vorgehen und notiert sich bestimmte Auffälligkeiten mit Hilfe einer Beobachtungskarte. Nach jedem Besuch reflektieren die Studierenden mit ihren Kommilitonen und mit den Dozenten ihr Vorgehen. Gegebenenfalls werden bis zur nächsten Durchführung die Stationen bzw. die Anleitungen überarbeitet.

Die professionelle Unterrichtswahrnehmung

Die professionelle Unterrichtswahrnehmung (PU) beschreibt die Fähigkeit, relevante Unterrichtssituationen zu erkennen (noticing) und anschließend richtig zu beschreiben, theoriebasiert zu erklären und Vorhersagen zu treffen (reasoning) (Sherin & van Es, 2009). Diese Fähigkeit ist theoriebasierend und beruht auf Wissen über effektives Lehren und Lernen (Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010) Die Anwendung dieses Wissens auf konkrete Unterrichtssituationen ist wiederum eine wichtige Voraussetzung für das Handeln einer Lehrerin bzw. eines Lehrers (Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010).

Das Forschungsvorhaben

Die Studierenden unterrichten in der Praxisphase des Lehr-Lern-Labor Seminars mehrmals an der eigens erstellten Experimentierstation in Microteaching-Einheiten Schüler(innen), reflektieren nach jedem Besuch einer Klasse ihr Vorgehen und haben im Anschluss die Möglichkeit ihre Stationen zu verbessern.

Ergänzend dazu werden zusätzlich die Hälfte der Studierenden bei den Durchführungen videografiert. Die gefilmten Studierenden können dann ihr eigenes Vorgehen und das Vorgehen der Kommilitonen anhand kurzer ausgesuchter Videoclips in kleinen Gruppen fragenbasierend mit dem Dozenten nachbesprechen. Die videobasierten Nachbesprechungen finden auch nach jeder Durchführung – also insgesamt viermal statt. Um die Studierenden während der Videonachbesprechungen zu fokussieren, konzentrieren sich die Studierenden bei den Analysen stets auf eine der Unterrichtskomponenten Zielorientierung, Lernbegleitung und Lernatmosphäre. Dies bedeutet, dass sich die Studierenden bei der ersten Nachbesprechung nur auf die Komponente Zielorientierung, bei der zweiten Nachbesprechung auf die Komponente Lernbegleitung und bei der dritten Nachbesprechung auf die Komponente Lernatmosphäre beziehen. Bei der vierten Nachbesprechung werden

nochmals alle Komponenten aufgegriffen (siehe Abb. 1). Da die Studierenden meist zum ersten Mal Unterrichtsvideos analysieren und vermutlich mit der Informationsflut der Videos überlastet sind, stellt dies eine effektive und zielgerichtete Vorgehensweise der Videoanalyse dar (Blomberg, Renkl, Sherin, Borko & Seidel, 2013).
Verschiedene Studien zeigten schon, dass es den Lehramtsstudierenden schwer fällt, das theoretische Wissen über effektives Lehren und Lernen auf Unterrichtsbeispiele zu übertragen (Santagata & Angelici, 2010; van Es & Sherin, 2002). Allerdings stellte man auch fest, dass sich die PU durch die Vermittlung von Wissen über effektives Lehren und Lernen und durch die Verbesserung der Analysefähigkeit in der ersten Phase der Lehramtsausbildung erlernen lässt (Berliner, Stein, Sabers, Clarridge, Cushing & Pinnegar, 1989). Weiterhin stellte sich heraus, dass Seminare, in denen Unterrichtsvideos besprochen werden (Santagata, Guarino 2011; Star, Strickland 2008) und Kurse, die aus Theoriephase und Schulpraktikum bestehen, die PU von Lehramtsstudierenden verbessern (Stürmer, Seidel, Schäfer 2013).
Unter der Berücksichtigung der Erkenntnisse zur PU aus den publizierten Studien untersucht dieses Forschungsvorhaben inwieweit das Lehr-Lern-Labor Seminar die PU der Studierenden fördert. Das Setting bietet die Möglichkeit die Studierenden im Lehr-Lern-Labor Seminar ohne Videoanalyse mit den Studierenden mit Videoanalyse und diese mit einer Kontrollgruppe zu vergleichen. Die Kontrollgruppe besteht aus Studierenden des Lehramtes für Physik des gleichen Semesters, welche noch nicht das Lehr-Lern-Labor Seminar besuchen konnten. Es ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Verbessert sich die professionelle Unterrichtswahrnehmung der Studierenden durch wiederholte Praxiserfahrungen und anschließender Reflexion im Lehr-Lern-Labor Seminar?
- Verbessert sich die professionelle Unterrichtswahrnehmung der Studierenden durch wiederholte Praxiserfahrungen und zusätzlicher Videoanalyse im Lehr-Lern-Labor Seminar?

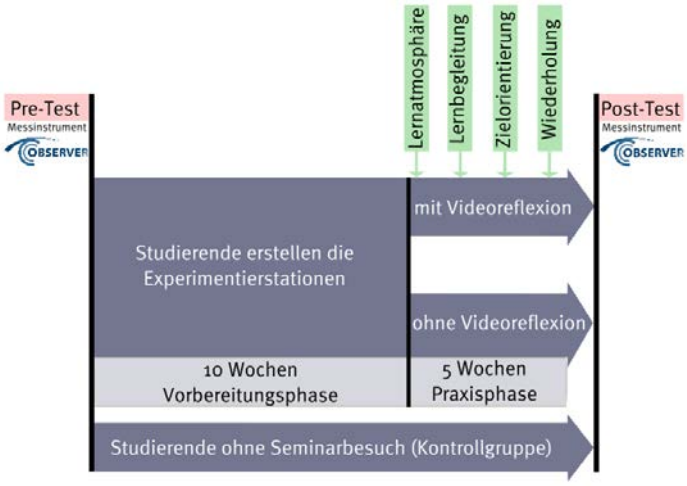


Abb. 1 Das Untersuchungsdesign mit den drei Gruppierungen in der Praxisphase und den Unterrichtskomponenten, die je in einer Videoreflexion thematisiert werden.

Das Messinstrument

Die Entwicklung der PU wird im Pre-Post-Design mit Hilfe des videobasierten Online-Tools „Observer“ gemessen (Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010). Dieses Tool besteht aus sechs zwei- bis vierminütigen Videoclips, die Unterricht in den Fächern Mathematik, Physik,

Französisch und Geschichte zeigen (zweimal Physik, einmal Französisch, zweimal Mathematik, einmal Geschichte). Pro Videoclip wurden zu zwei der drei Unterrichtskomponenten Zielorientierung, Lernatmosphäre und Lernbegleitung Items entwickelt, die durch eine vierstufige Likert-Skala codiert sind. Diese Items beziehen sich in jedem Video auf die Dimensionen Beschreiben, Erklären und Vorhersagen. Zu jeder Dimension gibt es 18 Items, die insgesamt viermal eingesetzt werden, sodass insgesamt 216 Items zu bewerten sind. Für die Musterlösung wurde eine Expertennorm entwickelt. Die Übereinstimmung mit der Expertennorm wurde wie folgt kodiert: ‚1' Expertennorm getroffen und ‚0' Expertennorm nicht getroffen. Die Wahl keine Angabe wurde als ‚0' Expertennorm nicht getroffen kodiert.

Ausblick

Die erste Erhebung wurde im Sommersemester 2015 durchgeführt. Insgesamt 18 Studierende von einer Gesamtstichprobe von 80 Studierenden besuchten das Lehr-Lern-Labor Seminar und wurden zufällig auf die Gruppe mit Videoanalyse und auf die Gruppe ohne Videoanalyse aufgeteilt. Die Daten des Post-Tests liegen noch nicht vor, sodass noch keine Ergebnisse präsentiert werden können. Die Erhebungen werden in den nächsten Semestern wiederholt, in denen nun auch Studierende in die Kontrollgruppe aufgenommen werden können. Die Diskussionen der Studierenden in den Reflexionen nach den Durchführungen lassen eine zunehmende Sensibilisierung für relevante Unterrichtssituationen erkennen. Betrachtet man die Rückmeldungen der Studierenden, so wurden speziell die Analysen der Videos als neue zunächst ungewohnte aber auch spannende sowie effektive Erfahrung bewertet, relevante Situationen in der Gruppe zu diskutieren und zu bewerten. Es wird sich zeigen, ob sich diese Eindrücke auch durch die Testergebnisse bestätigen lassen.

Literatur

Blomberg G.; Renkl A.; Sherin, M. G. & Seidel T. (2013): Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. In: Journal for Educational Research Online 5 (1), S. 90–114.

Jahn, G., Prenzel, M., Stürmer, K. & Seidel, T. (2011).Varianten einer computergestützten Erhebung von Lehrerkompetenzen: Untersuchungen zu Anwendungen der Tools Observer. [Opportunities of teachers' competencies computer-based assessment: Investigation of the Tool Observer Application]. Unterrichtswissenschaft 2 (2011), 39 Jg., 2. Vj., 136-153.

Santagata, R. & Angelici, G. (2010): Studying the Impact of the Lesson Analysis Framework on Preservice Teachers' Abilities to Reflect on Videos of Classroom Teaching. In: Journal of Teacher Education 61 (4), S. 339–349.

Santagata, R. & Guarino, J. (2011): Using video to teach future teachers to learn from teaching. In: ZDM Mathematics Education 43 (1), S. 133–145.

Seidel T.; Blomberg G. & Stürmer K. (2010): „Observer" – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. In: Zeitschrift für Pädagogik 56, S. 296–306.

Seidel, T. & Stürmer, K. (2014): Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Preservice Teachers. In: American Educational Research Journal 51 (4), S. 739–771.

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

Star, J. R. & Strickland, S. K. (2008): Learning to observe: using video to improve preservice mathematics teachers' ability to notice. In: J Math Teacher Educ 11 (2), S. 107–125.

Stürmer, K., Könings, K. D. & Seidel, T. (2014). Factors within University-based Teacherd Education relating to Preservice Teachers' Professional Vision. Vocations and Learning.

Stürmer, K.; Seidel, T. & Schäfer, S. (2013): Changes in professional vision in the context of practice. In: Gruppendynamik & Organisationsberatung 44 (3), S. 339–355.

Stürmer, K., Könings, K. D. & Seidel, T. (2013). Declarative Knowledge and Professional Vision in Teacher Education: Effect of Courses in Teaching and Learning. British Journal of Educational Psychology, 83: 467-483.

van Es E.A. & Sherin M. G. (2002): Learning to Notice: Scaffolding New Teachers' Interpretations of Classroom Interactions. In: Society for Information Technology & Teacher Education 10 (4), S. 571–596.

René Dohrmann Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier

Professionalisierung im Lehr-Lern-Labor Physik

Hintergrund und Ausgangslage

Damit Unterricht professionell durchgeführt werden kann, ist neben der Aneignung von theoretisch fundierten Wissensbestandteilen (Professionswissen) (Borowski et al., 2010) in der ersten Phase der Lehrerbildung ebenfalls die Ausprägung professioneller Handlungskompetenz vonnöten. Dies ist jedoch nur möglich in „an der Praxis orientierte[n] Lernphasen“ (Fischler, 2008). Die Wirklichkeit an den meisten Hochschulen bietet jedoch nur sehr wenige dieser Lerngelegenheiten (ebd.), sodass es „offensichtlich nicht oder nur unzureichend [gelingt], die erwünschten Einstellungen zu sichern und eine tragfähige Handlungskompetenz zu entwickeln“ (Messner, 1999).

Es ist daher nicht verwunderlich, dass ein nicht geringer Teil der angehenden Lehrkräfte mit dem Eintritt in die zweite Phase der Lehrerbildung den viel zitierten „Praxisschock“ erfährt (ebd.). Bei angehenden Physiklehrkräften beträgt der Anteil sogar nahezu ein Drittel (Merzyn, 2006). Darüber hinaus fühlen sich mehr als neun von zehn Referendar_innen nur unzureichend auf ihre unterrichtlichen Aufgaben vorbereitet, insbesondere in Bezug auf das fachdidaktische und pädagogische Wissen (Lersch, 2006). Aus diesen Gründen wird nicht nur von Seiten der Studierenden eine stärkere Verknüpfung von Theorie und Praxis im Studium gefordert (vgl. Hoppe-Graff et al., 2008), sondern auch seitens der Seminarleiter_innen (vgl. Völker & Trefzger, 2010) und von institutioneller Seite (vgl. KMK, 2004, 2008).

Ein größerer Praxisanteil im Studium allein kann jedoch nur dann zu den gewünschten Erfolgen führen, wenn er mit der Etablierung einer Reflexionskultur bei den angehenden Lehrerinnen und Lehrern einhergeht, denn nur dann sind Lern- und Entwicklungsschritte möglich (Weinberger, 2013). Ansonsten besteht die Gefahr, dass das der Reflexion inhärente Potential nicht genutzt und eine professionelle Entwicklung zum „guten Lehrer“ bzw. zur „guten Lehrerin“ verhindert wird. Shulman (2004) kommentiert dies folgendermaßen: „There are two kinds of teachers: One has 20 years of experience; the other has 1 year of experience 20 times“ (ebd., S. 506). Erfahrungen haben und aus ihnen lernen geht also nicht unweigerlich auseinander hervor. Nur wer sich selbst und sein unterrichtliches Handeln prozessbegleitend hinterfragt, reflektiert und iterativ an die jeweiligen Gegebenheiten anpasst, wird in die Lage versetzt, das eigene Entwicklungspotential zu entfalten. Reflexion muss dementsprechend bereits so früh wie möglich „geübt“ und als bewusst geförderte Meta-Kompetenz zu einem integralen Bestandteil des Lehramtsstudiums gemacht werden. Dies gelingt u. E. jedoch nur, wenn deren sinnstiftender Charakter durch die Studierenden erkannt und internalisiert wird.

Verknüpfung von Theorie und Praxis: Lehr-Lern-Labor intensiv!

Als Partner des durch die Deutsche Telekom Stiftung geförderten Projekts „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore: Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung” wird an der Freien Universität Berlin die Überarbeitung und Weiterentwicklung vorhandener sowie die Implementierung neuer Formate im Lehr-Lern-Labor (LLL) verfolgt. Dabei wird zunächst auf entsprechende Lehrveranstaltungen des Bachelorstudiengangs (Lehramt Physik) fokussiert, die sich durch eine zyklische Struktur[1] (siehe Abb. 1) und intensive Reflexionsphasen auszeichnen.

[1] Die Teilnehmenden unterrichten mindestens zwei Mal zu demselben Thema.

Die Studierenden können dabei bereits in den ersten Semestern Lehrerfahrungen im LLL sammeln. Um eine Überforderung der Teilnehmenden zu vermeiden, geschieht dies in einer ‚geschützten' und komplexitätsreduzierten Umgebung, d. h. sie werden bei ihren Handlungen professionell unterstützt und unterrichten kleine Schülergruppen in einer ihnen gewohnten Umgebung. Dabei werden sie von den anderen Teilnehmenden beobachtet. Die anschließende Reflexionsphase, bestehend aus Selbstreflexion, Peer-Reflexion und Feedback durch die Seminarleiter_innen, bildet die Grundlage für die Überarbeitung des eigenen Unterrichts und kann somit zur Verbesserung der Qualität beim darauffolgenden Durchlauf beitragen.
Darüber hinaus betreuen die Studierenden während der Experimentierphasen kleine Schüler_innengruppen und beantworten selbstgestellte Beobachtungsaufgaben. Im Verlauf der Veranstaltung nehmen die Teilnehmenden somit verschiedene Positionen ein: Lehrer_in, Betreuer_in, Beobachter_in, Bewerter_in oder auch Forscher_in.

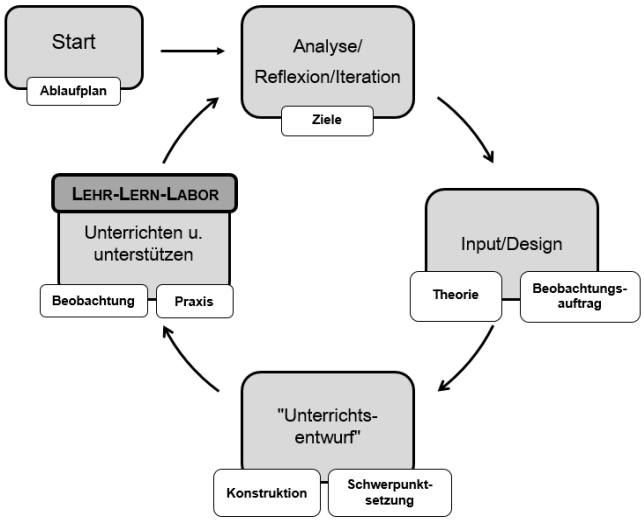


Abb. 1: Zyklischer Verlauf des Praxisseminars mit integriertem Lehr-Lern-Labor (in Anlehnung an Buchholz et al. 2013)

Eines der Ziele der Veranstaltung ist es, die teilnehmenden Studierenden insbesondere bei der Entwicklung professionellen Wissens und dessen Umsetzung bei Planung, Durchführung und Evaluation von Unterricht zu unterstützen (vgl. Krofta et al., 2013). Ein weiteres Ziel ist die Förderung von Reflexionskompetenz. Dass eine intensive Reflexion praxisnaher Phasen im LLL entsprechende Ergebnisse liefern kann, wurde bereits in ersten Modellversuchen gezeigt (vgl. Völker & Trefzger, 2011).
Gerade zu Beginn des Studiums ist es von großer Bedeutung, den Studierenden zu verdeutlichen, dass „[...] implizite Theorien des Lehrens und Lernens, Modellstunden von Mentoren oder anderen signifikanten Lehrkräften während der Ausbildung oder auch der eigenen Schulzeit [...]" (Baumert & Kunter, 2006) zwar prägend sind, jedoch nicht alleinig handlungsleitend sein dürfen. Ein drittes Ziel besteht somit darin, die Studierenden für die Bedeutung von Theorie für die Praxis zu sensibilisieren, denn bloßes Nachahmen von Unterricht kann weder zu den gewünschten Lernerfolgen bei den Schülerinnen und Schülern in der späteren beruflichen Praxis führen, noch Innovationen in die Schule bringen.

Begleitforschung

Aufgrund der großen Fülle der Konstrukte, die möglicherweise durch das Praxisseminar im LLL beeinflusst werden, wurde als erster Schritt in der begleitenden Forschung das Verfahren der Gruppendiskussion zur Hypothesengenerierung, -selektion und -gewichtung gewählt. Neben dem Aktivierungspotential, welches der Gruppendiskussion als Methode inhärent ist, ist dabei ebenso vorteilhaft, dass „rollenspezifische Erfahrungen […] in die Diskussionsbeiträge gebracht, diskutiert und aus unterschiedlicher Sicht beleuchtet werden, so dass eine maximale Variation der Perspektiven gewährleistet ist“ (Lamnek, 2005, S. 77). Damit die Auswertung so wenig wie möglich durch methodische Vorannahmen beeinflusst wird, wurde eine episodisch-narrative Gruppendiskussion entworfen, die durch große Offenheit gekennzeichnet ist und lediglich Erzählstimuli in der Initialphase beinhaltet. Die ersten beiden Gruppendiskussionen wurden bereits mit Seminarteilnehmenden durchgeführt, sodass momentan die Transkription erfolgt und in Kürze erste Ergebnisse als Grundlage für die anschließenden empirisch-methodischen Schritte (Entwurf Leitfadeninterview vs. Konstruktion Fragebogen) vorliegen werden.

Literatur

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

Borowski, A.; Neuhaus, B. J.; Tepner, O.; Wirth, J.; Fischer, H. E. (2010): Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. In: *ZfDN* 16, S. 341–349.

Buchholz, M.; Saeli, M.; Schulte, C. (2013): PCK and reflection in computer science teacher education. In: Proceedings of the 8th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSE’13). ACM, New York, NY, USA, 8-16.

Fischler, H. (2008): Physikdidaktisches Wissen und Handlungskompetenz. In: *ZfDN* 14, S. 27–49.

Hoppe-Graff, S.; Schroeter, R. & Flagmeyer, D. (2008): Universitäre Lehrer-ausbildung auf dem Prüfstand: Wie beurteilen Referendare das Theorie-Praxis-Problem? In: Empirische Pädagogik 22 (3), S. 353-381.

Kraler, C. (2008): Professionalisierung in der Berufseingangsphase – Berufsbiografie und Kompetenzentwicklung. Entwicklungsaufgaben der ersten Berufsjahre und Unterstützungsmöglichkeiten. In: SchVw Spezial (1), S. 4–7.

Krofta, H., Fandrich, J. & Nordmeier, V. (2013). Praxisseminare im Schülerlabor: Forschendes Lernen im Lehramtsstudium. In: S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen (S. 713-715). Kiel: IPN-Verlag.

Kultusministerkonferenz der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2008): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung.

Kultusministerkonferenz der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2004): Standards für die Lehrerausbildung: Bildungswissenschaften.

Lamnek, S. (2005): Gruppendiskussion. Theorie und Praxis. 2. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz (UTB, 8303).

Lersch, R. (2006). Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie zu beiden Phasen der Lehrerausbildung. In C. Allemann-Ghionda (Hrsg.). Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Weinheim u.a.: Beltz, 164-181

Merzyn, G. (2006): Fachdidaktik im Lehramtsstudium: Qualität und Quantität. In: MNU 59 (1), 2006, S. 4-7.

Messner, Helmut (1999): Berufseinführung - ein neues Element der Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern. In: Beiträge zur Lehrerbildung 17 (1), S. 62–70.

Shulman, L. S. (2004): The Wisdom of Practice: Essays on Teaching, Learning, and Learning to Teach. Jossey-Bass. San Francisco.

Völker, M.; Trefzger, T. (2011): Ergebnisse einer explorativen empirischen Untersuchung zum Lehr-Lern-Labor im Lehramtsstudium. In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG Frühjahrstagung. DPG Frühjahrstagung. Münster.

Völker, Matthias; Trefzger, Thomas (2010): „Verbesserung der Lehramtsausbildung“ – Ergebnisse einer Befragung unter Seminarlehrern. In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG Frühjahrstagung. Frühjahrstagung. Hannover.

Weinberger, Alfred (2013): Einleitung. In: Alfred Weinberger (Hg.): Reflexion im pädagogischen Kontext. Forschungsberichte der Privaten Pädagogischen Hochschule der Diözese Linz. Wien, Berlin, Münster: LIT (Austria: Forschung und Wissenschaft: Erziehungswissenschaft, 19), S. 7–8.

Claudia Haagen-Schützenhöfer Universität Graz
Stefanie Mayr

Vorstellungen von PädagogInnen zum "Forschenden Lernen"

Ausgangslage und Motivation

Der Trend naturwissenschaftliches Lernen zu einem immer früheren Zeitpunkt im Bildungssystem zu etablieren hat vielerlei Initiativen im Bereich des Kindergartens und der Primarstufe in Österreich hervorgerufen. Die Einführung von „Forschertagen" und „Forscher-Ecken" sowie der Einsatz von Forschendem Lernen allgemein wird vielfach als Maßnahme propagiert, kindliches Interesse für Naturwissenschaften zu fördern, den kindlichen Forschergeist zu wecken und Naturwissenschaft verständlich und verstehbar zu machen. Vor allem bei Pädagogen und Pädagoginnen des Kindergartens und des Primarbereichs, die häufig selbst ihre naturwissenschaftliche Ausbildung und Qualifikation als wenig fundiert einschätzen, besteht großer Unterstützungsbedarf, weshalb in den letzten Jahren viele Fortbildungen zu Naturwissenschaften mit Schwerpunkt auf Experimenten und Forschendem Lernen angeboten wurden.

Eine Problematik in Zusammenhang mit Forschendem Lernen zeigt sich bereits darin, dass Lehrende in unterschiedlichen Ausbildungsniveaus (Kindergarten, Schule, Hochschule) häufig in ihrem Tun von sehr unterschiedlichen, teilweise einander ausschließenden Vorstellungen zu Forschendem Lernen geprägt sind. Eine eindeutige Definition für Forschendes Lernen lässt sich in der Literatur nicht finden. Ebenso sind auch die Forschungsergebnisse zur Wirksamkeit von Forschendem Lernen heterogen und deuten eine Reihe von Problemfeldern an (Kirschner et al., 2006; Steffens, 2007). Als Kern vieler Definitionen von Forschendem Lernen finden sich Elemente wie z.B. eigenständiges Bearbeiten naturwissenschaftlicher Frage- bzw. Problemstellungen mit mehreren Lösungswegen, Wahlfreiheit bei Untersuchungsmethoden, Anknüpfen an Vorwissen, Verantwortung für angemessene Ergebnisauswertung und –Präsentation (Barth & Friege, 2014).

Für die Professionalisierung scheint es daher besonders wichtig, dass PädagogInnen verschiedene Ausformungen Forschenden Lernens kennen und auch mit den Herausforderungen der jeweiligen Ausformung für Lernende vertraut sind, um ihre Bildungsvorhaben wirkungsvoll umsetzen zu können. Effiziente und nachhaltige Lernprozesse können nur gelingen, wenn die Gestaltung von Lerngelegenheiten an die individuellen Bedürfnisse der Lerner angepasst wird (Hartinger et al., 2014).

Zielsetzung und Fragestellungen

Das Ziel dieser Pilotuntersuchung war es, Professionswissensfacetten von PädagogInnen in einem eintägigen Workshop der Pädagogischen Hochschule Steiermark zu naturwissenschaftlichem Lernen mit der Methode des Forschenden Lernens zu untersuchen und Verbesserungspotentiale für weitere Fortbildungen zu orten. Der beforschte Workshop wird in regelmäßigen Abständen für Lehrkräfte der Primarstufe und PädagogInnen im Bereich des Kindergartens angeboten. Für einen konkreten Workshop und somit eine Kohorte sollte dabei folgenden Forschungsfragen nachgegangen werden:

- Welche Erfahrungen haben die TeilnehmerInnen vor dem Workshop mit der Methode des Forschenden Lernens in ihrer Praxis gesammelt?
- Welche Vorstellungen haben die TeilnehmerInnen bezüglich der Methode des Forschenden Lernens vor dem Workshop?
- Wie ändern sich die Vorstellungen der TeilnehmerInnen bezüglich der Methode des Forschenden Lernens durch den Workshop?

- Inwieweit stimmen die Beschreibungen der TeilnehmerInnen mit in der Literatur definierten Aspekten zu Forschendem Lernen überein?

Untersuchungsdesign & Methoden

Das verwendete Untersuchungsdesign zeichnet sich durch drei Phasen aus. In einem ersten Schritt stand die Analyse des Workshops selbst im Zentrum. Der Workshop „Forschendes Lernen zum Thema Licht“ für PädagogInnen aus den Bereichen Primarschule und Kindergarten findet in regelmäßigen Abständen nach einem festen Workshopkonzept statt. Die Analyse des Workshops wurde durch teilnehmende Beobachtung eines Workshoptages umgesetzt. Zudem standen die Planungsunterlagen des Workshopleiters zur Verfügung.

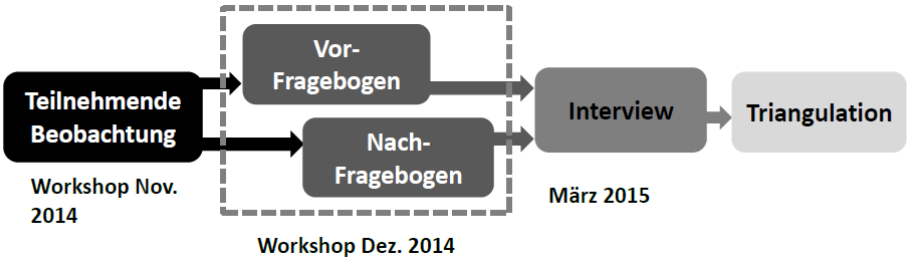


Abb. 1: Untersuchungsdesign

Basierend auf den Ergebnissen der teilnehmenden Beobachtung wurden Fragebögen für die WorkshopteilnehmerInnen entwickelt, die sowohl vor als auch nach dem Workshop administriert wurden. Die Auswertungen der Fragenbögen bildeten die Grundlage für den Interviewleitfaden der teilstrukturierten Leitfadeninterviews, die als Follow-up nach etwa drei Monaten konzipiert wurden.

Die in der zweiten Phase untersuchte Stichprobe setzt sich aus Primarstufenlehrkräften ($N_{weiblich}$=13; $N_{männlich}$=1) und Kindergartenpädagoginnen (N=9) zusammen. Die administrierten Fragebögen wurden von allen Teilnehmenden anonym ausgefüllt. Für die Follow-up Interviews der dritten Untersuchungsphase wurden die TeilnehmerInnen gebeten sich freiwillig zu melden. Obwohl die Rückmeldungen zur Fragebogenbefragung äußerst positiv waren, stellte ein Interview für den Großteil der TeilnehmerInnen eine Hürde dar und nur drei TeilnehmerInnen stimmten einem Follow-up Interview zu.

Zur Auswertung der Fragebögen und Interviews (Nohl, 2008) wurde die qualitative Inhaltsanalyse von Mayring (2010) herangezogen.

Ergebnisse

Obwohl ein Großteil der PädagogInnen in der Vorerhebung angab, bereits Fortbildungen zum Forschenden Lernen besucht zu haben und Forschendes Lernen einzusetzen, konnten nur fragmentarische Erklärungen zur Methode des Forschenden Lernens expliziert werden. Aspekte wie Eigentätigkeit, Ausprobieren im eigenen Lerntempo und Aktivität im physischen Sinn standen dabei im Vordergrund. Phasen eines Forscherzyklus wurden teilweise benannt, wobei vor allem das Aufstellen von Vermutungen im Vordergrund stand, die Auswertung von Beobachtungen, oder der Umgang mit Daten, sowie auch systematische Planungen von Experimenten wurden vernachlässigt. Als Zielsetzungen auf Ebene der Lernenden standen vor allem „Interesse wecken“ und „Motivation fördern“ im Vordergrund, aber auch „Physik verstehen“ mit einem „Learning-by-Doing“ oder „Understanding-by-Showing“ Ansatz.

Nach-Fragebögen und Interviews zeigen, dass die angebotene eintägige Fortbildung für die TeilnehmerInnen Motivation ist, in ihren Bildungseinheiten mehr Möglichkeiten für

Forschendes Lernen einzuplanen. Vorstellungen zum Forschenden Lernen wurden durch den eintägigen Workshop kaum beeinflusst, einzig die Überzeugung, dass Forschendes Lernen als Lernangebot ohne Vorgaben und Eingriffe der Lehrenden umgesetzt werden muss, wurde verstärkt. Bei tieferer Analyse stellt sich allerdings heraus, dass sich die implizite Handlungspraxis von diesen explizierten Leitlinien distanziert und häufig durch eine Reihe konkreter Strukturierungsmaßnahmen und Regeln geprägt ist.
Die Ergebnisse zur Methodik des Forschenden Lernens aus den Nach-Fragebögen decken sich inhaltlich mit den drei Monate nach dem Workshop als Follow-up geführten Vertiefungsinterviews. Vor allem die Follow-up Interviews untermauern die aus den Fragebögen gewonnen Hypothesen bezüglich der Vorstellungen der PägdagogInnen über naturwissenschaftliche Forschung und Lernen im Allgemeinen. Bezogen auf das Lernen selbst zeichnen sich überwiegend transmissive Vorstellungen von Lernen als direkte Weitergabe bzw. Übertragung von Wissen ab. Verständnis wird durch Interaktion mit Phänomenen, durch ungerichtetes Probieren im Trial & Error Modus - der vielfach mit forschendem Handeln gleichgesetzt wird - generiert. Schließlich ist bei der Mehrzahl der TeilnehmerInnen Wissen über Nature of Science Aspekte nur sehr rudimentär vorhanden. Die Vorstellungen über Forschung und naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn bzw. über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen können als sehr laienhaft eingestuft werden.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass bei TeilnehmerInnen des Workshops Forschendes Lernen als Konzept meist diffus vorhanden ist und als Label für unangeleitetes „selbst Tun-lassen“ dient. Eine differenzierte Betrachtung verschiedener Ausformungen Forschendes Lernens in Bezug auf unterschiedliche unterrichtliche Konstellationen fehlt weitgehend. Die Notwendigkeit von qualitätsvoller kontinuierlicher Professionalisierung im naturwissenschaftlichen Bereich, die PädagogInnen selbst als Lernende im konstruktivistischen Sinn begreift und alle relevanten Professionswissensfacetten adressiert, ist offenkundig. Speziell eine Thematisierung des Themenfeldes Nature of Science (NOS) scheint im Zusammenhang mit der Methode des Forschenden Lernens unverzichtbar. Die Ergebnisse dienen als Ausgangspunkt für weitere Entwicklungsforschung zu Professionalisierungsmaßnahmen zum Forschenden Lernen.

Literatur

Barth, M. & Friege, G. (2014). Das EU-Projekt SAILS: Inquiry and assessment strategies. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/522 (4.5.2015).

Hartinger, A. & Lohrmann, K. (2014). Entdeckendes Lernen. In Einsiedler, W. (Hrsg.), Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik (S. 385-389). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

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, experimential, and inquiry-based teaching. Educational psychologist, 41(2), 75-86.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.

Nohl, A.-M. (2008). Interview und dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis, Wiesbaden: VS.

Steffens, M. C. (2007). Memory for goal-directed sequences of actions: Is doing better than seeing? Psychonomic bulletin & review, 14(6), 1194-1198.

Jenna Koenen Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann

Das Fachdidaktische Curriculum der Graduiertenschule SALSA

Hintergrund

Die School of Analytical Sciences Adlershof (SALSA) ist eine Graduiertenschule mit dem Fokus auf die analytischen Wissenschaften. Sie wird im Rahmen der Exzellenzinitiative von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert und widmet sich der nachhaltigen Erneuerung der Analytischen Wissenschaften in Deutschland durch einen interdisziplinären Ansatz in den Bereichen Forschung und Graduiertenausbildung.

Die Graduiertenausbildung im Rahmen von SALSA zeichnet sich durch ein umfangreiches Curriculum aus, welches aus einem verpflichtendem Anteil und einem zusätzlichen freiwilligen Angebot besteht. Das zusätzliche Angebot fokussiert unter anderem die Förderung verschiedener Soft Skills oder auch der Präsentationsfähigkeiten.
Der verpflichtende Anteil des Curriculums fokussiert nicht nur die Förderung fachlicher Aspekte im Bereich der analytischen Wissenschaften sondern widmet sich auch Vermittlung methodischer Aspekte sowie dem Bereich Scientific Inquiry. Abbildung 1 stellt exemplarisch einen Ausschnitt (hier für die Kohorten 4 und 5) aus dem Curriculumsplan dar.

Call	WiSe 2014/15	SoSe 2015	WiSe 2015/16	SoSe 2016	WiSe 2016/17
4	Brownbag	Brownbag			
	Analytical Strategies				
	Analytical Techniques		Analytical Techniques		
		Exploring Analytical Data			
		Lab Kurs			
		Summer University			
			Scientific Inquiry I	Scientific Inquiry II	Scientific Inquiry III
5		Brownbag	Brownbag		
			Analytical Strategies		
			Analytical Techniques		Analytical Techniques
				Exploring Analytical Data	
		Lab Kurs		Lab Kurs	
		Summer University			
			Scientific Inquiry I	Scientific Inquiry II	Scientific Inquiry III

Abb. 1: Ausschnitt aus dem verpflichtenden Curriculumsplan

Die verschiedenen Veranstaltungen widmen sich verschiedenen fachlichen, fachdidaktischen und methodischen Inhalten. Im Rahmen der Summer University und deren Vorbereitung erarbeiten die Doktorierenden zum Beispiel selbstständig eine fachliche Thematik, die sie im Anschluss mit Expertinnen und Experten aus diesem Bereich diskutieren. Ziele sind hierbei nicht nur die Erarbeitung des fachlichen Inhaltes sondern auch die Entwicklung von qualitativ hochwertigen Fragestellungen oder die Entwicklung einer angemessenen kritischen Haltung gegenüber publizierten wissenschaftlichen Ergebnissen.

Von besonderer Bedeutung für die fachdidaktische Ausbildung der Doktorierenden ist der Scientific Inquiry Workshop (in Abb. 1 grau hinterlegt). Dieser dreiteilige Workshop, der sich über 3 Semestern erstreckt widmet sich dem naturwissenschaftlichen Problemlöse-prozess, dem naturwissenschaftlichen Modellieren und dem Bereich Nature of Science.

Theoretischer Hintergrund

Naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse (u. a. Klahr & Dunbar, 1988; Mayer, 2007), Modellierungen (u. a. Gilbert & Boulter, 2000; Liesner-Bodenthin, 2006) und Wissen über die Natur der Naturwissenschaften (u. a. Abd-El-Khalick, Bell & Lederman, 1998) sind von besonderer Bedeutung für die angemessene Bearbeitung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung. Dies gilt insbesondere auch für die Bearbeitung eines naturwissenschaftlichen Dissertationsprojektes.

Mithilfe der Methode des fallbasierten Lernens (Zumbach, Haider & Mandl, 2008) sollen diese Thematiken anhand von Fällen aus den analytischen Wissenschaften bearbeitet werden. Dabei steht insbesondere immer auch der Rückbezug auf das eigene Projekt im Vordergrund, um die Anwendungsfähigkeit des erlernten Wissens zu unterstützen. Für Studierende gibt es bereits Hinweise, dass in der Regel zwar theoretisches Wissen in diesen Bereichen vorhanden ist, dieses jedoch häufig nicht angemessen angewendet werden kann. Diesem Defizit soll mithilfe des vertieften Anwendungsbezuges und der Methode des fallbasierten Lernens entgegengewirkt werden.

Forschungsfragen

Für die drei Bereiche naturwissenschaftliches Problemlösen, Modellieren und Nature of Science sollen jeweils die folgenden beiden Fragestellungen untersucht werden.

- Inwieweit zeigen sich Unterschiede im Wissen in Abhängigkeit von der bisherigen Promotionsdauer?
- Inwieweit kommt es zu einer Veränderung des Wissens und dessen Bedeutung für das eigene Dissertationsprojekt durch die Teilnahme an dem Workshop?

Studiendesign und Forschungsmethoden

Die Fragestellungen werden im Rahmen eines Mixed-Method-Designs mit Prä- und Post-Erhebungen sowie begleitenden Erhebungen untersucht. Zur Erhebung der relevanten Daten sollen Fragebogenerhebungen eingesetzt werden, die unter anderem durch leitfadengestützte Interviews komplementiert werden. Geeignete Instrumente zur Erhebung des Wissens in den Bereichen naturwissenschaftliches Problemlösen, Modellieren und Nature of Science im Higher Education Bereich werden im Vorfeld des Workshops theoriebasiert entwickelt oder adaptiert und in Vorstudien evaluiert.

Ausblick

Die Entwicklung und Validierung von Instrumenten zur Erfassung von naturwissenschaftlichem Problemlösen, Modellieren und Nature of Science im Higher Education Bereich wird einen wesentlichen Beitrag zur Beschreibung der Kompetenzen von Studierenden und Promovierenden in diesem Bereich ermöglichen. Des Weiteren wird betrachtet ob Fördermöglichkeiten in den genannten Bereichen bei einer bereits sehr weit fortgeschrittenen fachlichen Ausbildung noch notwendig sind und wie deren Relevanz für die Bearbeitung des eigenen Forschungsprojekts ist.

Danksagung

Besonderer Dank gilt allen Kolleginnen und Kollegen, die an der Gestaltung und Durchführung der Veranstaltung im Rahmen der Graduiertenschule beteiligt sind. Weiterer Dank gilt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzinitiative für die Finanzierung der Graduiertenschule SALSA.

Literatur

Leisner-Bodenthin, A. (2006). Zur Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 111–125

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als naturwissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin [u.a.]: Springer, 177 - 186

Zumbach, J., Haider, K., & Mandl, H. (2008). Fallbasiertes Lernen: Theoretischer Hintergrund und praktische Anwendung. In J. Zumbach & H. Mandl (Eds.), Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis. Ein fallbasiertes Lehrbuch. Göttingen [u.a.]: Hogrefe. 1-11

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. Science Education, 82 (4), 417–436

Gilbert, J. K. & Boulter, C. J. (2000). Developing models in science education. Dordrecht: Kluwer.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. Cognitive Science, 12 (1), 1-48

Benedikt Kämper[1]
Simon Zander[1]
Dominik Bures[1]
Heiko Krabbe[2]
Hans E. Fischer[1]

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

Kodierverfahren für lernprozessorientierte Unterrichtssequenzierung

Theoretischer Rahmen

Die Forschung zur Sequenzierung von Lernprozessen im Physikunterricht deutet darauf hin, dass die lernprozessorientierte Gestaltung von Unterricht nach der Theorie der Basismodelle (Oser & Baeriswyl, 2001) förderlich für das Lernen von Schülerinnen und Schülern ist (Maurer & Rincke, 2015; Zander, 2015). Die Theorie besagt, dass für ein bestimmtes Lehrziel in der Tiefenstruktur des Unterrichts bestimmte Lernfunktionen vollständig und in der richtigen Reihenfolge durchgeführt werden müssen, die Lehrkräfte aber in der Gestaltung der Sichtstruktur frei sind. Für den Physikunterricht haben sich die Basismodelle *Konzeptbildung*, *Lernen durch Eigenerfahrung* und *Problemlösen* als besonders relevant herausgestellt (Trendel, Wackermann & Fischer, 2008; Krabbe, Zander & Fischer, 2015). In einer Lehrerfortbildung zu den drei im Physikunterricht relevanten Basismodellen wurden Unterrichtsstunden der teilnehmenden Lehrkräfte videografiert. Um den Erfolg der Fortbildung zu kontrollieren und um den Lehrkräften eine fundierte Rückmeldung geben zu können, musste die Tiefenstruktur der Lernprozesse hoch-inferent analysiert werden. Bisherige Studien nutzen meist intervallbasierte Kodierverfahren, bei denen heterogene Gütekriterien berichtet werden (Wackermann, 2007; Ohle, 2010; Geller, 2015). Im Rahmen der Lehrerfortbildung konnten bei intensiv geschulten studentischen Hilfskräften nur geringe Übereinstimmungen erreicht werden (κ= .01 bis .55, n = 6 Videos).

Methode	Intervallbasierte Kodierung	Event-basierte Kodierung	Beobachtungsbogen
Strukturebene	Mikroebene	Mesoebene	Mesoebene
Bewertungsgrundlage	Video	Transkript	Protokoll
Vorgehen	1. Betrachtung des Videos in 30-Sekunden-Intervallen 2. Bewertung dieser Intervalle anhand eines Kodiermanuals	1. Erstellen des Transkripts 2. Inhaltlichen Überblick verschaffen 3. Identifizieren des Basismodells im Transkript 4. Identifizieren der zugehörigen Lernfunktionen	1. Erstellen des Protokolls 2. Erneutes Durchlesen des Protokolls 3. Identifizierung des Basismodells anhand charakteristischer Fragen 4. Identifizierung der Lernfunktionen
Zeitaufwand	Videografie: 9,5 h Kodierung: 5,0 h	Videografie: 9,5 h Transkription: 8,0 h Kodierung: 2,5 h	Protokoll: 1,5 h Rating: 1,0 h
Stichprobengröße	n = 60 Videos	n = 60 Videos	n = 15 Videos

Tab. 1: Gegenüberstellung der drei Kodierverfahren.

Bei einer retrospektiven Betrachtung der Unterrichtsstunden durch den Coach der Lehrerfortbildung zeigten sich hohe Übereinstimmungen zum intendierten Basismodell der Lehrkräfte. Dies führte zur Entwicklung eines retrospektiven, event-basierten Kodierverfahrens. Darauf aufbauend wurde ein Beurteilungsverfahren entwickelt, das eine schnellere Rückmeldung an die Lehrkräfte und ein Peer-Coaching ermöglichen soll (Kämper, 2015). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Verfahren. Ein Unterschied zwischen den Verfahren liegt auf der Strukturebene vor. Während bei der intervallbasierten Kodierung auf Mikroebene chronologisch 30-Sekunden-Intervalle bewertet werden, werden bei der event-basierten Kodierung bzw. dem Beobachtungsbogen auf der Mesoebene retrospektiv größere Unterrichtsabschnitte betrachtet.

Methoden

Die neu entwickelten Verfahren sollen Unterricht zum einen konsistent ($\kappa > .60$) retrospektiv nach Basismodellen beurteilen. Zum anderen sollen die Verfahren für den Einsatz im Unterrichtsalltag zeiteffizient sein.

Das retrospektive Verfahren erwies sich als konsistent (siehe Tab. 2), benötigte aber einen hohen Zeitaufwand, weshalb ein Beurteilungsbogen entwickelt wurde, der einen zeiteffizienten Einsatz im Unterrichtsalltag ermöglicht. Das unterschiedliche Vorgehen ist in Tabelle 1 gegenübergestellt. Vor der event-basierten Kodierung wird zunächst ein Transkript erstellt, um sich einen inhaltlichen Überblick über die Stunde zu verschaffen. Anschließend wird das Basismodell der Unterrichtsstunde über zentrale Lernfunktionen der drei Basismodelle identifiziert. So ist beispielsweise für Konzeptbildung die Charakterisierung des neuen Konzepts als Lernfunktion entscheidend und ein wichtiges Identifikations-merkmal. Ist das Basismodell der Unterrichtsstunde identifiziert, so werden die übrigen Lernfunktionen des Basismodells kodiert. Beim Beobachtungsbogen wird zunächst ein Protokoll für die Unterrichtsstunde angefertigt. Dieses Protokoll muss erneut gelesen werden, um schließlich zehn Fragen zur Bestimmung des Basismodells zu beantworten. Ist das Basismodell bestimmt, so werden die Lernfunktionen ermittelt.

Zur Bestimmung der Objektivität der event-basierten Kodierung wurden 10 % der 60 kodierten Unterrichtsstunden (n = 6) von zwei Kodierern doppelt kodiert (vgl. Tab. 2). Der Beobachtungsbogen wurde bei 15 Unterrichtsstunden eingesetzt. Dort wurden 20 % (n = 3) von zwei Kodierern doppelt kodiert, wobei ein Kodierer ein Student eines Seminars zu Basismodellen war und außer den Seminarinhalten keine gesonderte Schulung zu den Basismodellen erhalten hatte. Zur Überprüfung der Reliabilität des Beobachtungsbogens beurteilten neun Studierende je drei Unterrichtsstunden nach Basismodellen. Dieses Vorgehen zeigt die Reliabilität bezogen auf einzelne Unterrichtsstunden, nicht aber bezogen auf das gesamte Verfahren. Die Studierenden hatten ein Seminar zu Basismodellen belegt und erhielten eine 20-minütige Schulung zum Einsatz des Beobachtungsbogens.

Testgütekriterien	Event-basierte Kodierung	Beobachtungsbogen
Objektivität	κ=.90 bis 1.00 (n=6)	κ=.52 bis .75 (n = 3)
Reliabilität	-	κ=.31 bis .92 (n = 27)
Validität	κ = .62 bis .91 (n = 14) & κ = .12 (n = 1)	

Tab. 2: Testgütekriterien der drei Kodierverfahren.

Zur Validierung der Verfahren wurde für 15 Unterrichtsstunden die event-basierte Kodierung mit den Kodierungen des Beobachtungsbogens verglichen.

Ergebnisse

Die event-basierte Kodierung weist eine hohe Objektivität auf. Beim Beobachtungsbogen liegen die Übereinstimmungen etwas niedriger. Der Zeitaufwand der event-basierten Kodierung ist mit 10,5 Stunden hoch, der Beobachtungsbogen hingegen erlaubt es, bereits eine Stunde nach dem Protokollieren der Stunde eine Rückmeldung an die Lehrkraft zu geben. Die Reliabilität des Beobachtungsbogens konnte für drei Unterrichtsstunden geprüft werden. Es zeigt sich, dass die Unterrichtsstunden für die Studierenden unterschiedlich schwer einzuschätzen sind. Bei der Validität zeigt der Vergleich von 14 Kodierungen hohe Übereinstimmungen, was die Annahme unterstützt, dass beide Verfahren die Lernfunktionen der Basismodelle konvergent erfassen.

Mit der event-basierten Kodierung liegt also ein konsistentes, zeitaufwändiges Verfahren zur retrospektiven Kodierung von Basismodellen vor. Der Beurteilungsbogen hingegen ermöglicht eine zeiteffizientere Kodierung, wobei die Übereinstimmungen bezüglich der Objektivität geringer ausfallen als bei der event-basierten Kodierung.

Ausblick

Offen ist die Frage, wie sich die event-basierte Kodierung bzw. Beurteilungsbogen und intervallbasierte Kodierung unterscheiden. Erste Auswertungen zeigen, dass nur in 14 von 60 Fällen hohe Übereinstimmungen ($\kappa > .60$) zwischen event-basierter und intervallbasierter Kodierung vorhanden sind, was den unterschiedlichen Blickwinkel der intervall- und event-basierten Kodierung unterstreicht.

Literatur

Geller, C. (2015). *Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenerwerb - eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz.* Essen.

Kämper, B. (2015). Entwicklung und Erprobung eines Beobachtungsbogens zur Umsetzung von Basismodellen im Unterricht. [Unveröffentlichte Staatsexamensarbeit]. Essen: Universität Duisburg-Essen.

Krabbe, H., Zander, S., & Fischer, H. E. (im Druck). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht - Materialien zur Lehrerfortbildung.* Münster: Waxmann.

Maurer, C. & Rincke, K. (2016). Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen. In S. Bernholt (Hrsg.), Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Bremen 2014. Kiel: IPN.

Oser, F., & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning.

Oser, F., & Patry, J.-L. (17. Oktober 1990). Choreographien des unterrichtlichen Lernens - Basismodelle im Unterricht.

Reyer, T. (2003). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht.* Dortmund.

Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H. E. (2008). Lernprozessorientierte Fortbildung von Physiklehrern. Zeitschrift für Pädagogik, 54 (3), 322–340.

Wackermann, R. (2007). *Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer.* Essen.

Zander, S. (2015). Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen. Essen.

Wiebke Janßen Technische Universität Dresden
Gesche Pospiech

Lehrer sprechen in und über Formeln

Formeln[1] sind aus der Physik nicht wegzudenken. Sie sind im Rahmen der Mathematisierung der Physik tief in Wissenschaft und Physikunterricht verankert. Eine Formel fasst in ihrer kurzen symbolischen Darstellung sehr viele Inhalte zusammen, repräsentiert in den Formelzeichen Fachtermini und setzt diese mathematisch miteinander in Beziehung. Die Formelbedeutung setzt sich somit aus physikalischer und mathematischer Semantik zusammen. Diese muss für die Konstruktion ihrer Gesamtbedeutung zunächst „entschlüsselt“ werden. In diesem Promotionsprojekt soll untersucht werden, wie Lehrkräfte mit Hilfe von Sprache Formelbedeutungen vermitteln.

Theoretischer Hintergrund

Ein ausführlicher theoretischer Hintergrund mit Schwerpunkt auf den Formeln als Darstellungsform des Physikunterrichtes findet sich in Janßen, Pospiech 2015. An dieser Stelle soll daher nur auf aktuelle Arbeiten verwiesen werden.

Eine Formel ist ein komplexes, semantisch stark verdichtetes Bedeutungskonstrukt, das verschiedene physikalische Größen mathematisch miteinander in Beziehung setzt. Auf diese Weise entsteht eine neue Bedeutung, die sich aus einer physikalisch-mathematischen Semantik zusammensetzt und nur mit sowohl physikalischem als auch mathematischem Hintergrundwissen entschlüsselt werden kann. Um eine Formel zu verstehen, muss außerdem berücksichtigt werden, welche Art von Aussage eine Formel treffen kann. Ein Ansatz für verschiedene epistemologische Klassen von Formeln findet sich bei Karam und Krey (2015). Hier wird differenziert zwischen Prinzipien (z.B. $\sum p = 0$), Definitionen (z.B. $p = m \cdot v$), empirischen Regularitäten (z.B. die Balmer-Formel) und Ableitungen (z.B. $a=v^2/r$). Das Formelverständnis ist für jeden dieser Fälle unterschiedlich. Karam und Krey betonen weiterhin, dass diese Kategorisierung subjektiv erfolgt. Es gibt für viele Formeln kein „Musterverständnis“.

Redish und Kuo (2015) schlagen vor, die Formelbedeutung analog zu semantischen Betrachtungen in der Sprachwissenschaft zu entschlüsseln. Sie argumentieren, dass zum Formelverständnis linguistische Theorien wie „embodied cognition“, enzyklopädisches Wissen und Kontextualisierungen herangezogen werden können.

In beiden Untersuchungen wird verdeutlicht, dass Formeln komplexe Bedeutungskonstrukte sind, die nicht ohne weiteres Wissen verstanden werden können. Das Promotionsprojekt, aus dem im Folgenden erste Erkenntnisse vorgestellt werden, lenkt das Interesse darauf, welchen Stellenwert die Bedeutung von Formeln im Physikunterricht hat und wie Lehrkräfte eine solche Bedeutung mithilfe von Sprache vermitteln.

Forschungsfragen und Untersuchungsdesign

Die Forschungsfragen lauten:

1) Wie häufig und in welcher Form werden Formeln von Lehrkräften im Unterricht versprachlicht?
- Welche Arten der Versprachlichung werden im Unterricht wie häufig genutzt?
- In welcher Form werden Formeln durch Lehrkräfte sprachlich interpretiert?

2) Lassen sich typische Pattern identifizieren, nach denen Lehrkräfte Formeln versprachlichen?

[1] Der Begriff Formel wird in diesem Artikel synonym zu Gleichung verwendet.

- Nutzen Lehrkräfte verschiedene Arten der Versprachlichung im Unterrichtsverlauf in bestimmter Reihenfolge?
- Welche Kenntnisse und Vorstellungen haben Lehrkräfte zur verbalen Beschreibung von Formeln?

Um diese Forschungsfragen beantworten zu können, wird die Sprache von ca. 12 PhysiklehrerInnen der Mittelschule und des Gymnasiums in Sachsen aufgezeichnet und ausgewertet. Zusätzlich werden Interviews mit den Lehrkräften durchgeführt, um ihr praktisches Unterrichtshandeln mit ihrem theoretischen Wissen abgleichen zu können.
Die Analyse der Versprachlichungen erfolgt mit Hilfe eines deduktiven Kategoriensystems, das induktiv weiter ausgearbeitet werden soll. Die deduktiven Kategorien folgen aus sprachwissenschaftlichen Überlegungen, die sich an der vertikalen Gliederung von Fachsprachen nach Hoffmann (1998) orientieren.

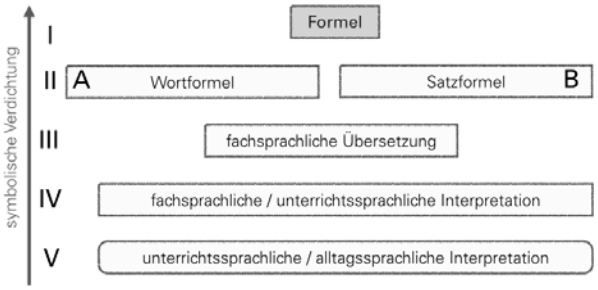


Abb.1: Ebenenmodell der Versprachlichung von Formeln

Während in den Ebenen I-III eine reine Übersetzung der Formelzeichen in die entsprechenden Fachtermini geschieht (IIA: Übersetzung phys. Formelzeichen, IIB: Übersetzung math. Formelzeichen, III: Übersetzung aller Formelzeichen), erfolgt in den Ebenen IV und V eine Interpretation der Formel. Hier fügt die Lehrkraft Informationen hinzu, die nicht direkt in der Formel enthalten sind, für ihr physikalisches Verständnis aber unerlässlich sind. Der Unterschied zwischen Ebenen IV und V ist dabei vor allem das genutzte sprachliche Register: Während Ebene IV noch sehr nah an der Fachsprache ist, bedient sich die Ebene V eines eher alltagssprachlichen Sprachregisters. Inhaltlich wird die Formel angewendet und übertragen, z.B. auf Alltagsbeispiele, ein Experiment oder eine alltagsnahe Analogie. Die Ebenen IV und V sollen mit Hilfe des aufgezeichneten Materials noch näher ausdifferenziert und beschrieben werden.

Erste Ergebnisse aus der Pilotierung

Nachdem das Ebenemodell mit Hilfe von Lehrbuchanalysen validiert wurde und sich grundsätzlich als geeignet erwies, genutzte Verbalisierungen zu beschreiben, wurde es in einer Lehrerfortbildung für Lehrkräfte naturwissenschaftlicher Fächer in Sachsen vorgestellt. Die 20 Lehrkräfte bekamen nach einem kurzen Input die Aufgabe, in Zweiergruppen Beispielversprachlichungen für jede Ebene zu finden. Im Folgenden werden beispielhaft die Ergebnisse für die Ebenen IIB und IV vorgestellt werden.

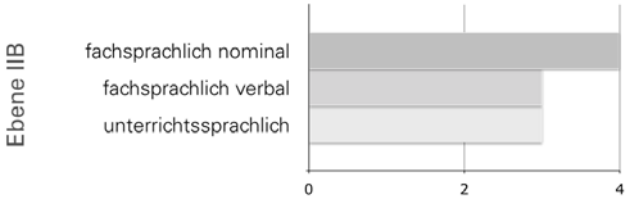


Abb.2: Lehrer übersetzen eine Formel auf Ebene IIB

Obwohl es sich bei Ebene IIB um eine reine Übersetzung der Formel handelt, ließen sich drei unterschiedliche Kategorien finden. Beispiel für eine fachsprachlich nominale Verbalisierung lautet: „R ist Produkt aus ρ und Quotient aus l und A.“ Diese Versprachlichung zeichnet sich durch die nominalisierten Formen der fachsprachlichen Begriffe aus. Die fachsprachlich verbale Aussage benutzt hingegen Verben an der Stelle von Substantiven, z.B. „R ist ρ multipliziert mit l und dividiert durch A.“
Nur drei der teilnehmenden Lehrkräfte nutzten eine als unterrichtssprachlich zu klassifizierende Formelverbalisierung: „R ist ρ mal l durch A“.

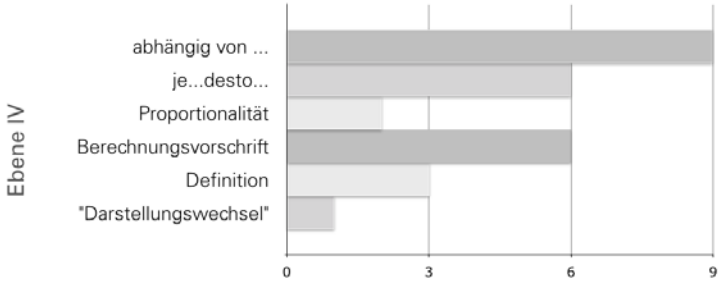


Abb.3: Lehrer versprachlichen phys.-math. Formelbedeutung (Ebene IV)

Die von den Lehrkräften niedergeschriebenen Verbalisierungen zeigen bereits bei der sehr kleinen Stichprobe eine große Variationsbreite. Folgende Beispiele sollen die gefundenen Kategorien verdeutlichen:

- abhängig von...: „Der Widerstand ist vom Material abhängig.“
- je...desto...: „Je länger der Leiter desto größer der Ohmsche Widerstand.“
- Proportionalität: „Widerstand ist proportional zu spezifischem el. Widerstand.“
- Berechnungsvorschrift: „Man kann den elektrischen Widerstand berechnen, indem…“
- Definition: „Widerstand ist das Produkt aus…“
- Darstellungswechsel: „Darstellungswechsel“, hier hat die betreffende Lehrkraft lediglich notiert, dass sie eine Bedeutung mittels eines Darstellungswechsels vermitteln möchte, dies aber nicht näher beschrieben.

Da viele bei Ebene V notierten Verbalisierungen bei der Analyse als zur Ebene IV zugehörig eingestuft wurden, ergibt sich für die Ebene IV eine höhere Anzahl an Versprachlichungen.
Auffällig an den Ergebnissen ist die hohe Anzahl an rein mathematischen Implikationen, die hier genannt werden (allg. mathematische Abhängigkeiten, je-desto-Sätze, Proportionalitäten). Wenn die Formel auf einer Metaebene klassifiziert wird, wird sie häufig als eine Berechnungsvorschrift interpretiert. Diese beiden Kategorien deuten darauf hin, dass für die hier untersuchten Lehrkräfte Formeln v.a. eine technische Relevanz besitzen. Ob sich dies auch in einer genaueren Untersuchung im Unterricht widerspiegelt, wird sich bei der Haupterhebung zeigen.

Literatur

Hoffmann, L. (1987), Kommunikationsmittel Fachsprache. Eine Einführung. 3., durchgesehene Auflage. Berlin: Akademie-Verlag

Janßen, W., Pospiech, G. (2015), Versprachlichung von Formeln. Die Bedeutung von Formeln und ihre Vermittlung. In PhyDid-B (DPG Frühjahrstagung Didaktik der Physik 2015 in Wuppertal)

Karam, R., Krey, O. (2015), Quod erat demonstrandum: Understanding and Explaining Equations in Physics Teacher Education. In Science & Education 24 (5-6), 661-698

Redish,E., Kuo, E. (2015), Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology. In Science & Education 24 (5-6), 561-590

Sarah Aretz[1,2] [1]CERN
Andreas Borowski[2] [2]Universität Potsdam
Sascha Schmeling[1]

Schülervorstellungen zur Urknalltheorie

Motivation

Der Urknall markiert den Beginn von Raum und Zeit und allem, was wir kennen. Er ist die „Geburt“ unseres heutigen bekannten Universums und hat damit unser modernes Weltbild geprägt. Gerade diese Vermittlung eines modernen Weltbilds ist ein häufig genannter Wunsch in der Physikdidaktik (Schecker, Fischer & Wiesner, 2004).
Im Bereich der Wissenschaftskommunikation am CERN (Educational Outreach) soll eine Lernsequenz im Bereich der Kosmologie entwickelt werden, welche, wenn möglich, für verschiedene Mitgliedsstaaten kompatibel sein soll. Eine häufig verwendete und wichtige Methode bei der Entwicklung von Unterrichtsmodulen ist die vorherige Untersuchung von Schülervorstellungen (Ausubel, 1968; Anderson, 2007).

Forschungsfragen

Die wenigen vorhandenen Studien in diesem Bereich – darunter eine in Deutschland (Kahnt & Thesing, 2010), eine in Schweden (Hansson & Redfors, 2006) und vier in den USA (Prather et al., 2003; Wallace, 2011; Bailey et al., 2012; Trouille et al., 2013) – deuten bereits erste Unterschiede zwischen den Ländern an. Dies könnte auf zum Teil unterschiedliche Stichproben und Erhebungsinstrumente zurückzuführen sein. Bisher existieren länderübergreifend keine vergleichbaren Studien zu diesem Thema. Daraus ergibt sich die Frage, ob die unterschiedlichen Ergebnisse länderbedingt oder Artefakte der Messung sind. Hieraus leiten sich die Forschungsfragen dieser Studie ab:

- Welche Schülervoraussetzungen sind bei deutschen Schülerinnen und Schülern vor jeglichem Unterricht vorhanden?
- Können die Ergebnisse der Studie von Kahnt & Thesing (2010) reproduziert werden und inwieweit unterscheiden sich diese Vorstellungen mit denen anderer Länder?

Design

Zur Beantwortung der Fragen wurden Schülervorstellungen in einer zur amerikanischen Literatur vergleichbaren Stichprobe erhoben. Als Grundlage dieser Studie dienen mehrere der bereits entwickelten und getesteten offenen Fragen der vier amerikanischen Studien. Diese wurden zunächst ins Deutsche übersetzt und in einer ersten Erhebung in sechs Klassen verschiedener deutscher Schulen aus drei Bundesländern eingesetzt. Insgesamt haben 126 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 11 und 12 an der Studie teilgenommen.

Methode

Anhand der offenen Schülerantworten wurde induktiv ein Kategoriensystem entwickelt. Alle Antworten wurden in disjunkte Kategorien eingeordnet, wobei eine Schülerantwort auf verschiedene Kategorien passen kann. Beispielsweise die Schülerantwort „Irgendwas hat eine riesige Explosion verursacht, wodurch die Galaxien entstanden sind.“ wird in die Kategorien 'Explosion' sowie 'Entstehung von Galaxien' eingeordnet. Daher ergibt die Summe aller Prozentangaben nicht 100%. Die Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil der Schüler und Schülerinnen, welche die entsprechende Kategorie genannt haben. Ein Vergleich mit anderen Studien wird nur gezogen, sofern die Fragestellung bzw. die Kategorien vorhanden und vergleichbar sind.

Ergebnisse

Die folgenden zwei Tabellen stellen Ergebnisse ausgewählter aber repräsentativer Bereiche und Antwortmöglichkeiten der Studie dar.

Assoziationen zur Urknalltheorie	Kahnt & Thesing (D 2010)	Wallace (USA 2011)	Bailey et al. (USA 2012)	Eigene Studie (D 2015)
Stichprobengröße	710	~ 580	219	126
Explosion irgendeiner Art	~[a] 32%	54%	50%	30%
Kollision von Teilchen oder Objekten	–	–	9-11%[b]	22%
Entstehung/Entwicklung des Universums	~[a] 25-34%[b]	45%	33%	39%
Expansion des Universums	~[a] 6%	13%	9%	19%
Beginn/Entstehung von Raum und Zeit	–	–	1%	7%

Tabelle 1: Assoziationen zur Urknalltheorie
a: Schätzung aufgrund der Unleserlichkeit des Histogramms
b: Prozentbereich aufgrund der Kombination verschiedener Kategorien, bei denen nicht klar ist, ob ein Überlapp vorhanden ist

Alter des Universums	Hansson & Redfors (SE 2006)	Bailey et al. (USA 2012)	Eigene Studie (D 2015)
Stichprobengröße	88	239	126
Einige Milliarden Jahre	–	18%	17%
13-15 Milliarden Jahre	–	11%	21%
Es existiert schon immer / ist unendlich alt	~[a]14-33%[b]	21%	6%

Tabelle 2: Alter des Universums
a: Schätzung aufgrund der Unleserlichkeit des Histogramms
b: Prozentbereich aufgrund der Unterscheidung von physikalischer und eigener Sichtweise

Die Ergebnisse zeigen weitverbreitete Schülerfehlvorstellungen wie beispielsweise den Explosionsgedanken beim Urknall (Tabelle 1) von bereits existierender Materie in den leeren Raum oder die Existenz eines Zentrums des Universums (52%). Ein Großteil der deutschen Schülerinnen und Schüler (39%) kennt keinen einzigen der drei Grundpfeiler der Urknalltheorie (Expansion des Universums, kosmische Hintergrundstrahlung, primordiale Nukleosynthese). Die Ergebnisse aus Deutschland konnten teilweise reproduziert werden, allerdings wesentlich detaillierter. Bei einem Vergleich zwischen den Ländern zeigen sich erste Unterschiede. Beispielsweise assoziiert etwa ein Drittel aller deutschen Schülerinnen und Schüler eine Explosion mit dem Urknall, während dies bei etwa der Hälfte aller amerikanischen Studentinnen und Studenten der Fall ist (Tabelle 1). Es zeigt sich, dass deutsche Schülerinnen und Schüler im Ländervergleich teilweise eine leicht bessere Vorstellung bzw. ein leicht besseres Vorwissen rund um die Urknalltheorie besitzen. Es verknüpfen zum Beispiel mehr deutsche Schülerinnen und Schüler explizit die Entstehung von Raum und Zeit mit dem Urknall (Tabelle 1). Auch bei der Frage nach dem Alter des Universums liegen im Vergleich mit amerikanischen Studentinnen und Studenten etwa

doppelt so viele Antworten von ihnen im richtigen Altersbereich von 13 bis 15 Milliarden Jahren, während in den USA ein wesentlich höherer Anteil ähnlich wie bei schwedischen Schülerinnen und Schülern glaubt, dass das Universum schon immer existiert hat bzw. unendlich alt ist (Tabelle 2).

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen typische Schülervorstellungen zur Urknalltheorie und deuten unter Berücksichtigung der kleinen Stichprobe erste Unterschiede zwischen den Ländern an. Dies legt eine systematische weitere Untersuchung nahe, um diese Unterschiede detaillierter untersuchen zu können. Dafür wird aus den offenen Schülerantworten ein einheitliches Testinstrument entwickelt und nach anschließender Validierung international mit größeren Stichproben eingesetzt. Die Evaluation soll zum einen die Schülervorstellungen möglichst detailliert aufzeigen sowie einen Vergleich der Wissensvoraussetzungen und Fehlvorstellungen zur Urknalltheorie zwischen den verschiedenen Ländern ermöglichen.

Literatur

Anderson, C. (2007). Perspectives on science learning. In: Abell, S.K., Lederman, N.G. (Eds.), Handbook of research on science education. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah, 3-30

Ausubel, D. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart, and Winston

Bailey, J.M. et al. (2012). A multi-institutional investigation of students' preinstructional ideas about cosmology. Astronomy Education Review, 11 (1)

Hansson, L. & Redfors, A. (2006). Swedish upper secondary students' views of the origin and development of the Universe. Reserach in Science Education, 36 (4), 355-379

Kahnt, M. & Thesing, A. (2010). Schülervorstellungen zur Kosmologie. In Höttecke, D. (Hrsg.), Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. 263-265

Prather, E.E., Slater, T.F. & Offerdahl, E.G. (2003). Hints of a fundamental misconception in cosmology. Astronomy Education Review, 1 (2), 28-34

Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). Kerncurriculum Physik. In A. Pitton (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung, S. 126-128

Trouille, L.E. et al. (2013). Investigating student ideas about cosmology III: Big Bang Theory, expansion, age, and history of the Universe. Astronomy Education Review, 12 (1)

Wallace, C.S. (2011). An investigation into introductory astronomy students' difficulties with cosmology and the development, validation and efficacy of a new suite of cosmology lecture-tutorials. Ph.D. Thesis. University of Colorado at Boulder.

Martin Erik Horn HWR Berlin & MSB Berlin

Zur Wirkung von Blades und Non-Blades

Mehr als hundert Jahre nach Formulierung von Spezieller und Allgemeiner Relativitätstheorie ist die konzeptuelle Durchdringung und didaktische Aufarbeitung dieser Theoriegebäude immer noch nicht befriedigend abgeschlossen. Uns gelingt es zwar mühelos, aus zweidimensionaler Information, die von der Netzhaut in unsere Gehirne weitergeleitet wird, ein dreidimensional zufriedenstellendes Abbild unserer Umgebung zu generieren.

Der Relativitätstheorie liegt jedoch eine vierdimensionale Weltbeschreibung zugrunde. Es bleibt die Aufgabe, diese vierdimensionalen Strukturen didaktisch so zu gestalten, dass Lernende ein vertieftes Verständnis für typisch vierdimensionale Effekte erhalten. Es ist somit anzustreben, gerade auch Sachverhalte, die im Dreidimensionalen nicht möglich und damit von uns im nicht-relativistischen Alltag nicht erlebbar sind, Lernenden didaktisch zu öffnen und zugänglich zu machen. Im Idealfall sollte es dann für unsere durch Erfahrung vorgeprägten menschlichen Gehirne – so das Fernziel in einiger Zukunft – möglich sein, aus zweidimensionaler Information ein vierdimensional konzeptuell zufriedenstellendes Abbild relativistischer Situationen zu generieren.

Objekte, die im Dreidimensionalen nicht existieren

In dreidimensionalen Räumen oder Raumzeiten ist jedes n-dimensionale geometrische Objekt (k-Vektor) als äußeres Produkt von k nicht-parallelen Vektoren darstellbar. Solche äußeren Produkte werden Blades genannt. Beispiel dafür ist das in Abbildung 1 links eingezeichnete Flächenstück, das als äußeres Produkt der beiden Vektoren $\sigma_x + 2\,\sigma_y$ und σ_z dargestellt werden kann. Dabei folgt die mathematische Schreibung den Konventionen der Geometrischen Algebra, siehe (Hestenes 2002), (Lasenby & Doran 2003), (Horn 2012).

In vier- und noch höher-dimensionalen Räumen oder Raumzeiten existieren auch k-Vektoren, die nicht in Form äußerer Produkte geschrieben werden können und als Non-Blades bezeichnet werden (siehe Abb. 1 rechts). Zentrales geometrisches Charakteristikum ist dabei das Schnittverhalten der Konstituenten von Blades und Non-Blades. Die Summe von Flächenstücken mit gemeinsamer **Schnittlinie** bildet ein zweidimensionales Blade. Ein zweidimensionales Non-Blade wird dagegen durch die Summe von Flächenstücken, die lediglich einen gemeinsamen **Schnittpunkt** besitzen, gebildet – eine Situation, die nur in mindestens vierdimensionaler Geometrie zu realisieren ist. Diese Vierdimensionalität wird in der rechten Teilabbildung 1 durch vier senkrecht zueinander stehende Achsen angedeutet, wobei einzelne Achsen entweder raum- oder zeitartig sind.

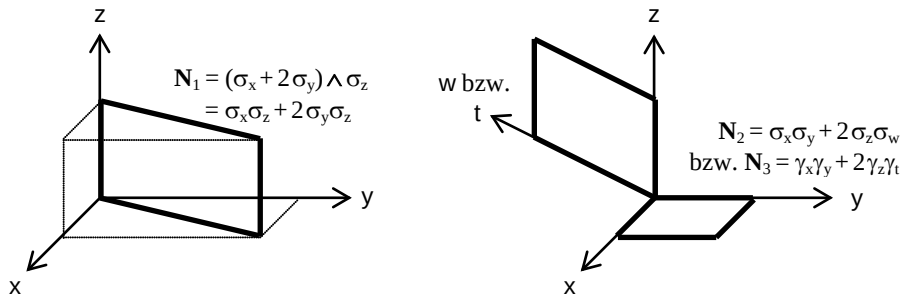


Abb. 1: Beispiel eines zweidimensionalen Blades (links) und Non-Blades (rechts)

Wirkung von Blades und Non-Blades

Blades und Non-Blades können in der Geometrischen Algebra nicht nur als Operanden, auf die eingewirkt wird, sondern auch als Operatoren, die ihrerseits auf Operanden einwirken, interpretiert werden. Dieses Wirkungsverhalten wird im einfachsten Fall mathematisch durch das Sandwich-Produkt modelliert. So führt die rechts- und linksseitige Sandwich-Multiplikation $\mathbf{r}' = -\,\mathbf{N}\,\mathbf{r}\,\mathbf{N}^{-1}$ (Horn 2015) eines Vektors $\mathbf{r}$ mit einem Blade $\mathbf{N}_1$ auf eine Reflexion des Vektors an der Fläche, die durch dieses Blade repräsentiert wird (siehe Abb. 2 links).

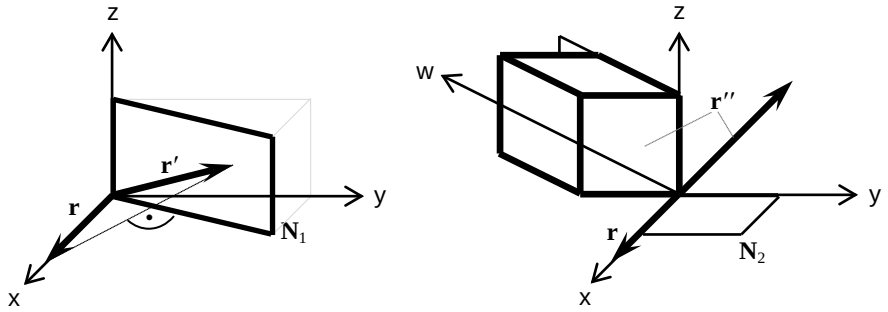


Abb. 2: Beispiel der Operatorwirkung eines Blades (links) und Non-Blades (rechts).

In vierdimensionaler, rein räumlicher Geometrie führt die Sandwich-Multiplikation eines Vektors mit einem zweidimensionalen Non-Blade auf eine hyperbolische Reflexion (siehe Abb. 2 rechts) mit einem erstaunlichen Dimensionsverhalten: Das mathematische Spiegelbild des Vektors konstituiert sich als Linearkombination eines verlängertem Vektors und eines Volumenelements. Länge wird hierbei in Rauminhalt transformiert.

Grundlage der Speziellen Relativitätstheorie bildet jedoch die vierdimensionale Raumzeit. In einer solchen raumzeitlichen Geometrie führt die Sandwich-Multiplikation eines Vektors mit einem zweidimensionalen Non-Blade auf eine euklidische Reflexion (siehe Abb.3). Und auch dieses Mal bewirkt die mathematische Modellierung eine Dimensionsänderung: Wieder wird Länge in Rauminhalt transformiert, da sich das mathematische Spiegelbild des Vektors als Linearkombination eines verkürzten Vektors und eines Volumenelements konstituiert.

Reflexion des Vektors $\mathbf{r} = 1{,}8\,\sigma_x$ im 3d- und 4d-Raum (siehe Abb. 2):

$$\mathbf{r}' = -\mathbf{N}_1\,\mathbf{r}\,\mathbf{N}_1^{-1} = -1{,}08\,\sigma_x + 1{,}44\,\sigma_y$$
$$\mathbf{r}'' = -\mathbf{N}_2\,\mathbf{r}\,\mathbf{N}_2^{-1} = -3{,}00\,\sigma_x - 2{,}40\,\sigma_y\sigma_z\sigma_w$$

Reflexion des Vektors $\mathbf{r} = 1{,}8\,\gamma_x$ in der 4d-Raumzeit (siehe Abb. 3):

$$\mathbf{r}''' = -\mathbf{N}_3\,\mathbf{r}\,\mathbf{N}_3^{-1} = -1{,}08\,\gamma_x - 1{,}44\,\gamma_y\gamma_z\gamma_t$$

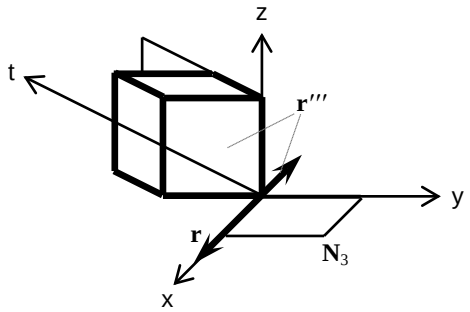


Abb. 3: Beispiel der Operatorwirkung eines Non-Blades im raumzeitlichen Kontext.

Perspektivwechsel und didaktische Umformung

Die Geometrische Algebra verknüpft geometrische und algebraische Sichtweisen zu einem kohärenten Gesamtbild. Diese übergreifende Betrachtung mathematischer und physikalischer Zusammenhänge unterstützt den Lernprozess bei heterogen zusammengesetzten Lern-

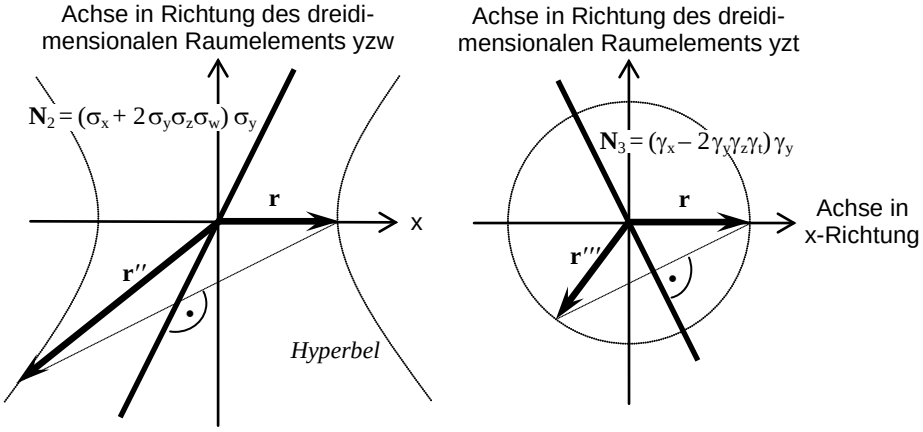


Abb. 4: Darstellung der Beispieloperationen in der mit $\sigma_x^2 = 1$ *und* $\mathbf{I}_2^2 = (\sigma_y\sigma_z\sigma_w)^2 = -1$ *komplexen (links) und der mit* $\gamma_x^2 = \mathbf{I}_3^2 = (\gamma_y\gamma_z\gamma_t)^2 = -1$ *pseudo-reellen Zahlenebene (rechts).*

gruppen, in denen unterschiedliche Lerntypen einen Zugang zu höher-dimensionalen Strukturen suchen. So sind Lernende in diesem Bereich in der Regel entweder algebraisch geprägt und finden einen Zugang vorwiegend über abstrakt-algebraische Beziehungen. Oder sie sind geometrisch geprägt und suchen ein Verständnis durch geometrisch-visuelle Ansätze.

Es ist deshalb sinnvoll, eine Reformulierung des rechts von Abb. 3 gezeigten direkten Zusammenhangs zwischen ursprünglichen und gespiegelten Vektoren aus beiden Blickwinkeln zu erarbeiten. Dieser Perspektivwechsel gelingt durch Übergang zu einer komplexwertigen Beschreibung, wie sie in Abb. 4 gezeigt wird. Hier werden analog zur Gaußschen Darstellung Einheitsvolumina als imaginäre Basisgrößen herangezogen, die dann mit einer weiteren raum- oder zeitartigen Achse die entsprechende Zahlenebene aufspannen.

Parallel zur algebraischen Umgestaltung führt die graphische Veranschaulichung zu einem Bild, in dem die dimensionsändernden Transformationen von Abb. 2 & 3 tatsächlich überzeugend als Reflexionen zu identifizieren sind. In Abb. 4 ist leicht erkennbar, dass die parallel zu den Spiegelflächen $\mathbf{N}_2$ bzw. $\mathbf{N}_3$ liegenden Komponenten des Vektors **r** unverändert bleiben, während senkrecht zur Spiegelfläche liegende Komponenten ihr Vorzeichen umkehren. Als Operatoren bewirken auch Non-Blades somit originäre Reflexionen.

Ausblick

In der Relativitätstheorie werden Lorentz-Transformationen als raumzeitliche Rotationen gedeutet und beschrieben. Rotationen wiederum sind als Aufeinanderfolge zweier Reflexionen darstellbar. Der Übergang von nicht-relativistisch dreidimensionalen zu relativistisch vierdimensionalen Strukturen ist somit auch ein Übergang von Blades zu Non-Blades. Dies führt auf einen didaktischen Zugang zu Lorentz-Transformationen, in denen Zeitdilatation und Längenkontraktion eine alternative Ursache finden: In Raum verwandelte Strecke führt dazu, dass Zeit- und Längendifferenzen mit dann veränderten Maßstäben gemessen werden.

Literatur

Hestenes, D. (2002). New Foundations for Classical Mechanics. New York: Kluwer Academic Publishers
Doran, C., & Lasenby, A. (2003). Geometric Algebra for Physicists. Cambridge: Cambridge University Press
Horn, M.E. (2012). Pauli-Algebra und S3-Permutationsalgebra. London: Bookboon/Ventus Publishing
Horn, M.E. (2015). Sandwich Products and Reflections. Beitrag zur DPG-Frühjahrstagung 2015 in Wuppertal

Christian Hausen
Dr. Rainer Wackermann
Dr. Heiko Krabbe
Ruhr-Universität Bochum

Einfluss von 90-minütigen Unterrichtsstunden auf die Qualität von Physikunterricht

Hintergrund und Forschungsfragen

Im Rahmen der Unterrichts- und Schulentwicklung wird auch eine Verlängerung der Schulstunde auf 90 Minuten diskutiert (Bergmann & Fiegenbaum, 2009), die eine Revision der Unterrichtskonzepte mit sich bringen sollte (Langlet, 2010). In Bezug auf die lernprozessorientierte Strukturierung des Unterrichts stellt sich die Frage, ob die Umstellung auf Doppelstunden dazu führt, dass Lernprozesse besser abgeschlossen werden können (Borowski et al., 2010). Für das Fach Physik liegen Befunde vor, dass eine Verlängerung der Schulstunden bzw. längere Schulstunden an sich nicht automatisch zu vollständigeren Lernprozessen (Wackermann & Rektor, 2013 bzw. Stender et al., 2013; Zander et al., 2013) führt. In dieser Studie wird der Physikunterricht zweier Lehrkräfte vor und nach der Umstellung von 45 auf 90 minütige Unterrichtsstunden verglichen. Die Lernprozessstruktur wird dabei mit Hilfe der Theorie der Basismodelle von Oser & Baeriswyl (2001) in der Interpretation von Wackermann, Trendel & Fischer (2010) untersucht. Jedes Basismodell umfasst fünf Unterrichtsphasen und die fünfte Phase beinhaltet jeweils die Vernetzung. Die Befragung der Lehrkräfte soll Aufschluss über ihre Planungsentscheidungen geben, eine zusätzliche kurze Schülerbefragung dient als Kontrollvariable.

Forschungsfragen:

- Wie nutzen Lehrkräfte die zusätzliche Unterrichtszeit in 90-Minuten-Stunden?
- Erhöht sich in 90-Minuten-Stunden die Häufigkeit und Dauer von Vernetzungsphasen im Vergleich zu den 45-Minuten-Stunden?

Methodisches Vorgehen

In der Fallstudie wird der Unterricht zweier Lehrkräfte derselben Schule jeweils in einer 9. Klasse vor und nach der Umstellung von 45-Minuten auf 90 Minuten-Stunden verglichen. Je Lehrkraft gibt es fünf Videos vorher und nachher (n=20 Videos). Beide Lehrkräfte nahmen 2005/2006 an einer Fortbildung zu Basismodellen teil (Wackermann, 2008), aus der jeweils fünf 45er-Videos stammen. Die Schule stellte 2009 auf Doppelstunden um, die Erhebung der 90-minütigen Videos fand 2013/14 statt.

An Instrumenten und Variablen werden eingesetzt eine Unterrichtsvideoanalyse mit zeitbasierter Kodierung von Lernprozessstruktur und Vernetzung (vgl. Wackermann 2008, Beurteilerübereinstimmung mit κ=0,7 bzw. 0,9), ein Lehrkräfteinterview mit leitfadengestützter Erhebung von Planungsentscheidungen, von Kenntnissen der Basismodelle und von Einstellungen zu Vernetzung/Basismodellen sowie eine Schülerbefragung zur Unterrichtswahrnehmung mittels Kurzfragebogen (Kontrollvariable, vgl. Wackermann, 2008). Die geplante Auswertung betrifft bei der Videoanalyse unter anderem die Zeitanteile der Unterrichtsphasen summiert über alle Basismodelle und bei dem Lehrkräfteinterview eine induktive Kategorienbildung der Lehrkräfteaussagen mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2000).

Ergebnisse

Die mittlere effektive Unterrichtszeit, entnommen aus der zeitbasierten Kodierung der Lernprozessstruktur, verändert sich für beide Lehrkräfte gleichermaßen von ca. 39 auf ca. 74 Minuten pro Unterrichtsstunde. Die Vielfalt der Basismodelle nimmt für Lehrkraft H bei den

längeren Schulstunden signifikant zu. Bei Lehrkraft W wird hingegen eine Verengung bei der Wahl des Basismodells hin beobachtet, da für Lehrkraft W in mehr als der Hälfte der Unterrichtsminuten Konzeptbildung kodiert wurde. Die Verteilung der Unterrichtszeit auf die einzelnen Unterrichtsphasen unabhängig vom gewählten Basismodell und summiert über jeweils alle Unterrichtsstunden ist in Tabelle 1 dargestellt.

Lehrkraft	**Bedingung**	**Phase 1 (z.B. Wiederholen)**	**Phase 2 (z.B. Erarbeiten)**	**Phase 3 (z.B. Festhalten des Neuen)**	**Phase 4 (z.B. Üben)**	**Phase 5 (z.B. Vernetzung)**
Lehrkraft H.	45 min	22 min	79 min	29 min	39 min	7 min
	90 min	88 min	46 min	43 min	107 min	0 min
	Effektstärke	1.71*	0.73	0.59	0.93	0.90
Lehrkraft W.	45 min	17 min	77 min	20 min	58 min	6 min
	90 min	120 min	59 min	37 min	80 min	0 min
	Effektstärke	1.71(*)	0.63	1.67	0.59	1.34

Tab. 1 Zeitanteile der Unterrichtsphasen ($p < 0,05$; (*) $p < 0,10$)*

Die wesentlichen Aussagen des Lehrkräfteinterviews finden sich für beide Lehrkräfte getrennt in Tabelle 2.

Lehrkraft H	**Lehrkraft W**
• In den längeren Stunden werden Physikalische Fragen besprochen. • In den längeren Stunden wird mehr Tiefe vermittelt, nicht aber umfangreicherer Stoff. • Die veränderte Stundentaktung beeinflusst die Planung der Tiefenstruktur nicht. • Längere Stunden können besser abgeschlossen werden. • Keine Änderung des Gesprächsverhaltens in den längeren Stunden. • Die 90-Minuten-Stunden werden durch eine Pause unterbrochen. • Die erste Planungsentscheidung ist die des Lernziels. • Die Planung von Unterrichtsreihen orientiert sich am Vorwissen und an den Interessen der Schüler. • Der Unterricht wird problemorientiert aufgezogen. • Das Basismodell Problemlösen ist gut in Erinnerung. • Die Stundenplanung orientiert sich nicht an Basismodellen. • Vernetzungsphasen werden als wichtig erachtet.	• In 90 Minuten können Stunden besser abgeschlossen werden als in 45. • 90-Minuten-Stunden erfordern ein höheres Maß an Strukturiertheit als 45-Minuten-Stunden. • Die zusätzliche Unterrichtszeit wird vor allem in Übungsphasen investiert. • Versuche können in 90 Minuten noch ausgewertet werden, in 45 jedoch nicht. • In 45-Minuten-Stunden muss mehr wiederholt werden als in 90. • In den längeren Stunden werden die Schüler besser aktiviert. • In 90 Minuten kann eine größere methodische Vielfalt erreicht werden als in 45. • Die erste Planungsentscheidung betrifft das Lernziel. • Die zweite Planungsentscheidung betrifft den Experiment- bzw. Medieneinsatz. • Lehrer W. hat nur noch eingeschränkte Kenntnisse über Basismodelle, hält sie aber für hilfreich in der Stundenplanung. • Lehrer W. erachtet Vernetzungsphasen als sehr wichtig. • In 90 Minuten kann eine größere inhaltliche Tiefe erreicht werden.

Tab. 2: Themen im Interview (Auswahl)

Als weiteres Ergebnis liefert die Schülerbefragung mit dem Konstrukt „Ich konnte heute im Unterricht gut mitmachen“ für beide Lehrkräfte signifikante Veränderungen mit mittlerer Effektstärke, wobei bei Lehrkraft H eine negative Veränderung in der Einschätzung der Schüler bezüglich des gemessenen Konstrukts und bei Lehrer W. hingegen eine kleine positive Veränderung zu verzeichnen ist. Aufgrund verschieden hoher Ausgangsmittelwerte bei

den 45er-Videos erzielen beide Lehrkräfte bei den längeren Schulstunden das gleiche, mittelhohe Niveau in der Schülereinschätzung des Unterrichts.

Diskussion

Die Unterrichtsvideoanalyse zeigt, dass die hier untersuchten Lehrkräfte die zusätzliche Zeit besonders für Wiederholen und Üben verwenden, das Erarbeiten nimmt hingegen ab und die Vernetzungsphase kommt unter der Bedingung längerer Schulstunden überhaupt nicht vor. Im Interview hingegen geben die hier untersuchten Lehrkräfte an, dass die Vernetzungsphase wichtig sei und dass die längeren Schulstunden besser abgeschlossen werden können. Die Lehrkräfte begründen ihr Handeln erfahrungsbasiert oder mit subjektiven Theorien. Ihrer Aussage nach wird die zusätzlich am Stück für Verfügung stehende Unterrichtszeit für physikalische Fragen seitens der Schülerinnen und Schüler bzw. für mehr Zeit zum Üben für die Schülerinnen und Schüler verwendet. Die Schülerbefragung zeigt, dass die realisierten Handlungen unterschiedlich empfunden werden.

Fazit, Grenzen der Arbeit und Ausblick

Möglicherweise gibt es differierende Verständnisse von Vernetzung zwischen den Forschern und den untersuchten Lehrkräften, da die Lehrkräfte von besserem Stundenabschluss bei den längeren Schulstunden berichten, Vernetzungsphasen aber nicht beobachtet werden konnten. Einschränkend ist zu erwähnen, dass ein relativ langer Zeitraum zwischen Vor- und Nacherhebung liegt. Es werden dadurch zwar dieselben Lehrkräfte, aber mit jeweils einer anderen Lerngruppe betrachtet. Wir halten den Einfluss der Lerngruppe auf die Befunde aber für gering.

Ziel weiterer Studien sollte sein, das Vernetzungsverständnis von Lehrkräften weiter aufzuklären und durch eine Intervention zu verändern.

Danksagung

Besonderer Dank geht an die beiden beteiligten Lehrkräfte und ihre jeweiligen Klassen, die durch ihre engagierte Mitarbeit diese Studie überhaupt erst ermöglichten!

Literatur

Bergmann, H. P. & Fiegenbaum, D. (2009). Rhythmisierung und Zeitstrukturmodelle im Ganztag**.** In: *Der GanzTag in NRW* Nr. 12: Althoff u.a., Münster 2009.

Borowski, A., Fischer, H.E., Trendel, G., & Wackermann, R. (2010). Guter Fachunterricht braucht seine Zeit. *Pädagogik*, 62 (3), 26-29.

Langlet, J. (2010). *Doppelstunden im naturwissenschaftlichen Unterricht. Argumente und Hilfen.* (M. D. e.V., Hrsg.).

Mayring, P. (2000). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 7. Auflage.* Weinheim: Beltz-Verlag.

Oser, F. & Baeriswyl, F. (2001). Choreographies of Teaching. Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Eds.), *AERA's Handbook of Research on Teaching* – 4th Edition. Washington: American Educational Research Association, 1031–1065.

Stender, A., Geller, C., Neumann, K., & Fischer, H. (2013). Der Einfluss der Unterrichtstaktung auf die Strukturiertheit und Abgeschlossenheit von Lernprozessen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* , S. 189-208.

Wackermann, R. (2008). *Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodelltrainings für Physiklehrer.* Berlin, Logos.

Wackermann, R. , Trendel, G. & Fischer, H. E.(2010). Evaluation of a Theory of Instructional Sequences for Physics Instruction. *International Journal of Science Education*, 32(7), 963 – 985.

Wackermann, R. & Hater, geb. Rektor, J. (2013). *The effect of lesson duration (45 vs. 60 minutes) on quality of physics instruction*. Conference proceeding, NARST 2013 conference, USA.

Zander, S., Krabbe, H., & Fischer, H. (2013). Lernzuwächse in der Mechanik im Rahmen der Lehrerfortbildung „Sequenzierung von Lernprozessen". (S. Bernholt, Hrsg.) *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012* , S. 503-505.

Michael Szogs[1]
Friederike Korneck[1]
Marvin Krüger[1]
Lars Oettinghaus[1]
Mareike Kunter[2]

Goethe-Universität Frankfurt am Main
[1]Institut für Didaktik der Physik
[2]Institut für Psychologie

Kognitive Aktivierung in standardisierten Unterrichtsminiaturen

Einleitung

Die Studie Φactio untersucht den Zusammenhang der fachbezogenen Überzeugungen und des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte mit der Qualität ihres Unterrichts. Zur Messung der Unterrichtsqualität wurde für die Studie ein Ratingmanual entwickelt und erprobt, das in diesem Beitrag exemplarisch anhand der Basisdimension ‚kognitive Aktivierung' vorgestellt wird. Neben der kognitiven Aktivierung, welche sich als die Anregung der Lernenden zum vertieften Nachdenken und zu einer elaborierten Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand charakterisieren lässt (Lipowsky, 2009), werden die beiden weiteren Basisdimensionen ‚Konstruktive Unterstützung' und ‚Klassenführung' mit dem Manual der Φactio-Studie erfasst, welche ebenfalls als Prädiktor für den Lernerfolg der Schüler(innen) gesehen werden (Kunter & Trautwein, 2013).

Studien- und Lehrdesign

Die Erhebungen der Studie finden im Kontext einer Lehrveranstaltung der Goethe-Universität Frankfurt am Main und des Studienseminars Oberursel statt, in deren Rahmen angehende Physiklehrkräfte Unterrichtsminiaturen zu einem Freihandexperiment planen, an einer kooperierenden Schule unterrichten, anschließend reflektieren und videobasiert analysieren.
Jede(r) Teilnehmer(in) der Lehrveranstaltung unterrichtet an einem von drei Unterrichtstagen zwei 12-minütige Unterrichtsminiaturen: In der ersten Doppelstunde wird eine Klassenhälfte aufeinanderfolgend von sechs Lehrpersonen unterrichtet, während die anderen Teilnehmer(innen) hospitieren. Die unterrichteten Miniaturen werden in der zweiten Doppelstunde kollegial reflektiert und unter Berücksichtigung der angeregten Änderungen reorganisiert. In der dritten Doppelstunde des Vormittags unterrichten dieselben sechs Lehrpersonen die zweite Klassenhälfte.
Zwischen den einzelnen Unterrichtsminiaturen bewerten sowohl die durchschnittlich 12 Schüler(innen) als auch die circa 10 hospitierenden Peers die Unterrichtsqualität anhand von Fragebögen (22 Items). Darüber hinaus werden die Unterrichtssequenzen videografiert. Damit können die beiden Perspektiven auf Unterrichtsqualität um die von Videobeobachter(inne)n ergänzt werden. Vor und nach der Lehrveranstaltung erfolgt zudem eine Erhebung der Überzeugungen und des Professionswissens der Lehrpersonen. Eine detaillierte Darstellung des Settings findet sich bei Korneck et al. (2015).

Entwicklung des Manuals

In einer ersten Teilstudie von Φactio wurden acht Unterrichtsminiaturen von zwei Videobeobachtern mit Hilfe des Manuals der IPN-Videostudie (Kobarg & Seidel, 2007) zeitintensiv kodiert. Da jedoch nicht in allen Untersuchungsbereichen zufriedenstellende Gütemaße erreicht werden konnten, wurde für die Hauptstudie ein Manual mit dem Ziel entwickelt, in möglichst kurzer Zeit die Qualität von Physikunterricht effektiv und mit hoher Güte bewerten zu können. Das gesamte Φactio-Manual umfasst 18 Subdimensionen, die sich den drei Basisdimensionen kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung und Klassenführung zuordnen lassen. Mit mittel- bis hoch-inferenten Items wird die Qualität gesamter Unterrichtssequenzen auf Basis vierstufiger Likert-Skalen eingeschätzt. Neben den Items

wurde für jede Subdimension eine Grundidee formuliert, die die Rater bei der Einschätzung der Items unterstützen soll. Zur Entwicklung des Manuals wurde zunächst ein Pool aus für die Physik relevanten Items der PERLE-Videostudie (Lotz, Lipowsky & Faust, 2013), der IPN-Videostudie (Seidel, Prenzel, Duit & Lehrke, 2003), der COACTIV-Studie (Baumert et al., 2009) und der Studie von Vogelsang (2015) erstellt. Darüber hinaus wurden Items neu entwickelt, um die Grundideen der Subdimensionen besser abbilden zu können. Hierzu wurden unter anderem Ergebnisse aus der Lehrveranstaltung selbst herangezogen: Die von den Teilnehmer(inne)n während den Kollegialberatungen zur Reflexion und Analyse gewählten Aspekte haben sich als geeignete Indikatoren für Unterrichtsqualität erwiesen.

Subdimensionen der kognitiven Aktivierung

Die Basisdimension kognitive Aktivierung gliedert sich in die vier Subdimensionen ‚Umgang mit Vorwissen und Schülerbeiträgen' (8 Items), ‚kognitive Selbstständigkeit' (11 Items), ‚diskursives Lernen' (8 Items) und ‚Potential zum Konzeptwechsel' (8 Items).

Zusammengenommen beschreiben sie, wie sehr die Lehrperson Lerngelegenheiten wahrnimmt und inszeniert, die die Schüler(innen) zu einem vertieften Nachdenken über das Unterrichtsthema anregen. Dabei berücksichtigt die Lehrperson zum einen das Vorwissen und die Beiträge der Schüler(innen), um gezielt an ihre bisherigen Konzepte anzuknüpfen. Zum anderen regt sie die Schüler(innen) an, sich selbstständig und untereinander mit ihren Ideen und Konzepten zum Thema zu befassen. Insgesamt nutzt die Lehrperson die kognitive Mobilisierung der Schüler(innen), um ein Überdenken der bisherigen Konzepte oder gar das Annehmen eines neuen, verbesserten Verständnisses zum Thema zu erreichen. Beispielhaft lautet die Grundidee der Subdimension Umgang mit Vorwissen und Schülerbeiträgen:

„Beim Umgang mit Vorwissen und Schülerbeiträgen wird bewertet, inwiefern die Lehrperson das Vorwissen der Schüler(innen) exploriert, aktiviert und in den Unterrichtsverlauf einbezieht. Zum Vorwissen zählen insbesondere die Präkonzepte der Schüler(innen), ihr Alltagswissen und die Lernerfahrungen aus dem vorherigen Unterricht. Die Lehrperson macht die aufgetretenen Aspekte auch den anderen Schüler(inne)n bewusst und so für den späteren Unterrichtsverlauf nutzbar. Die Exploration und Darstellung des Vorwissens sollte dabei offen und ohne Bewertung erfolgen. Eine inhaltliche Thematisierung und Reflexion erfolgt meist erst während der Erarbeitungsphase im späteren Unterrichtsverlauf. Hier kann die Lehrperson dann an das Vorwissen anknüpfen und notwendige Bezüge herstellen."

Ergebnis

In der Pilotierung wurden mit dem Manual sieben Unterrichtsminiaturen durch fünf Rater eingeschätzt, die zwar nicht eigens geschult wurden, jedoch am Ende ihres Lehramtsstudiums der Physik stehen und die oben beschriebene Lehrveranstaltung bereits abgeschlossen haben.

Um zu überprüfen, ob das Instrument reliable Ergebnisse erzielt, wurden Intraklassenkorrelationen (ICC) zur Überprüfung der Beobachtereinstimmung, Cronbachs Alpha (α) als Maß der Skalenreliabilität sowie Generalisierbarkeitskoeffizienten (G), als Kombination beider aufgeführter Reliabilitätsmaße, berechnet. Mit Hilfe der Generalisierbarkeitstheorie lassen sich zudem, ausgehend von den Ergebnissen des Ratings, G-Werte für andere Raterzahlen extrapolieren (Brennan, 2001). Für alle Maße gilt, dass Werte über 0,7 als zufriedenstellend angesehen werden können. Die entsprechenden Ergebnisse der kognitiven Aktivierung und ihrer vier Subskalen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Es zeigt sich, dass mit dem Instrument in fast allen Bereichen reliable Ergebnisse erzielt werden können: Die Werte der Skalenreliabilitäten liegen bei allen fünf (Sub)-Dimensionen im guten Bereich. Dies trifft auch weitestgehend auf die Intraklassenkorrelationen zu, bei denen nur die oben aufgeführte Subdimension Umgang mit Vorwissen und Schülerbeiträgen keinen zufriedenstellenden Wert aufweist (ICC=0,61). Hier ist zu klären, wie sich die Über-

einstimmung der Rater zu dieser Subdimension verbessern lässt. Mit Hilfe der Generalisierbarkeitstheorie ließ sich berechnen, dass die Generalisierbarkeitskoeffizienten erwartungskonform mit Zunahme der Anzahl der Rater gesteigert wird. Gleichzeitig zeigt sich, dass je nach Subdimension eine Zahl von drei bis fünf Ratern erforderlich ist, um eine Reliabilität von mindestens 0,70 zu erreichen. Für die Hauptstudie wird daher auf die Urteile von 5 Ratern zurückgegriffen.

	ICC (2)	Cronbachs Alpha	G (3 Rater)	G (5 Rater)	G (7 Rater)
Kognitive Aktivierung (gesamt)	0,86	0,84	0,75	0,82	0,86
Umgang mit Vorwissen und Schülerbeiträgen	0,61	0,78	0,60	0,69	0,74
Kognitive Selbstständigkeit	0,76	0,84	0,64	0,72	0,76
Diskursives Lernen	0,94	0,82	0,84	0,86	0,88
Potential zum Konzeptwechsel	0,73	0,80	0,69	0,77	0,81

Tab. 1: Reliabilitätsmaße der kognitiven Aktivierung in der Pilotierung (5 Rater)

Fazit & Ausblick

Die durchgeführte Pilotierung zeigt, dass mit dem Ratingmanual bereits mit geringem Zeitaufwand ein umfassendes Bild der Physikunterrichtssequenzen weitestgehend reliabel erhoben werden kann. Aktuell wird ein Datensatz von 152 Videos ausgewertet. Diese Zahl ergibt sich aus dem Unterricht von 76 Lehrpersonen, von denen jeweils zwei Unterrichtssequenzen videografiert wurden. Dabei ist hervorzuheben, dass eine Analyse auf Subdimensionsebene erfolgt und somit eine differenziertere Perspektive auf Unterrichtsqualität ermöglicht wird. Im Weiteren ist geplant, auf Subdimensionsebene den Zusammenhang der fachbezogenen Überzeugungen und des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte in Beziehung zur Qualität ihres Unterrichts zu setzen.

Literatur

Baumert, J., Blum, W., Brunner, S., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Kunter, M., Löwen, K., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2009). COACTIV Dokumentation. Berlin: MPI für Bildungsforschung.

Brennan, R. L. (2001). Generalizability theory. New York: Springer

Kobarg, M. & Seidel, T. (2007). Prozessorientierte Lernbegleitung - Videoanalysen im Physikunterricht der Sekundarstufe I. Unterrichtswissenschaft, 35 (2), 148-168

Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Redinger, R. (2015). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In Rauin, Herrle, & Engartner (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und aktuelle Anwendungsbeispiele. Weinheim: Beltz Juventa

Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). Psychologie des Unterrichts. Paderborn: Schöningh

Lipowsky, F. (2009). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie, 73-102. Berlin: Springer

Lotz, M., Lipowsky, F., Faust, G. (Hrsg.) (2013). Dokumentation der Erhebungsinstrumente des Projekts "Persönlichkeits- und Lernentwicklung von Grundschulkindern" (PERLE). 3. Technischer Bericht zu den PERLE-Videostudien. Frankfurt am Main: Gesellschaft zur Förderung Pädagogischer Forschung (GFPF).

Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (Hrsg.) (2003). Technischer Bericht zur Videostudie Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht". Kiel: IPN

Vogelsang, C. (2015). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von Physiklehrkräften - Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Berlin: LOGOS-Verlag

Justus Saman Zokaie[1]
Lars Oettinghaus[1]
Friederike Korneck[1]
Mareike Kunter[2]

Goethe-Universität Frankfurt am Main
[1]Institut für Didaktik der Physik
[2]Institut für Psychologie

Veränderung von Lehrerüberzeugungen durch Microteaching

Theoretischer Hintergrund

Obwohl Überzeugungen als sehr stabil gelten, befasst sich dieser Artikel mit der Frage, inwiefern Lehrerüberzeugungen durch universitäre Lehrerveranstaltungen verändert werden können. Unter Lehrerüberzeugungen werden hierbei „Annahmen und Vorstellungen von Lehrkräften über schul- und unterrichtsbezogene Phänomene mit einer bewertenden Komponente“ (Kunter & Pohlmann, 2015, S. 267) verstanden. Da Überzeugungen einen theoretischen und empirisch nachweisbaren Einfluss auf das unterrichtliche Handeln einer Lehrkraft haben (Voss et al., 2011; Kunter & Pohlmann, 2015), muss sich die Lehrerbildung vermehrt mit der Überzeugungsentwicklung und -veränderung beschäftigen.

Konstruktivistische Lehrerüberzeugungen sind ein mehrdimensionales Konstrukt, das die Überzeugungen zum selbstständigen und zum transmissiven Lernen enthält (Lipowsky et al., 2003).

Studierende weisen schon zu Studienbeginn ein ausgeprägtes Profil hinsichtlich ihrer Lehrerüberzeugungen auf. Studierende beobachten in ihrer eigenen Schulzeit Tausende von Unterrichtsstunden und bilden aus diesen Beobachtungen eine Vorstellung heraus, wie Lehr- und Lernprozesse auszusehen haben (Lortie, 1975). Da Überzeugungen zudem als Filter bezüglich der im Studium auftretenden Inhalte wirken, zeigen sich die bereits gewonnenen Überzeugungen robust gegenüber Veränderungen (Blömeke, 2005). Es gibt dennoch die Möglichkeit auch in der regulären Lehrerausbildung durch gezielte Interventionen Veränderungen herbeizuführen (Barlow & Cates, 2006).

So müssen Lehrkräfte zuerst mit ihrer eigenen Perspektive auf Lehr-Lern-Prozesse konfrontiert werden, bevor sie in der Lage sind, ihre Überzeugungen zu verändern (Patrick & Pintrich, 2001). Langfristige Überzeugungsänderungen treten insbesondere auf, wenn auf systematische Weise eine neue Sicht auf Lehr-Lern-Prozesse vermittelt wird (Gregoire, 2003). Reflexion über das eigene Unterrichtsverhalten kann in diesem Sinne als eine solche systematische Intervention verstanden werden. Der reine Erfahrungsaustausch scheint dabei keine großen Effekte zu zeigen, es ist vielmehr notwendig, verschiedene Sichtweisen aufzuzeigen und zu diskutieren (Decker et al., 2014).

Für die Ausbildung von Überzeugungen kann auf die Bedeutsamkeit von Unterrichtsvideos hingewiesen werden (Lipowsky et al., 2006). Bei der Frage über den Einfluss von Unterrichtsvideos muss unterschieden werden, ob eigene oder fremde Unterrichtsvideos analysiert werden. Die Analyse von eigenen Unterrichtsvideos kann einen größeren Einfluss auf Lehrpersonen haben (Seidel et al., 2011), wobei die Analyse von fremden Videos durchaus mehr Kritik erlaubt, weil Lehrpersonen gegenüber Selbstkritik unbewusst Abwehrmechanismen zeigen können. Darauf basierend sollten Lehrveranstaltungen, die sich videographischer Analysen und Reflexion bedienen, von der Schaffung einer kritikwertschätzenden Atmosphäre besonders profitieren.

Lehrerfortbildungen, welche insbesondere Elemente wie Feedback, videographische Unterstützung, konstruktive Atmosphäre und eine gute Moderation enthalten, haben einen positiven Einfluss auf die konstruktivistische Orientierung der Teilnehmer (Gärtner, 2007). Diese Aspekte sind insbesondere in Microteaching-Lehrveranstaltungen enthalten.

Forschungshypothesen

Die zentrale Frage dieser Arbeit ist, ob sich Lehrerüberzeugungen durch eine Microteaching-Lehrveranstaltung verändern lassen. Dazu wurden für die beiden betrachteten Überzeugungsskalen Forschungshypothesen formuliert:

H_1: Durch die Intervention des Microteaching-Kurses kommt es zu einer Verringerung der Überzeugung zum transmissiven Lernen.

H_2: Durch die Intervention des Microteaching-Kurses kommt es zu einer Steigerung der Überzeugung zum selbstständigen Lernen.

Lehrveranstaltung und Erhebungssetting

In der Microteaching-Lehrveranstaltung erarbeiten Studierende innerhalb einer 12-minütigen Unterrichtsminiatur, welche alle Phasen ähnlich zu einem normalen Unterricht enthält, vor halber Klassenstärke ein Freihandexperiment der Mechanik mit Schülern (Sach & Korneck, 2006; Korneck et al., 2015).

Nach einem ersten Unterrichtsversuch mit der ersten Klassenhälfte folgten eine Phase kollegialen Feedbacks und Beratung durch beisitzende Dozenten und Peers sowie eine Reflexionsmöglichkeit, sodass am gleichen Tag eine überarbeitete Version der Unterrichtssequenz vor der anderen Klassenhälfte unterrichtet werden kann. Der zweiten Unterrichtssequenz folgt ebenfalls eine Phase von Feedback, Beratung und Reflexion. Nach den Unterrichtstagen haben die Studierenden die Aufgabe, ihre videographierten Unterrichtssequenzen in Hinblick auf eine exemplarische Situation zu untersuchen, diese im Plenum zur Diskussion zu stellen und anschließend eine ausführliche Selbstreflexion durchzuführen, die in einem schriftlichen Abschlussbericht mündet. Den Unterrichtsversuchen geht eine individuelle Beratung des eigenen Unterrichtsversuchs durch die Dozenten und der teilnehmenden Peers voraus. Innerhalb von sieben Seminaren (WS 2011/2012 bis SoSe 2014) wurden die Überzeugungen von 75 Physiklehramtsstudierenden erhoben. Alle Studierenden befanden sich zum Befragungszeitpunkt im Hauptstudium. Da die Teilnahme an dieser Lehrveranstaltung für die Studiengänge des Gymnasial- sowie des Haupt- und Realschullehramts verpflichtend ist, stellt diese Untersuchung eine Vollerhebung der Frankfurter Physiklehramtsstudierenden dar. Die Überzeugungen wurden mit Prä-Post-Fragebögen erhoben und in der Auswertung wurden die Mittelwertsunterschiede der Überzeugungsskalen zwischen Prä- und Posttest analysiert. Die Überzeugung zum transmissiven Lernen wurde durch 16 Items (Cronbachs $\alpha = .72$) auf einer fünfstufigen Likert-Skala erhoben. Beispielitem: „Effektive Lehrpersonen geben die richtige Art und Weise vor, in der ein Problem zu lösen ist.“ (Lamprecht, 2011)

Die Überzeugung zum selbstständigen Lernen wurde ebenfalls auf einer fünfstufigen Likert-Skala mithilfe von 12 Items (Cronbachs $\alpha = .82$) erhoben. Beispielitem: „Schülern sollte häufig Gelegenheit gegeben werden, in Paaren/Kleingruppen Anwendungsprobleme gemeinsam zu lösen.“ (Lamprecht, 2011)

Ergebnisse und Ausblick

Für die Skala der Überzeugung zum transmissiven Lernen kann ein kleiner Effekt (Cohens $d = -.19^*$) der Microteaching-Lehrveranstaltung festgestellt werden. Auch für die Skala der Überzeugung zum selbstständigen Lernen lässt sich ein kleiner Effekt (Cohens $d = .24^*$) zeigen. Damit lassen sich die beiden Forschungshypothesen bestätigen. Obwohl es sich hierbei nur um kleine Effekte handelt, können diese Ergebnisse aufgrund der großen Zeitspanne von zwei Monaten zwischen Intervention und Post-Erhebung als stabil angesehen werden. Betrachtet man die Effektgröße unter dem Blickwinkel, dass sich Lehrerüberzeugungen im Studium nur gering unterscheiden (Oettinghaus, eingereicht), so ist auch eine kleine Veränderung innerhalb einer einzigen Lehrveranstaltung bedeutsam. Da Microteaching vielfältige Möglichkeiten zur Reflexion und zur Diskussion von

verschiedenen Standpunkten bietet und dies mit videographischen Analysemöglichkeiten unterstützt, sind die hier gefundenen Effekte theoriekonform. Für weitere Forschung ist es geplant, Überzeugungsinstrumente mit einer höheren Messgenauigkeit zu entwickeln, um zu untersuchen, welche Interventionen der Lehrerveranstaltung in welcher Stärke Überzeugungen verändern.

Literatur

Barlow, A. T., & Cates, J. M. (2006). The Impact of problem solving on elementary teachers' beliefs about mathematics and mathematics teaching. School Science and Mathematics, 106 (2), 64-73

Blömeke, S. (2005). Lehrerausbildung – Lehrerhandeln – Schülerleistungen: Perspektiven nationaler und internationaler empirischer Bildungsforschung (Antrittsvorlesung, 10. Dezember 2003)

Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates

Decker, A.-T., Kunter, M., & Voss, T., (2014). The relationship between quality of discourse during teacher induction classes and beginning teachers' beliefs. European Journal of Psychology of Education (Advance online publication)

Gärtner, H. (2007). Unterrichtsmonitoring. Münster: Waxmann.

Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers' cognition and appraisal processes during conceptual change. Educational psychology Review, 15 (2), 147-179

Korneck, F., Kunter, M., Oettinghaus, L., Lamprecht, J., & Sach, M. (2014). Analyse von Unterrichtshandeln in komplexitätsreduzierten Sequenzen. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Jahrestagung der GDCP 2013. Kiel: IPN

Korneck F., Oettinghaus L., Kunter M., & Redinger R. (2015). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In Rauin U., Herrle M., Engartner T. (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und aktuelle Anwendungsbeispiele. Weinheim: Beltz Juventa

Kunter, M., & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Einführung in die pädagogische Psychologie. Berlin: Springer, 261-281

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

Lipowsky, F., Krammer, K., & Kuntze, S. (2006). Mathematikunterricht entwickeln und verbessern – Was leisten videobasierte Lehrerfortbildungen? Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, 82, 55-57

Lipowsky, F., Thußbas, C., Klieme, E., Reusser, K., & Pauli, C. (2003). Professionelles Lehrerwissen, selbstbezogene Kognitionen und wahrgenommene Schulumwelt - Ergebnisse einer kulturvergleichenden Studie deutscher und Schweizer Mathematiklehrkräfte. In: Unterrichtswissenschaft 31 (3), S. 206-237, zuletzt geprüft am 02.06.2015

Lortie, D. C. (1975/2002). Schoolteacher. Chicago: University of Chicago Press

Oettinghaus, L. (eingereicht). Professionelle Überzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. Unterschiede zwischen Absolventen verschiedener Studiengänge.

Patrick, H., & Pintrich, P. R. (2001). Conceptual change in teachers' intuitive conceptions of learning, motivation, and instruction: the role of motivational and epistemological beliefs. In B. Torff & R. J. Sternberg (Eds.), Understanding and teaching the intuitive mind: student and teacher learning. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 117-143

Sach, M., & Korneck, F. (2006). Kooperation zwischen den verschiedenen Phasen der Lehrer-bildung im Rhein-Main-Gebiet – Überblick und Beispiel einer gemeinsamen Seminarveranstaltung zu Unterrichtsminiaturen mit Videofeedback. In V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft - Kassel 2006. Berlin: Lehmanns Media

Seidel, T., Stürmer, K., Blomberg, G., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2011). Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: Does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of others? Teaching and Teacher Education, 27, 259-267

Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M., & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann Verlag GmbH, S. 235-294

Autorenverzeichnis

Abels, Simone, Dr.
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4/2
1090 Wien
Österreich
simone.abels@univie.ac.at

38, 44, 47

Aderhold, Janina
FSU Jena
AG Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6-8
7743 Jena
Deutschland
janina.aderhold@uni-jena.de

425

Affeldt, Fiona
Universität Bremen
Didaktik der Chemie
Leobener Str.
28334 Bremen
Deutschland
faffeldt@uni-bremen.de

488

Albertus, Michael
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
michael.albertus@fu-berlin.de

482

Anthofer, Stefan
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
stefanthofer@gmail.com

316

Aretz, Sarah
CERN, Universität Potsdam
1 Rue des Champs-Fusy
1630 St. Genis-Pouilly
Frankreich
sarah.aretz@cern.ch

596

Arx, Matthias von, Dr.
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
CH-4058 Basel
Schweiz
matthias.vonarx@fhnw.ch

53, 261

Aufschnaiter, Claudia von, Prof. Dr.
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
cvauf@cvauf.de

249, 355, 134, 458, 461, 246, 241

Averbeck, Daniel
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
d.averbeck@uni-due.de

383, 380

Bartosch, Ilse, Dr.
Universität Wien
Fakultät für Physik
Boltzmanngasse 5
A-1090 Wien
Österreich
ilse.bartosch@univie.ac.at

509, 446

Baur, Armin
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

575

Bayrak, Cana
Technische Universität Dortmund
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
cana.bayrak@tu-dortmund.de

208

Behle, Julia
Goethe Universität Frankfurt
Didaktik der Physik
Max-von-Laue Str. 1
60438 Frankfurt
Deutschland
Anchan@gmx.de

566

Beretz, Ann-Kathrin
Justus-Liebig-Universität Gießen
Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21c
35394 Gießen
Deutschland
Ann.K.Beretz@math.uni-giessen.de

458

Berger, Roland, Prof. Dr.
Universität Osnabrück
Fachbereich 4, Physik
Barbarastr. 7
49076 Osnabrück
Deutschland
roberger@uni-osnabrueck.de

419

Bernholt, Sascha, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
bernholt@ipn.uni-kiel.de

223, 261, 473

Bertels, Nina
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustraße 3
14195 Berlin
Deutschland
nina.bertels@fu-berlin.de

485

Bezold, Tobias
Universität Duisburg-Essen

202

Bhattacharyya, Gautam
Missouri State University

311

Binder, Torsten
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Biologie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
torsten.binder@uni-due.de

395

Blankenburg, Janet
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
blankenburg@ipn.uni-kiel.de

476

Bohlmann, Markus, Dr.
Universität Münster
Institut für Erziehungswissenschaft
Bispinghof 5/6
48149 Münster
Deutschland
markus.bohlmann@uni-muenster.de

131

Bohn, Marcus
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
bohn@ph-heidelberg.de

491

Bohrmann, Mareike
Westfälische Wilhelms-Universität
Münster
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
mareike.bohrmann@uni-muenster.de

270

Bölsterli, Katrin, Dr.
PH Luzern
Didaktik der Naturwissenschaften
Pfistergasse 20, Postfach 7660
6000 Luzern
Schweiz
katrin.boelsterli@phlu.ch

328

Bolte, Claus, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Deutschland

196, 452, 482, 485, 545

Borowski, Andreas, Prof. Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Deutschland

305, 404, 464, 596, 83, 467, 184, 389

Boubakri, Christine
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Altendorfer Straße 7
45127 Essen
Deutschland
Christine.boubakri@uni-due.de

205

Brand, Matthias
Universität Duisburg-Essen

380, 383

Broman, Karolina
Umeå University

476, 223

Brückmann, Maja
Pädagogische Hochschule Zürich

370

Buchholz, Malte
Freie Universität Berlin

238

Buchwald, Florian
Universität Duisburg-Essen

184

Budde, Monika
Universität Greifswald

319

Bullinger, Marcel
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Phyik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
bullinger01@ph-ludwigsburg.de

267

Burde, Jan-Philipp
Goethe-Universität Frankfurt
Max-von-Laue-Str.1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
burde@physik.uni-frankfurt.de

32

Bures, Dominik
Ruhr-Universität Bochum

590

Büsch, Leonard
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut Ia
52056 Aachen
Deutschland
Buesch@physik.rwth-aachen.de

398

Busch, Marian
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6/8
7743 Jena
Deutschland
marian.busch@uni-jena.de

455

Buschhüter, David
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Straße 24/2
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
buschhue@uni-potsdam.de

83

Busker, Maike, Juniorprof. Dr.
Universität Flensburg
Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
maike.busker@uni-flensburg.de

319, 128, 322

Buth, Katrin
Universität Hamburg

551

Crossley, Antony, Dr.
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihr Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
crossley@ph-ludwigsburg.de

59

Dammann, Elmar
Universität Duisburg-Essen

389, 392

Detemple, Ralf
RWTH Aaachen

503

Dicke, Theresa, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Psychologie
Berliner Platz 6-8
45117 Essen
Deutschland
Theresa.dicke@uni-due.de

380, 383

Dickmann, Thomas
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
thomas.dickmann@uni-due.de

392

Diehl, Annika
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C 6 3 Zi. 1.05
66123 Saarbrücken
Deutschland
annika.diehl@uni-saarland.de

515

Dohrmann, René
FU Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
rene.dohrmann@fu-berlin.de

581

Draude, Martin
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
draude@physik.uni-kassel.de

167

Dressler, Jana-Katharina
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
jana.katharina.dressler@uni-oldenburg.de

95

Duit, Reinders, Prof. Dr. Dr.

Heisterkamp 14
24211 Preetz
Deutschland
rduit@t-online.de

4

Eilks, Ingo
Gewerbliche Berufsschule Chur (CH)

211, 416, 488

Elert, Thomas
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
thomas.elert@uni-due.de

569

Elsholz, Markus
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
markus.elsholz@uni-wuerzburg.de

340

Emden, Markus, Juniorprof. Dr.
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Institut für Naturwissenschaften, Abteilung Chemie
Oberbettringer Straße 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
markus.emden@ph-gmuend.de

575, 226

Erb, Manja
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustraße 3
14195 Berlin
Deutschland
manja.erb@fu-berlin.de

452

Erb, Roger, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt
Deutschland
roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

158, 557

Erfmann, Corinna
Universität Osnabrück

419

Erkelenz, Jan
RWTH Aaachen

527

Felchlin, Irene
PH Fachhochschule Nordwestschweiz
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
irene.felchlin@fhnw.ch

413, 410

Fey, Sabine
Universität des Saarlandes

488

Fischer, Hans E., Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
hans.fischer@uni-due.de

202, 205, 389, 184, 590

Fried, Susan
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
susan.fried@physik.uni-wuerzburg.de

340, 578

Galow, Philipp
Freie Universität Berlin
Grundschulpädagogik, Sachunterricht
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
p.galow@fu-berlin.de

273, 560

Garus, Thomas
Humboldt-Universität zu Berlin

161

Gehlen, Carina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
carina.gehlen@uni-due.de

346

Geyer, Marie-Annette
TU Dresden
Didaktik der Physik
Haeckelstr. 3
1069 Dresden
Deutschland
marie-annette.geyer@tu-dresden.de

308

Gigl, Florian
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
florian.gigl@uni-due.de

184

Göbel, Mareike
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Straße 2
57068 Siegen
Deutschland
goebel@chemie-bio.uni-siegen.de

428

Göhring, Anja, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Naturwissenschaft und Technik (NWT)
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
anja.goehring@physik.uni-regensburg.de

343

Gramzow, Yvonne
Universität Paderborn

187

Graulich, Nicole, Juniorprof. Dr.
Justus-Liebig Universität Giessen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff Ring 58
35392 Giessen
Deutschland
Nicole.Graulich@didaktik.chemie.uni-giessen.de

311

Grob, Regula
Fachhochschule Nordwestschweiz
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
regula.grob@fhnw.ch

50

Gröber, Sebastian
TU Kaiserslautern

107

Gröger, Martin, Prof. Dr.
Universität Siegen
Didaktik Der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2
57068 Siegen
Deutschland
groeger@chemie.uni-siegen.de

74, 428, 497

Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Prof. Dr.
Universität Graz
Physikdidaktik, Inst. f. Physik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
claudia.haagen@uni-graz.at

584

Haak, Inka
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
inkahaak@mail.upb.de

89

Haase (geb. Schönhofer), Julia
Universität Regensburg

343

Haase, Luzie
Universität oldenburg
Didaktik der Chemie
Pfänderweg 102
26123 Oldenburg
Deutschland
luzie.haase@uni-oldenburg.de

71

Habig, Sebastian
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sebastian.habig@uni-due.de

470

Hadinek, David
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
hadinek@ipn.uni-kiel.de

229

Hamacher, John
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
52056 Aachen
Deutschland
hamacher@physik.rwth-aachen.de

527

Hardy, Ilonca, Prof. Dr.
Universität Frankfurt

246, 241

Härtig, Hendrik, Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
haertig@ipn.uni-kiel.de

473

Hasenkamp, Anna
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
anna.hasenkamp@uni-due.de

278

Haupt, Joachim
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
joachim.haupt@fu-berlin.de

232

Hausen, Christian
Ruhr-Universität Bochum

602

Heine, Antje
TU Dresden
Didaktik der Physik
Haeckelstraße 3
1069 Dresden
Deutschland
antje_juliane.heine@tu-dresden.de

104

Heinke, Heidrun, Prof. Dr.
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
heinke@physik.rwth-aachen.de

65, 398, 434, 503, 527

Heinze, Aiso
IPN Kiel

86

Heinze, Peter
Uni Jena
AG Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6-8
7743 Jena
Deutschland
peter.heinze@uni-jena.de

199

Helzel, Andreas, Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93040 Regensburg
Deutschland
andreas.helzel@physik.uni-regensburg.de

313

Hempelmann, Rolf
Universität des Saarlandes

488

Heusler, Stefan, Prof. Dr.
Universität Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm Klemm Str. 10
48149 Münster
Deutschland
stefan.heusler@uni-muenster.de

367

Hoesli, Matthias
PH Luzern

328

Hoffmann, Michele
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 6-8
7743 Jena
Deutschland
Michele.Hoffmann@uni-jena.de

92

Holmeier, Monika, Dr.
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
monika.holmeier@fhnw.ch

77, 50

Hopf, Martin, Prof. Dr.
Universität Wien
AECC Physik
Porzellang. 4
1090 Wien
Österreich
martin.hopf@univie.ac.at

113, 331, 536

Horn, Martin Erik, Dr.
HWR Berlin
Badensche Str. 52
10825 Berlin
Deutschland
mail@martinerikhorn.de

599

Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

235, 287, 551, 449

Hubricht, Sandra
Technische Universität Dortmund
Fakultät CCB, Didaktik der Chemie I
Otto-Hahn-Straße 1
44227 Dortmund
Deutschland
sandra.hubricht@tu-dortmund.de

293

Huwer, Johannes
Universität des Saarlandes

488

Itzek-Greulich, Heike, Dr.
Universität Tübingen
Hector-Institut für Empirische
Bildungsforschung
Europastraße 6
72072 Tübingen
Deutschland
heike.itzek-greulich@uni-tuebingen.de

296

Janßen, Wiebke
Technische Universität Dresden
Didaktik der Physik
Haeckelstr. 3
1062 Dresden
Deutschland
wiebke.janssen@tu-dresden.de

593

Jeremias, Anita
Universität Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Chemie
Regensburgerstraße 160
90478 Nürnberg
Deutschland
anita.jeremias@fau.de

500

Jeschke, Colin
IPN Kiel

86

Kalthoff, Britta
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
britta.kalthoff@uni-due.de

176

Kämper, Benedikt
Universität Duisburg-Essen

590

Käpnick, Friedhelm
Humboldt-Universität zu Berlin

512

Karaböcek, Fadime
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
karaboecek@physik.uni-frankfurt.de

158

Kauertz, Alexander, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau
Didaktik der Physik
Deutschland

41

Kechel, Jan-Henrik
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland
jan-henrik.kechel@gmx.de

170

Kimpel, Lennart
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
lennart.kimpel@uni-due.de

521

Kirschner, Sophie, Dr.
Justus-Liebig-Universität Gießen
Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21 C
35394 Gießen
Deutschland
sophie.kirschner@didaktik.physik.uni-giessen.de

461, 458

Klar, Peter J.
Justus-Liebig-Universität Gießen

134

Kleickmann, Thilo
Christian-Albrechts-Universität Kiel

290

Klein, Pascal
TU Kaiserslautern
FB Physik
Erwin-Schrödinger-Straße 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
pklein@physik.uni-kl.de

107

Klinghammer, Jens
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle (Saale)
Deutschland
klinghammer.jens@freenet.de

539

Klug, Tobias
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Str. 21 C
35394 Gießen
Deutschland
tobias.klug@exp1.physik.uni-giessen.de

134

Kobbe, Julia
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
julia.kobbe@uni-due.de

299

Kobl, Christina
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstr. 31
93053 Regensburg
Deutschland
christina.mathes@chemie.uni-regensburg.de

542

Koch, Alexander
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
4058 Basel
Schweiz
alexander.koch@fhnw.ch

410, 413

Koenen, Jenna, Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
jenna.koenen@chemie.hu-berlin.de

587, 56, 137, 299, 431

Köhler, Christine
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
koehler@ipn.uni-kiel.de

223

Kohnen, Nicole
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
kohnen@ipn.uni-kiel.de

473

Kölbach, Eva
Pädagogische Hochschule Zürich

370

Kometz, Andreas, Prof. Dr.
FAU Erlangen-Nürnberg
Department Fachdidaktiken / Didaktik
der Chemie
Regensburger Straße 160
90478 Nürnberg
Deutschland
andreas.kometz@fau.de

401, 437, 500

Komorek, Michael, Prof. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik und Geschichte der Physik
Carl von Ossietzky Universität
Oldenburg
26111 Oldenburg
Deutschland
michael.komorek@uni-oldenburg.de

35, 98, 101, 494, 512

Korneck, Friederike, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Didaktik der Physik
Deutschland

155, 605, 122, 608

Korsak, Oxana
Pädagogische Hochschule Basel
Zentrum für Naturwissenschafts-und Technikdidaktik
Clarastrasse 57
4058 Basel
Schweiz
oxana.korsak@fhnw.ch

261

Kost, Daniel
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21 C
35394 Gießen
Deutschland
daniel.kost@didaktik.physik.uni-giessen.de

461

Köster, Hilde, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik des Sachunterrichts
Habelschwerdter Alle 45
14195 Berlin
Deutschland
hilde.koester@fu-Berlin.de

560, 273

Krabbe, Heiko, Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44801 Bochum Bochum
Deutschland
heiko.krabbe@uni-due.de

202, 205, 602, 590

Kral, Andreas
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA, Didaktik der Physik
Otto-Blumenthal-Straße
52056 Aachen
Deutschland
kral@physik.rwth-aachen.de

434

Krause, Eduard, Dr.
Universität Siegen
Didaktik der Physik
Adolf-Reichwein-Straße 2
57068 Siegen
Deutschland
krause@physik.uni-siegen.de

302

Krause, Moritz
Gewerbliche Berufsschule Chur (CH)

416

Krey, Olaf, Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Deutschland

337, 539

Krofta, Helen
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
hkrofta@zedat.fu-berlin.de

238

Krüger, Janne
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Binderstraße 34
20146 Hamburg
Deutschland
Janne.krueger@uni-hamburg.de

287

Krüger, Marvin
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str.
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
info@marvin-krueger.de

155, 122, 605

Kuhn, Jochen
TU Kaiserslautern

358, 107, 506

Kulgemeyer, Christoph, Dr.
Universität Bremen
IDN Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
Kulgemeyer@physik.uni-bremen.de

182, 190

Kunter, Mareike
Goethe-Universität Frankfurt

122, 155, 608, 605

Labudde, Peter, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule
Nordwestschweiz
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Riehenstrasse 154
CH-4058 Basel
Schweiz
peter.labudde@fhnw.ch

252, 50, 53, 241, 410, 413

Lang, Martin
Universität Duisburg-Essen

389, 392

Laudonia, Ivano
Universität Bremen
Didaktik der Chemie
Leobener Str. NW2
28334 Bremen
Deutschland
ivano.laudonia@gmail.com

416

Laumann, Daniel
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
daniel.laumann@uni-muenster.de

367

Leiß, Fabian
RWTH Aachen
AG Physikalische Praktika
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
leiss@physik.rwth-aachen.de

503

Lembens, Anja, Prof. Dr.
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
anja.lembens@univie.ac.at

44, 47

Lengnink, Katja
Justus-Liebig-Universität Gießen

461

Lenske, Gerlinde
Universität Koblenz-Landau

284

Leuchter, Miriam, Prof. Dr.
Seminar für die Didaktik des Sachunterrichts Münster

119, 512, 241

Leutner, Detlev
Universität Duisburg-Essen

379, 386, 380, 383

Lindner, Martin
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Biologie und Geographie
Biologicum, Weinbergweg 10
6120 Halle
Deutschland
martin.lindner@biodidaktik.uni-halle.de

563

Löffler, Patrick
Universität Koblenz-Landau
Graduiertenkolleg Unterrichtsprozesse
Thomas-Nast-Straße 44
76829 Landau
Deutschland
loeffler@uni-landau.de

41

Lorke, Axel
Universität Duisburg-Essen

389

Lüttgens, Uwe, Dr.
Schulpraktische Seminare Berlin-Reinickendorf
Fachseminar Chemie
Lindauer Allee 23
13407 Berlin
Deutschland
andreas.nehring@chemie.hu-berlin.de

548

Magdans, Uta
Universität Potsdam

404

Mansholt, Marko
Universität Oldenburg
Didaktik und Geschichte der Physik
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
marko.mansholt@uni-oldenburg.de

101

Markic, Silvija, Dr.
IDN - Chemiedidaktik
Universität Bremen
Leobener Str. NW2
28334 Bremen
Deutschland
smarkic@uni-bremen.de

325, 152, 488

Marniok, Karl
Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
s.k.marniok@uni-koeln.de

116

Marohn, Annette, Prof. Dr.
Westfälische Wilhelms Universität Münster
Didaktik der Chemie
Fliednerstraße 21
48149 Münster
Deutschland
a.marohn@uni-muenster.de

334

Massolt, Joost
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
massolt@uni-potsdam.de

464

Mathiszik, Maria
Technische Universität Dresden
BFR Labor- und Prozesstechnik;
Didaktik der Chemie
Weberplatz 5
1217 Dresden
Deutschland
maria.mathiszik@tu-dresden.de

217

Maurer, Christian
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
christian1.maurer@ur.de

1, 29

Mayr, Stefanie
Universität Graz

584

Mehrtens, Tobias
Freie Universität Berlin

560

Meinhardt, Claudia
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Physik, Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle/Saale
Deutschland
claudia.meinhardt@physik.uni-halle.de

337

Melle, Insa, Prof. Dr.
TU Dortmund
Lehrstuhl für Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
insa.melle@tu-dortmund.de

422, 530

Menkenhagen, Jochen
Universität Duisburg-Essen

389

Merzyn, Gottfried, Prof. Dr.
Universität Göttingen
A.-Ellissen-Weg 13
37077 Göttingen
Deutschland
gmerzyn@gwdg.de

193, 376

Metzger, Susanne, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Zürich
Zentrum für Didaktik der
Naturwissenschaften
Lagerstrasse 2, LAA-K034
8090 Zürich
Schweiz
susanne.metzger@phzh.ch

370

Meyer, Carolin
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
cmeyer@ipn.uni-kiel.de

533

Michaelis, Julia
Universität Oldenburg

95

Michel, Hanno
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
michel@ipn.uni-kiel.de

290

Michna, Dagmar
Technische Universität Dortmund
Didatik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
dagmarmichna@web.de

422

Mikelskis-Seifert, Silke, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
silke.mikelskisseifert@ph-freiburg.de

349

Milke, Sabrina
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
milke@ph-ludwigsburg.de

62

Möller, Kornelia, Prof. Dr.
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo Campus 11
48149 Münster Münster
Deutschland
molleko@uni-muenster.de

243, 241, 270, 146, 246, 119

Molz, Alexander
TU Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin Schrödinger Str.
67663 Kaiserslautern
Deutschland
molz@physik.uni-kl.de

358

Moritz, Henning
Universität Hamburg

551

Mühlenbruch, Tobias
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
Tobias.Muehlenbruch@fu-berlin.de

361, 110, 407

Müller, Andreas
CERN

358, 107, 506

Müller, Jirka
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
jirka.mueller@uni-potsdam.de

404

Müller, Joachim
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
joachim.mueller.phys@uni-duisburg-essen.de

389

Müller, Rainer, Prof. Dr.
TU Braunschweig
Didaktik der Physik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
rainer.mueller@tu-bs.de

13

Musold, Wiebke
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
wiebke.musold@physik.hu-berlin.de

255

Muth, Laura
Goethe Universität Frankfurt
Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt
Deutschland
Muth@physik.uni-frankfurt.de

557

Nehring, Andreas, Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
nehring@idn.uni-hannover.de

161, 548

Neumann, Irene, Dr.
IPN Kiel
Olshausenstr. 62
24098 Kiel
Deutschland
ineumann@ipn.uni-kiel.de

86, 290

Neumann, Knut, Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Deutschland

220, 229, 352, 524, 86

Niemczik, Christian
Universität Bremen
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften
Leobener Str. NW2
28334 Bremen
Deutschland
niemczik@th-wildau.de

211

Niethammer, Manuela, Prof. Dr.
TU Dresden
BFR Labor- und Prozesstechnik;
Didaktik der Chemie
Weberplatz 5
01217 Dresden
Deutschland
manuela.niethammer@tu-dresden.de

217

Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.
FU Berlin
Diddaktik der Physik
Arnimalle 14
14195 Berlin
Deutschland
volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

125, 232, 361, 581, 80, 110, 407, 238, 512

Nowak, Anna
Universität Potsdam
Lehrstuhl Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25, Haus 28
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
anna.nowak@uni-potsdam.de

467

Nowak, Kathrin H.
Humboldt-Universität zu Berlin

161

Oettinghaus, Lars
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max von Laue Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
oettinghaus@physik.uni-frankfurt.de

122, 608, 155, 605

Opfermann, Maria
Universität Duisburg-Essen

392

Ortiz, Roswitha Avalos
Universität Wien

446

Parchmann, Ilka, Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olhausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
parchmann@ipn.uni-kiel.de

220, 25, 476, 533, 512

Pawelzik, Janina
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
janina.pawelzik@uni-muenster.de

119

Peschel, Markus, Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C6.3
66123 Saarbrücken
Deutschland
markus.peschel@uni-saarland.de

373, 515

Peters, Sebastian
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
sebastian.peters@uni-oldenburg.de

35

Petersen, Stefan
IPN Kiel

352, 524

Pietzner, Verena, Prof. Dr. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl von Ossietzky-Str. 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
verena.pietzner@uni-oldenburg.de

71, 479, 211

Platova, Elina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
elina.platova@uni-due.de

572

Plotz, Thomas
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
thomas.plotz@univie.ac.at

331

Pospiech, Gesche, Prof. Dr.
TU Dresden
Didaktik der Physik
Haeckelstraße 3
1069 Dresden
Deutschland
gesche.pospiech@tu-dresden.de

104, 308, 593

Priemer, Burkhard, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
priemer@physik.hu-berlin.de

255, 512

Puddu, Sandra
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
sandra.puddu@univie.ac.at

47

Pupkowski, Vanessa
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
vanessa.pupkowski@uni-due.de

440

Rabe, Thorid, Prof. Dr.
MLU Halle
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle/Saale
Deutschland
thorid.rabe@physik.uni-halle.de

337, 539

Rajendran, Nelson
Universität Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Chemie
Regensburger Str. 160
90478 Nürnberg
Deutschland
Nelson@rajendran.de

437

Ralle, Bernd, Prof. Dr.
TU Dortmund
Fakultät CCB, Didaktik der Chemie
Otto-Hahn Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
bernd.ralle@tu-dortmund.de

68, 208, 293

Rath, Viktoria
Universität Paderborn
Didiaktik der Physik
Warburgerstraße 100
33098 Paderborn
Deutschland
rath@mail.upb.de

149

Rau, Sarah
Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Bochum
Deutschland
sarah.rau@uni-due.de

281

Rautenstrauch, Hanne
Europa-Universität Flensburg
Abteilung Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
hanne.rautenstrauch@uni-flensburg.de

322

Rehfeldt, Daniel
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
danreh@zedat.fu-berlin.de

110, 80

Reiners, Christiane S., Prof. Dr.
Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
christiane.reiners@uni-koeln.de

116

Reinhold, Peter, Prof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
peter.reinhold@upb.de

89, 149, 179, 187

Reschke, Tim
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
tim.reschke@uni-due.de

431

Retelsdorf, Jan
IPN Kiel

473

Riese, Josef, Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
josef.riese@upb.de

187, 179

Rincke, Karsten, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 31
93053 Regensburg
Deutschland
Karsten.Rincke@ur.de

2, 29, 313

Risch, Björn
Universität Koblenz-Landau

512

Rohrbach, Friederike
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Fliednerstr. 21
48149 Münster
Deutschland
friederike.rohrbach@gmail.com

334

Ropohl, Mathias, Juniorprof. Dr.
IPN
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
ropohl@ipn.uni-kiel.de

554

Rösch, Simon
FHNW
Pädagogische Hochschule
Riehenstrass 154
4058 Basel
Schweiz
simon.roesch@fhnw.ch

53

Rosenberg, Dominique
Europa-Universität Flensburg
Abt. Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
dominique.rosenberg@uni-flensburg.de

128

Rost, Marvin
Humboldt Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489
Berlin
Deutschland
marvin.rost@arcor.de

443

Roth, Jürgen
Universität Koblenz-Landau

512

Ruberg, Tanja
Universität Oldenburg
Didaktik und Geschichte der Physik
Carl-von-Ossietzky Straße 9-11
26122 Oldenburg
Deutschland
tanja.ruberg@uni-oldenburg.de

98

Rudolph, Sandra
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Biologie
Weinbergweg 10
6120 Halle (Saale)
Deutschland
sandra.rudolph@biodidaktik.uni-halle.de

563

Rumann, Stefan, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie - Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
stefan.rumann@uni-due.de

276, 278, 281, 299, 392

Salinga, Christian L., Dr.
RWTH Aachen
I. Phys. Institut IA
52056 Aachen
Deutschland
salinga@physik.rwth-aachen.de

65

Sander, Hannes
Universität Hamburg
Fakultät EW, Didaktik der Physik
Binderstraße 34
20146 Hamburg
Deutschland
hannes.sander@uni-hamburg.de

235, 449

Sandmann, Angela
Universität Duisburg-Essen

395

Schecker, Horst, Prof. Dr.
Universität Bremen
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Otto-Hahn-Allee 1
28334 Bremen
Deutschland
schecker@uni-bremen.de

25, 190

Scheid, Jochen, Dr.
Universität Koblenz Landau, Campus Landau
Didaktik der Physik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
scheid@uni-landau.de

328

Scheuermann, Hilda
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
scheuermann@ipn.uni-kiel.de

554

Schiel, Marlene
Goethe-Universität Frankfurt am Main

364

Schild, Nikola
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
nikola.schild@fu-berlin.de

80

Schlüter, Ann-Kathrin
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
ann-kathrin.schlueter@tu-dortmund.de

530

Schmeling, Sascha
Technische Universität Kaiserslautern

536, 506, 596

Schmiemann, Philipp
Universität Duisburg-Essen

395

Schmuck, Carsten
Universität Duisburg-Essen

392

Schreiber, Nico, Dr.
Universität Duisburg - Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
Deutschland
nico.schreiber@uni-due.de

164, 176

Schulte, Carsten
Freie Universität Berlin

238

Schulte, Theresa
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
t.schulte@fu-berlin.de

196

Schüßler, Katrin
Universität Duisburg-Essen
Chemiedidaktik
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
katrin.schuessler@uni-due.de

56

Seefeldt, Richard
Universität Hamburg
Fakultät EW, Didaktik der Physik
Winterstraße 14
22767 Hamburg
Deutschland
richard.seefeldt@freenet.de

449

Semmler, Luzie
Universität Oldenburg
Institut für Chemie/Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
luzie.semmler@uni-oldenburg.de

479

Siol, Antje
Pädagogische Hochschule Karlsruhe

488

Skorsetz, Nina
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Forscherstation gGmbH
Speyerer Str. 6
69115 Heidelberg
Deutschland
skorsetz@forscherstation.info

264

Smoor, Steffen
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
C.v.Ossietzky-Str. 9-11
26122 Oldenburg
Deutschland
steffen.smoor@uni-oldenburg.de

494

Sonnenschein, Ines
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung
Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
ines.gerling@chemie.hu-berlin.de

137

Sorge, Stefan
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
sorge@ipn.uni-kiel.de

524, 86

Souvignier, Elmar
Universität Münster

252

Spitzer, Philipp
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Straße 2
57076 Siegen
Deutschland
spitzer@chemie.uni-siegen.de

74, 497

Spoden, Christian
Friedrich-Schiller-Universität Jena

83

Starauschek, Erich, Prof. Dr.
PH Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
starauschek@ph-ludwigsburg.de

59, 62, 267, 25

Steckenmesser-Sander, Kathrin
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland
Kathrin.Steckenmesser-Sander@didaktik.physik.uni-giessen.de

355

Steffensky, Mirjam
IPN Kiel
Chemie-Didaktik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
steffensky@ipn.uni-kiel.de

246, 533, 241

Steger, Jan
Freie Universität Berlin

560

Stiller, Bernd, Dr.
Wettermuseum e.V.
Museum für Meteorologie und Aerologie
Herzberger Str. 21
15848 Tauche
Deutschland
drstiller@t-online.de

518

Stiller, Jaana
Humboldt-Universität zu Berlin

518

Stiller, Jurik
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Brook-Taylor-Straße 2
12489 Berlin
Deutschland
jurik.stiller@hu-berlin.de

173, 518

Stinken, Lisa
WWU Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
lisa.stinken@uni-muenster.de

258

Stotz, Tamara
Pädagogische Hochschule FHNW

77

Straube, Philipp
Freie Universität Berlin
Fachbereich Physik - Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
philipp.straube@fu-berlin.de

125

Streller, Sabine, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
sabine.streller@fu-berlin.de

545

Strübe, Martina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
martina.struebe@uni-due.de

140

Stübi, Claudia
Pädagogische Hochschule FHNW

410, 413

Sumfleth, Elke, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
elke.sumfleth@uni-due.de

379, 521, 143, 440, 56, 140, 226, 431, 470, 380, 383

Sunder, Cornelia
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
Cornelia.Sunder@uni-muenster.de

146

Sures, Bernd
Universität Duisburg-Essen

395

Szogs, Michael
Goethe Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
szogs@live.de

605

Tepner, Oliver, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
oliver.tepner@ur.de

316, 542, 140, 143

Theis, Christian
RWTH Aachen

434

Theyßen, Heike, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Deutschland

164, 176, 395

Tiemann, Rüdiger, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
Deutschland

173, 443, 587, 137, 548, 161

Toczkowski, Thomas
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie I
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
thomas.toczkowski@tu-dortmund.de

68

Todorova, Maria
Universität Münster
Didaktik des Sachunterrichts
Deutschland

146, 119

Tolsdorf, Yannik
Universität Bremen
IDN - Chemiedidaktik
Leobenerstraße NW2
28334 Bremen
Deutschland
y.tolsdorf@uni-bremen.de

152

Tomczyszyn, Elisabeth
Universität Bremen

190

Trautwein, Ulrich
Universität Tübingen

296

Trefzger, Thomas
Universität Würzburg

578, 340

Treisch, Florian
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
flo.treisch@web.de

578, 340

Tröger, Holger
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
holger.troeger@uni-due.de

143

Trump, Stephanie
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht Str. 24-25
14476 Golm
Deutschland
trump@uni-potsdam.de

305, 467, 464

Tschentscher, Corinna
Universität Osnabrück
Didaktik der Physik
Barbarastraße 7
49076 Osnabrück
Deutschland
ctschent@uos.de

419

Uhden, Olaf, Dr.
Universität Hamburg
Fakultät Erziehungswissenschaft,
Physikdidaktik
Binderstraße 34
20146 Hamburg
Deutschland
olaf.uhden@uni-hamburg.de

551

Upmeier zu Belzen, Anette
Humboldt-Universität zu Berlin

161

Urbanger, Michael
FAU Erlangen-Nürnberg

401, 488

Vogt, Patrik, Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Abteilung Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
patrik.vogt@ph-freiburg.de

349

Vollmer, Christian
Universität Tübingen

296

Vorholzer, Andreas
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Str. 21C
35394 Gießen
Deutschland
andreas.vorholzer@didaktik.physik.uni-giessen.de

249

Vorst, Helena van, Dr.
Universität Duisburg-Essen

470

Wackermann, Rainer, Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Deutschland
wackermann@physik.rub.de

602

Waldeyer, Julia
Universität Duisburg-Essen
Lehr-Lernpsychologie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
julia.waldeyer@uni-due.de

386

Walpuski, Maik, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Deutschland

346, 569, 572, 440

Weber, Katrin
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
katrin.weber@uni-due.de

226

Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
INGT-Institut
Keplerstr. 87
69120 Heidelberg
Deutschland
welzel@ph-heidelberg.de

264, 491

Wenzel, Michael
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
wenzel@physik.uni-frankfurt.de

214

Weßnigk, Susanne, Juniorprof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
wessnigk@idmp.uni-hannover.de

229

Wiener, Gerfried
CERN
Universität Wien
Rue J-A-Gautier 16
1201 Genf
Schweiz
gerfried.wiener@cern.ch

536

Wilhelm, Thomas, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

364, 32, 214, 566

Wille, Nina
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
nina.wille@fu-berlin.de

407

Windt, Anna, Dr.
TU Chemnitz
Zentrum für Lehrerbildung
Straße der Nationen 12
9111 Chemnitz
Deutschland
anna.windt@zlb.tu-chemnitz.de

276, 284, 278, 281

Wirth, Joachim
Universität Bochum

386

Wittwer, Jörg
Universität Freiburg

349

Wodzinski, Rita, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
wodzinski@physik.uni-kassel.de

167, 170, 249, 246, 241

Woest, Volker, Prof. Dr.
FSU Jena
Chemiedidaktik
August-Bebel-Str. 6-8
7743 Jena
Deutschland
Volker.Woest@uni-jena.de

92, 199, 425, 455

Woithe, Julia
CERN & TU Kaiserslautern
Geneve 23
1211 Geneve
Schweiz
julia.woithe@cern.ch

506

Woitkowski, David
Universität Paderborn
AG Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
david.woitkowski@upb.de

179

Wolny, Brigitte
Universität Wien
Plattform für Didaktik der
Naturwissenschaften
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
brigitte.wolny@univie.ac.at

113

Wulff, Peter
IPN Kiel
Abteilung Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
wulff@ipn.uni-kiel.de

352

Zander, Simon
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
simon.zander@uni-due.de

184, 590

Zokaie, Justus Saman
Goethe Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
jszokaie@gmail.com

608

Die 42. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2015 an der Humboldt-Universität zu Berlin ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Authentizität und Lernen - Das Fach in der Fachdidaktik“ diskutierten neben den Plenarreferentinnen und -referenten eine große Anzahl an Tagungsgästen.

Der vorliegende Band umfasst die ausgearbeiteten Beiträge der Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

GDCP

www.gdcp.de