Christian Maurer (Hg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)

Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Jahrestagung in Regensburg 2017

Christian Maurer (Hg.)
Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen

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

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

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Band 38

Universität Regensburg

Christian Maurer (Hg.)

Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen

Gesellschaft für Didaktik der
Chemie und Physik
Jahrestagung in Regensburg
2017

Universität Regensburg

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Einführung

CHRISTIAN MAURER

Vorwort 1

KARSTEN RINCKE

Einführung 2

Plenarvorträge

KNUT NEUMANN

Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften – die Suche nach dem Heiligen Gral 5

DAVID TREAGUST

Process Oriented Guided Inquiry Learning: Empirical evidence from student outcomes addressing the quality of instruction in chemistry 19

MAIK WALPUSKI

Qualitätsmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht 27

Ehrenmedaille

DIETMAR HÖTTECKE

Ladatio Ehrenmedaille 33

HORST SCHECKER

Danksagung Ehrenmedaille 38

Schwerpunkttagungen

LYDIA SCHULZE HEULING

Bericht von der Schwerpunkttagung „Inklusion“ 42

Workshops

CHRISTOPH KULGEMEYER, JOSEF RIESE, ANDREAS BOROWSKI, NICO SCHREIBER & CHRISTOPH VOGELSANG

Performanztests in der naturwissenschaftlichen Lehrerbildung 46

MARTIN HOPF, THOMAS WILHELM, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER & VERENA SPATZ

Workshop „Lehrerzeitschrift Physikdidaktik“ 50

Gruppenvorträge

Vortragsblock A

Professionelle Wahrnehmung

MARVIN KRÜGER & FRIEDERIKE KORNECK

Professionelle Wahrnehmung im Chemie- und Physikunterricht - Gemeinsamkeiten und Unterschiede aktueller Forschungsvorhaben 54

ANNA CARINA WÖHLKE & DIETMAR HÖTTECKE

Erfassung von Noticing von Physiklehrkräften - Instrumentenentwicklung 58

MARVIN KRÜGER, MICHAEL SZOGS & FRIEDERIKE KORNECK

Erkennen von (fachspezifischen) Unterrichtsqualitätsaspekten - Wahrnehmungsschwerpunkte bei der Hospitation von Unterrichtsminiaturen 62

FRIEDERIKE KORNECK, MARVIN KRÜGER & MICHAEL SZOGS

Kompetenz und Unterrichtsqualität von Studierenden des Lehramts für Haupt- und Realschulen (HR) und für Gymnasien (Gym) 66

ELISABETH HOFER & ANJA LEMBENS

Implementierung von Aspekten Forschenden Lernens in den Chemieunterricht der Sekundarstufe II 70

JÜRGEN PAUL & JORGE GROß

Mehrdimensionale Lernwege beim Experimentieren und ihre Bedeutung für das Forschende Lernen 74

CLEMENS HOFFMANN & VOLKER WOEST

Ausbildung für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht Schwerpunkt: Vorstellungen von der Natur der Naturwissenschaften 78

PHILIPP ENGELMANN & VOLKER WOEST

Fächerübergreifende Naturwissenschaften in der Weiterbildung von Lehrkräften 82

JOHANNES SCHULZ & BURKHARD PRIEMER

Messung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten 86

SARAH ARETZ, ANDREAS BOROWSKI, SASCHA SCHMELING & DAVID BUSCHHÜTER

The role of confidence in Ordered Multiple Choice items about the universe's expansion 90

HEIKO KRABBE, FREDERIKE FÖRSTER & HANS E. FISCHER

Leistungsentwicklung im Physikunterricht der Sekundarstufe I 94

CK PCK Überzeugungen Forschung

KATHRIN ZIEPPRECHT, KATHARINA GIMBEL, MAREIKE FREVERT, REBEKKA ROETGER, JÜRGEN MAYER, DAVID-SAMUEL DI FUCCIA & RITA WODZINSKI

Aktuelle naturwissenschaftliche Forschung in der Lehrerausbildung – erste Ergebnisse aus dem Projekt Contemporary Science 98

KATHARINA GIMBEL, KATHRIN ZIEPPRECHT & JÜRGEN MAYER

Verzahnung von fachlichem und fachdidaktischem Wissen in der Biologie 102

MAREIKE FREVERT & DAVID-SAMUEL DI FUCCIA

Die Integration aktueller chemischer Forschung in das Lehramtsstudium 106

REBEKKA ROETGER & RITA WODZINSKI

Wie arbeiten Naturwissenschaftler wirklich? 110

STEFAN SORGE, MELANIE KELLER, STEFAN PETERSEN & KNUT NEUMANN

Die Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte 114

CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER & MARTIN HOPF

Design-Based Research: Unterrichtsgang zur Anfangsoptik 118

JAN-PHILIPP BURDE & THOMAS WILHELM

Empirische Befunde zur Lernförderlichkeit des Elektronengasmodells 122

HELENA VAN VORST

Unterrichtsstrukturierung und Binnendifferenzierung durch Lernleitern 126

MARIE-THERESE HAUERSTEIN & HELENA VAN VORST

Evaluation von Unterrichtsstrukturierung durch Lernleitern 130

Vortragsblock B

KÜBRA NUR CELIK & MAIK WALPUSKI

Learning Progression – Erwerb von fachlichen Kompetenzen in Chemie 134

FRIEDRICH HOLST & MARCO BEEKEN

Warum Wolken nicht vom Himmel fallen - Stoffdynamik - ein Lehrpfad 138

ANNA NOWAK, SVEN LIEPERTZ & ANDREAS BOROWSKI

Reflexionskompetenz von Praxissemesterstudierenden im Fach Physik 142

ERICH STARAUSCHEK, THOMAS RUBITZKO & MATTHIAS LAUKENMANN

Kumulatives Lehren und Lernen der Mechanik in der Lehramtsausbildung 146

TILMANN JOHN & ERICH STARAUSCHEK

Kumulatives Physiklehren und -lernen im Lehramtsstudium – Evaluation eines Lehrkonzepts – 150

ANNETTE FLECHSIG , VERENA JANNACK, JENS-PETER KNEMEYER & NICOLE MARMÉ

Entwicklung eines Kompetenzrasters zur Beurteilung wissenschaftlicher Schreibkompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht 154

JENS KLINGHAMMER, THORID RABE & OLAF KREY

Rekonstruktion impliziter Wissensbestände angehender Physiklehrkräfte 158

HAUKE BARTELS & CHRISTOPH KULGEMEYER

Ein Videovignettentest zur Messung der Erklärfähigkeit von Lehrkräften 162

Kompetenz durch Kohärenz

SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & MARTIN SCHWICHOW

Professionsorientierung durch Kohärenzerleben in der Physikdidaktik 166

MICHAELA OETTLE, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & MARKUS SCHUMACHER

Modellierung des Professionswissens in der Elementarteilchenphysik 170

MARTINA BRANDENBURGER, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & PETER LABUDDE

Wie kann Problemlösen kohärent gefördert werden? 174

SOENKE GRAF & MANUELA WELZEL-BREUER

Hypothesen zum Design internationaler Lehrerfortbildungen 178

VERENA SPATZ & MARTIN HOPF

Mindsets im Fach Physik – eine Interviewstudie 182

ALEXANDER KOCH

Perspektiven auf Schulführung und deren Relevanz für das Unterrichten 186

MARCUS BOHN & MANUELA WELZEL-BREUER

Das Erkenntnis- und Selbstständigkeitsstreben begabter Kinder fördern 190

Vortragsblock C

Inklusiver Chemieunterricht

SIMONE ABELS

Inklusiven Chemieunterricht entwickeln und erforschen 194

LISA ROTT & ANNETTE MAROHN

choice2explore – inklusiver Sachunterricht konkret 198

MALTE WALKOWIAK & ANDREAS NEHRING

Nature of Science Konzepte im inklusiven und digitalen Lernsetting entwickeln und überprüfen 202

ANN-KATHRIN SCHLÜTER & INSA MELLE

Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen inklusiven Unterricht 206

SIMONE ABELS, THOMAS PLOTZ, BRIGITTE KOLIANDER & CHRISTINE HEIDINGER

Berufliche Anforderungen im inklusiven Chemieunterricht 210

NADEZDA STRUNK & DIETMAR HÖTTECKE

Perspektiven von Physiklehramtsstudierenden auf die Rolle der Sprache im Physikunterricht 214

MARKUS SEBASTIAN FESER & DIETMAR HÖTTECKE

Physiklehrkräfte beurteilen Schülertexte – Eine Explorationsstudie 218

MAREN EBEL, PATRICK LÖFFLER, ALEXANDER KAUERTZ & GISELA KAMMERMEYER

Konzeptuelles Verständnis und Sprache fördern: Erprobung einer Kita-Lernumgebung 222

JANINE FRECKMANN & MICHAEL KOMOREK

Planung kommunikativer Strukturierungsprozesse im Physikunterricht 226

CHRISTOPH VOGELSANG, DANIEL LAUMANN, CHRISTOPH THYSSEN & ALEXANDER FINGER

Der Einsatz digitaler Medien im Unterricht als Teil der Lehrerbildung - Analysen aus der Evaluation der Lehrinitiative Kolleg Didaktik:digital - 230

MICHAEL WENZEL & THOMAS WILHELM

Computereinsatz im Physikunterricht: Nutzung und Einstellung von Schülerinnen und Schülern 234

SEBASTIAN HEDTRICH & NICOLE GRAULICH

e-Learning – Neue Wege um individuell zu fördern 238

PETER WULFF, MELANIE KELLER, STEFAN PETERSEN & KNUT NEUMANN

Förderung junger Frauen in der PhysikOlympiade im Projekt identiφ 242

LILITH RÜSCHENPÖHLER & SILVIJA MARKIC

Kulturelle Unterschiede der Selbstkonzepte in der Chemie 246

ANN-KATHRIN NIENABER & INSA MELLE

Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für den kompetenten Einsatz von Lernzielkontrollen 250

DAGMAR MICHNA & INSA MELLE

Inklusiver Chemieunterricht in der Sekundarstufe I
Konzeption und Evaluation 254

Sprache im Physikunterricht

CHRISTINE BOUBAKRI, HEIKO KRABBE & HANS E. FISCHER

Schreiben im Physikunterricht anhand der Textsorte Versuchsprotokoll - Eine empirische Studie zu den Einflussgrößen auf die Schreibfähigkeiten im Physikunterricht 258

ROBERT ALEKSOV, HEIKO KRABBE, HENDRIK HÄRTIG & HANS E. FISCHER

Sprechen Sie Physik? Konditionale Satzmuster und Lernen im Physikunterricht 262

Vortragsblock D

MARCUS KUBSCH, JEFFREY NORDINE, DAVID FORTUS, JOSEPH KRAJCIK & KNUT NEUMANN

Lerntrajektorien im Energiekonzept 266

ANDREA HAUFF-ACHLEITNER & MARTIN HOPF

Energieerhaltung in der Sekundarstufe 1 - Entwicklung eines Unterrichtskonzepts 270

ILSE BARTOSCH

Lernen über Energie & Technikkulturen 274

MARISA HOLZAPFEL, KARIN STACHELSCHEID & MAIK WALPUSKI

Fachspezifischer Humor als Methode in der Gesundheitsbildung 278

MARC MÜLLER

Die Idee von der Abschaffung der Kluft -Kritik einer fachdidaktischen Metapher des Lehrens und Lernens 281

FRANZISKA KEHNE & SABINE FECHNER

Der Einfluss kontextualisierter Lernumgebungen auf die Transferfähigkeit 285

SUSANNE DIGEL, JOCHEN SCHEID & ALEXANDER KAUERTZ

Modellieren beim Problemlösen – Untersuchung prozeduraler Kompetenz 289

FLORIAN GIGL, PATRICK LÖFFLER, EVA CAUET & ALEXANDER KAUERTZ

Komplexe Problemlösefähigkeit von Lernenden in der Physik 293

FREDERIK BUB, THORID RABE & OLAF KREY

Physik-Technik-Beziehungen im Kontext Verantwortung 297

KLAUS WELTNER

Hilfreiche Bemerkungen zur Behandlung der Flugphysik 301

KAI BLIESMER, ANNIKA ROSKAM & MICHAEL KOMOREK

Elementarisierungen zu küstennahen Strukturbildungen und Strömungen 304

MAHDI BENBETKA

Die Gesundheitskonzepte im Physiklehrplan der Mittelstufe in der Algerischen 308

THOMAS SCHLAKE, HEIKO KRABBE, HENDRIK HÄRTIG, MARIA OPFERMANN & HANS E. FISCHER

Autonomieunterstützung beim Experimentieren im Cross-Age-Tutoring 312

ROLAND BERGER, MARION MÜLLER, CÉLINE GODAU & MARTIN HÄNZE

Gruppenarbeit mit und ohne Tutor – worin bestehen die Unterschiede? 316

HANNA GRIMM, CHRISTIN ROBISCH & KORNELIA MÖLLER

Förderung des Schlussfolgerns bei heterogenen Lernvoraussetzungen 320

PHILIPP GALOW & HILDE KÖSTER

Das Fach ‚Integrierte Naturwissenschaften' in der Evaluation 324

CHRISTIAN GEORG STRIPPEL & KATRIN SOMMER
Prozessqualität sichtbar machen durch Kommunikationsgraphen 328

Vortragsblock E

THORSTEN KOSLER
Naturwissenschaftliches Denken im Kontrast zu chinesischem Naturdenken 332

ULRIKE GROMADECKI-THIELE & BURKHARD PRIEMER
Schülerargumentationen untersuchen - Strukturelle vs. inhaltliche Analyse 336

LAURA SCHRÖDER & KATRIN SOMMER
Modellexperimente in der Fachwissenschaft Chemie – eine Dokumentenanalyse 340

JOHN HAMACHER, EVA TRINENBERG & HEIDRUN HEINKE
Analyse der Erstellung und Interpretation graphischer Auswertungen 344

Perspektiven auf das Experimentieren

PITT HILD, CHRISTOPH GUT, SUSANNE METZGER & JOSIANE TARDENT
Zur Generalisierbarkeit bei Experimentiertests 348

LAURA MUTH & ROGER ERB
Ergebnisse einer Vergleichsstudie zur Nachbereitung von Experimenten 352

JEREMIAS WEBER, S. FRANZISKA C. WENZEL, JAN WINKELMANN, MARK ULLRICH, ROGER ERB & HOLGER HORZ
Veränderung von Fachwissen in verschiedenen Experimentiersituationen 356

AGNES SZABONE VARNAI & PETER REINHOLD
Experimentelle Praktika mit Erklärvideos optimieren 360

LEONARD BÜSCH & HEIDRUN HEINKE
Experimentelle Handlungsabläufe sichtbar machen! Methoden & Ergebnisse 364

Experimentelles Arbeiten

ANDREAS VORHOLZER & JÖRN J. HÄGELE
Experimentieren lernen – Aktivitätsprofile von Schülern 368

JÖRN J. HÄGELE, ANDREAS VORHOLZER & CLAUDIA VON AUFSCHNAITER
Experimentieren lernen – Inhalte von Schülerdiskursen 372

JULIA WOITHE, JOCHEN KUHN, ANDREAS MÜLLER & SASCHA SCHMELING

Konzeptuelles Verständnis im Schülerlabor 376

ALBERTO MARCOS HALAR & MATTHIAS LAUKENMANN

Sind vorunterrichtliche Vorstellungen zu Wärme und Temperatur auch kulturell geprägt? 380

JULIA BEHLE & THOMAS WILHELM

Schülervorstellungen zur Energie – Entwicklung eines Testinstruments 384

THOMAS PLOTZ & MARTIN HOPF

Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung - Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2 388

Vortragsblock F

BERNADETTE SCHORN, CHRISTIAN SALINGA & HEIDRUN HEINKE

Perspektiven des Programms MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung 392

MONIKA HOLMEIER

Evaluation MINT-Klasse – Thesen zur MINT-Nachwuchsförderung 396

SEAMUS DELANEY, ALEXANDER KOCH & KELLY MACCABE

Voraussetzungen für MINT im Schweizer Kindergarten 400

LUZIE SEMMLER & VERENA PIETZNER

Auffassungen von Chemielehrkräften zur Kreativität im Chemieunterricht 404

Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor

SUSAN SCHÄFER GEB. FRIED & THOMAS TREFZGER

Die Anwendung von physikdidaktischem Wissen im Lehr-Lern-Labor 408

FLORIAN TREISCH & THOMAS TREFZGER

Entwicklung der Professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lehr-Labor Seminar 412

LARS HÖFT & SASCHA BERNHOLT

Einflussfaktoren auf die Wahl von Chemie als profilgebendes Fach 416

ALEXANDER ENGL & BJÖRN RISCH

CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur - Ein Konzept zur Änderung der Einstellung im Bereich „Chemie und Natur“ 420

VANESSA PUPKOWSKI, ELKE SUMFLETH & MAIK WALPUSKI

Kompetenzmessung in der Chemie und der Einfluss affektiver Faktoren 424

RABEA WIRTH & VERENA PIETZNER

Chemiebezogene Umweltschutzberufe – Berufsbilder im Schülerlabor 428

ANJA LEMBENS & KATRIN REITER

Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Thema ‚Säuren und Basen' – Eine Herausforderung für die LehrerInnenbildung 432

MICHAEL PEETZ & VERENA PIETZNER

Evaluation von Schülervorstellungen zum Lösen von Zucker in Wasser mithilfe einer Animationssoftware 436

MARVIN ROST & RÜDIGER TIEMANN

Aufgabenentwicklung zur Erhebung der Modellnutzung für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht 440

PETER DÜKER & JÜRGEN MENTHE

Bewertungskompetenz – Lebensferne durch Lebensweltnähe -Rekonstruktiver Aufgabencheck 444

CHRISTIN SAJONS & MICHAEL KOMOREK

Lernprozesse im Schülerlabor - Bedingungsfaktoren und Modellierung 448

MICHAEL BUDKE & MARCO BEEKEN

Traditionell oder vegetarisch? – „Es geht um die Wurst" im GreenLab_OS 452

CHRISTINA TOSCHKA & KATRIN SOMMER

Generierung und Nutzung von Analogien beim Umgang mit Modellexperimenten 456

Vortragsblock G

NIKOLA SCHILD & VOLKHARD NORDMEIER

Eingangsvoraussetzungen als Prädiktoren zur Vorhersage von Studienerfolg in Physik 460

THORID RABE & OLAF KREY

Identität als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? 464

HELMUT MIKELSKIS

„Bachelor and Master of Desaster“- Abschied von einem Universitätsstudium als Ort humaner Bildung? 468

STEFANIE SCHWEDLER

Von den Teilchen zur Formel mit Simulation: BIRC im Chemiestudium 472

NICOLE MARMÉ & JENS-PETER KNEMEYER

Von der Schule in die Hochschule - Physik-Vorbildung angehender Studierender der Ingenieurswissenschaften und Entwicklung eines Vorkurses 476

Berufsrelevanz fachlicher Studieninhalte

JOOST MASSOLT & ANDREAS BOROWSKI

Increasing perceived relevance of the required content knowledge 479

JENNY STÄCKER, MATHIAS ROPOHL, MIRJAM STEFFENSKY & GERNOT FRIEDRICHS

Förderung der Vernetzung von universitärem und schulischem Fachwissen 483

ROBERT BITTORF & SASCHA SCHANZE

Chemie und Chemiedidaktik – Zusammenarbeit in der Fachausbildung 487

Studieneingangsphase Chemie

DANIEL AVERBECK, ECKART HASSELBRINK & ELKE SUMFLETH

Einfluss der „Allgemeinen Chemie“ auf den Studienerfolg im ersten Semester 491

THOMAS ELERT & MAIK WALPUSKI

Erfolgreiche Lehramtsstudierende im Praktikum Allgemeine Chemie 495

ANDREAS JACKOWSKI & STEFAN RUMANN

Zum konzeptuellen Verständnis der Struktur der Materie 499

THOMAS DICKMANN, STEFAN RUMANN & MARIA OPFERMANN

Visuelles Modellverständnis: Ein Prädiktor für Studienerfolg?! 503

NICOLE GRAULICH, IRA CASPARI, MELISSA WEINRICH & HANNAH SEVIAN

Mechanistisches Denken in der Organischen Chemie 507

DANIEL LAUMANN & STEFAN HEUSLER

Entwicklung und Evaluation eines Hochschullehrkonzepts zum Magnetismus 511

Poster

Forschung in Lehr-Lern-Laboren

RENÉ DOHRMANN & VOLKHARD NORDMEIER

Praxisbezug und Professionalisierung im Lehr-Lern-Labor-Seminar (LLLS) - ausgewählte vorläufige Ergebnisse zur professionsbezogenen Wirksamkeit 515

STEFAN SORGE, BURKHARD PRIEMER, IRENE NEUMANN & ILKA PARCHMANN

Lernunterstützung im Lehr-Lern-Labor: Die Perspektive der Studierenden 519

HILDE KÖSTER, TOBIAS MEHRTENS, MARTIN BRÄMER & JAN STEGER

Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor -Entwicklung, Umsetzung und Evaluation 523

STEFFEN SMOOR & MICHAEL KOMOREK

Zyklisches Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor empirisch untersuchen 527

RAPHAEL WEß, BURKHARD PRIEMER, BIRGIT WEUSMANN, STEFAN SORGE & IRENE NEUMANN

Veränderung von Lehr-bezogenen SWE im MINT-Lehramtsstudium 531

DANIEL REHFELDT, CHRISTIANE KLEMPIN & VOLKHARD NORDMEIER

Ergebnisse fächerübergreifender Praxisrelevanz und Reflexionskompetenz in Lehr-Lern-Laboren 535

Digitalisierung und Bildung in der Naturwissenschaftsdidaktik

JENNY MEßINGER-KOPPELT, SASCHA SCHANZE & JORGE GROß

Digitalisierung und Bildung in der Naturwissenschaftsdidaktik 539

TIMO FLEISCHER & CLAUDIA NERDEL

Videotutorials als Lehr-Lernmedium in der Chemiedidaktik 542

JULIA ARNOLD, DANIELA MAHLER & ANDREAS MÜHLING

„AppLaus“: App-Entwicklung in der Lehramtsausbildung 546

NINA ULRICH & SASCHA SCHANZE

Chemiedidaktik im digitalen Klassenzimmer - Reflektierter iPad-Einsatz in der Lehrerbildung 550

ANJE OSTERMANN, HENDRIK HÄRTIG, LORENZ KAMPSCHULTE, ANKE LINDMEIER, MATHIAS ROPOHL & JULIA SCHWANEWEDEL

Welche Medien nutzen Lehrkräfte? Und wofür? – eine Befragung 554

STEFAN RICHTBERG & RAIMUND GIRWIDZ

Feedback und Guidance - neues Potential durch neue Werkzeuge 558

JENNY MEßINGER-KOPPELT, STEFAN RICHTBERG & INGOLF SAUER

Nutzung und Bedarf: Ergebnisse der 2. LEIFIphysik-Nutzerbefragung 562

CHRISTOPH HOYER & RAIMUND GIRWIDZ

Didaktische Aspekte von Multimedia – Aufgezeigt an HTML5-Anwendungen 566

Wirkungen naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerbe

TIM HÖFFLER, KNUT NEUMANN, MARC ECKHARDT, UTE HARMS, OLAF KÖLLER, IRENE NEUMANN & ILKA PARCHMANN

Das Projekt WinnerS: Wirkungen naturwissenschaftlicher Wettbewerbe 570

CHRISTINE KÖHLER, TIM HÖFFLER & ILKA PARCHMANN

Charakterisierung und Identifikation naturwissenschaftlicher Talente 574

CAROLA GARRECHT, MARC ECKHARDT & UTE HARMS

Wirkungen des BundesUmweltWettbewerbs (BUW) auf Bewertungskompetenz 578

EVA TREIBER, IRENE NEUMANN & AISO HEINZE

Alles nur Mathe? - Mathematik in den Aufgaben der PhysikOlympiade 582

PETER WULFF, STEFAN PETERSEN & KNUT NEUMANN

Erfassung physikalischer Problemlösefähigkeiten 586

ANNEKE STEEGH, TIM HÖFFLER, JAN RETELSDORF & ILKA PARCHMANN

Girls vs. gender stereotypes: The real battle in science competitions? 590

Wissenschaftskommunikation als Thema für Fachdidaktik

LORENZ KAMPSCHULTE, CAROLIN ENZINGMÜLLER & ILKA PARCHMANN

Wissenschaftskommunikation als Thema für Fachdidaktik 594

YASMIN APPELHANS & KERSTIN KREMER

Dialog im Public Outreach – Eine Untersuchung an Texten 598

FABIAN LEIß, RALF DETEMPLE & HEIDRUN HEINKE

Ziele und Wege der Wissenschaftskommunikation im Schülerlabor 601

CHRISTINE SATTELKAU, YASMIN S. APPELHANS, STEFAN KELLER, CARSTEN KÖNNEKER & ILKA PARCHMANN

Lehren und Lernen mit Texten als Outreachmaterialien 605

RÜDIGER SCHOLZ & SUSANNE WEßNIGK

foeXlab – das Schülerlabor des Outreachprojekts Ö im Sonderforschungsbereich CRC 1227 (DQ-mat) 609

INSA STAMER, HANNO PÖNICKE, STEFAN SCHWARZER & ILKA PARCHMANN

Entwicklung und Validierung von Videos zur Förderung der authentischen Wahrnehmung von Naturwissenschaften im Schülerlabor klick! 613

ELENA VON HOFF, NELE MILSCH, THOMAS WAITZ & INGO MEY

Interdisziplinäre Projekte zur Öffentlichkeitsarbeit im SFB 803 617

MARIA WEISERMANN, ILKA PARCHMANN & STEFAN SCHWARZER

Wirksamkeit einer schulischen Vor- und Nachbereitung von Schülerlaborbesuchen 621

NELE MILSCH, ELENA VON HOFF, INGO MEY & THOMAS WAITZ

Zum Interesse von Jugendlichen an Science Outreach Projekten 625

LORENZ KAMPSCHULTE, KARSTEN EILERT & ILKA PARCHMANN

Schülerkuratierte Ausstellung als Tool für Wissenschaftskommunikation 628

Promotionsprogramm GINT - Lernen in informellen Räumen

MICHAEL KOMOREK & PETER RÖBEN

Das Promotionsprogramm GINT – Lernen in informellen Räumen 632

ANNIKA ROSKAM, KAI BLIESMER & MICHAEL KOMOREK

Phänomenologisches und analoges Lernen in Nationalparkhäusern 636

CHRISTIN SAJONS, DIRK STIEFS & MICHAEL KOMOREK

Zielstrukturen, Charakteristika und Abläufe in Schülerlaboren 640

ANASTASIA STRILIGKA, KRYSTALLIA HALKIA & DIMITRIOS STAVROU

Untersuchung von Bildungsangeboten an informellen Lernorten der Meeresforschung 644

CHRIS RICHTER, CHRISTIN SAJONS, CLAUDIA GORR, CLAUS MICHELSEN & MICHAEL KOMOREK

Vernetzung außerschulischer GINT-Lernorte 648

SÖNKE JANSSEN & GUNNAR FRIEGE

Prozesse und Bedingungen informellen Lernens 652

MICHA WINKELMANN & SUSANNE WEßNIGK

Lernprozesse im Schülerlabor NILS unter Berücksichtigung individueller Interessenstrukturen 655

PETER RÖBEN, HENRIKE HAVERKAMP & DIRK STIEFS

Vermittlung technischen Wissens im Schülerlabor -Technische Bildung am außerschulischen Lernort DLR-Schülerlabor 659

FRANK LÜTHJOHANN, STEFANIE HERZOG, ILKA PARCHMANN, BIRTE NIEBUHR, AISO HEINZE, ANKE LINDMEIER, LORENZ KAMPSCHULTE & MARC WILKEN

Neue Ansätze zur Berufsorientierung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht 663

HENNES ALBERDING & VERENA PIETZNER

Lebensmittelchemische Berufe im Schülerlabor ChemOL2 667

JUDITH BREUER, CHRISTOPH VOGELSANG & PETER REINHOLD

Materialnutzung bei der Planung von Physikunterricht - Ergebnisse einer Interviewstudie 671

JENNIFER DÖRSCHELLN & AMITABH BANERJI

OLEDs – Auf dem Weg zur Implementation eines innovativen Themas im Chemieunterricht 675

DENNIS ROGGENKÄMPER, NELE MILSCH & THOMAS WAITZ

Aufgabenbasierte Videotutorials: Digitale Lehr-/Lernwerkzeuge in der schulischen und universitären Chemieausbildung 679

KATRIN SCHÜßLER, INES KOMOR, SEBASTIAN HABIG & ELKE SUMFLETH

Lernaufgaben in Chemie – Ein Blick auf Cognitive Load und Interesse 683

DENNIS JAEGER, TORSTEN FRANZ & RAINER MÜLLER

Cognitive Load beim Lösen authentischer Probleme 687

PERIHAN AKMAN & SABINE FECHNER

Konkrete und abstrakte Repräsentationen im Chemieunterricht 691

RALF ERLEBACH & CAROLIN FRANK

Analyse und Klassifikation technischer Repräsentationen in Lehrbüchern 695

SABINE STRELLER

Das Schulbuch im Berliner Chemieunterricht – eine Bestandsaufnahme 699

MARTIN ERIK HORN

GAALOP als speziell-relativistischer Taschenrechner 703

ANN-KATHRIN JOSWIG & JOSEF RIESE

Die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Lehramtsstudium Physik 707

JULIAN HEEG & SASCHA SCHANZE

Förderung chemiedidaktischen Wissens mittels Video-Fallvignetten 711

JULIA-JOSEFINE MILSTER & VOLKHARD NORDMEIER

Professionelle Kompetenzen von Quereinsteiger*innen im Q-Master 714

CLAUS BOLTE

Wie erleben Lehramtsstudierende mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach "ihr" Praxissemester? 718

MAREN RODRIGUEZ & ARNIM LÜHKEN

Die naturwissenschaftliche Studieneingangsphase: Eine qualitative Längsschnittstudie am Beispiel des Pharmaziestudiums 722

DAVID WOITKOWSKI & PETER REINHOLD

Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben – Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik – 726

JENNA KOENEN, LILIAN DANIAL & RÜDIGER TIEMANN

Critical Thinking im universitären Laborpraktikum 730

KATHARINA GROß & ANDREA SCHUMACHER

Konzeption und Evaluation des kompetenzorientierten Schülerlabors ELKE zum Thema „Ein Tag mit Chemie – Schülerreporter im Labor" 733

HENNING KRAKE & MAIK WALPUSKI

Sequenzierung experimenteller Phasen bei Chemiereferendarinnen und -referendaren 737

ANNABEL PAULY & ARNIM LÜHKEN

Energiekonzepte angehender Chemielehrkräfte 741

MARIANNE KORNER, FLORIAN SCHMIDT & MARTIN HOPF

Weiterentwicklung eines Messinstrumentes zur Motivation 745

NELSON RAJENDRAN & ANDREAS KOMETZ

Chemische Migrationsküche 749

ANJA KOMETZ, RITA TANDETZKE & ANDREAS KOMETZ

Inter-NESSI – ein Schülerlabor für Lernende mit Migrationshintergrund 753

THOMAS BAUMANN & INSA MELLE

Multimediale Lernumgebungen im heterogenen Chemieunterricht - Konzeption und Evaluation 757

ANNEMARIE MAY & INSA MELLE

Wirksamkeit von Feedback-Maßnahmen im Chemieunterricht der Sek. I 761

DENNIS KIRSTEIN, SEBASTIAN HABIG & MAIK WALPUSKI

Umgang mit Leistungsheterogenität beim Experimentieren im Fach Chemie 765

LISA SCHMITZ & SABINE FECHNER

Identifizierung von Schülerfragen beim Einsatz lebensweltlicher Kontexte 768

THOMAS WILHELM, JAN-PHILIPP BURDE, VERENA SPATZ, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER & MARTIN HOPF

Elektronengasmodell und Kontextorientierung – ein binationales Projekt 772

FLORIAN SIMON, NADJA GNEIST & GESCHE POSPIECH

Der Einfluss eines Schülerlaborbesuchs auf die Selbstwirksamkeitserwartung und die Einstellung von Lernenden zu naturwissenschaftlichen Berufen 776

NICOLE SCHRADER & CLAUS BOLTE

Vorstellungen vom Unsichtbaren Schülervorstellungen zum Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung 780

MARC THIESSENHUSEN, MARTIN GRÖGER, VOLKER HECK & MONICA ZULETA

Vorstellungen zu Kohlenstoffdioxid in Deutschland und Kolumbien - Eine Untersuchung in der Grundschule 784

MARC THIESSENHUSEN & MARTIN GRÖGER

„Ozeanversauerung“ im Chemieunterricht? Ergebnisse einer Fragebogen- und Interviewstudie zum Unterrichtseinsatz 787

DIRK THODE & HORST SCHECKER
Bewerten im Physikunterricht: Wirksamkeit einer Unterrichtskonzeption 791

JOHANN MANTHEY & MARTIN GRÖGER
Mathematische Darstellung bei der Messwertauswertung 795

ALBERT TEICHREW & ROGER ERB
Entwicklung der Modellkompetenz mit dem Zeigermodell am Doppelspalt 799

INES KOMOR, HELENA VAN VORST & ELKE SUMFLETH
Mathematisches Modellieren in der Physikalischen Chemie 803

STEFAN BECHSTEIN, JOSEF RIESE & ACHIM STAHL
Entwicklung und Evaluation eines Lehr-Zyklotrons 807

LINA BOYER, ANITA STENDER & HENDRIK HÄRTIG
Schwierig? Einschätzung von Experimentiersituationen durch Lehrkräfte 811

VANESSA SCHAD, EVA CAUET, JOCHEN SCHEID & ALEXANDER KAUERTZ
Physikalisches Fachwissen in Experimentierumgebungen nutzen 815

RASMUS VIEFERS, HEIKE THEYßEN & NICO SCHREIBER
Individuelle Förderung experimenteller Fähigkeiten in der Grundschule - Pilotierungsergebnisse 819

MARCEL SIMON & VOLKER WOEST
Konzeption und Realisierung jahrgangsübergreifender Experimentier-Sets im Chemieunterricht im Kontext der Reformpädagogik nach Maria Montessori 823

NORMAN JOUßEN, STEPHAN FRAß & HEIDRUN HEINKE
Prozessorientierte Instrumente zur Erhebung experimenteller Strategien 827

SIMON HÜTZ, SEBASTIAN STAACKS, CHRISTOPH STAMPFER & HEIDRUN HEINKE
Einsatz der App phyphox in Physikvorlesungen und -übungen 831

DOROTHEE ERMEL, SEBASTIAN HAASE, JÜRGEN KIRSTEIN & VOLKHARD NORDMEIER
Didaktische Konzeption einer Augmented-Reality-Experimentierumgebung 835

SIMON SCHÄFER, RÜDIGER TIEMANN & JENNA KOENEN
Experimentieren in der Hochschule – Prüfung der Passung eines Modells 839

EVA KRIEHUBER, FLORIAN BOCH & CLAUDIA NERDEL
Experimentieren als zentraler Aspekt in der Chemielehrerbildung 843

GUIDO HAAG, JOCHEN SCHEID, PATRICK LÖFFLER & ALEXANDER KAUERTZ
Desiderate bei der manuellen Ausführung von Experimenten 847

LAURA BEHRENDS, LAURA MUTH & ROGER ERB
Validierung eines Testinstruments zur Auswertekompetenz 851

MICHAEL ELMER & OLIVER TEPNER
Wahrnehmung von Unterrichtserklärungen im Fach Chemie 855

JENNIFER KRUPINSKI, SARAH RAU-PATSCHKE & STEFAN RUMANN
Sprachbildung im Sachunterricht durch Förderung der Erklärkompetenz 859

JANA HEINZE & KARSTEN RINCKE
Wahrnehmung physikalischer Unterrichtserklärungen 863

MAREN KEMPIN, CHRISTOPH KULGEMEYER & HORST SCHECKER
Reflexion von Physikunterricht: Ein Performanztest 867

JAN SCHRÖDER, CHRISTOPH VOGELSANG & JOSEF RIESE
Erfassung der Performanz bei der Planung von Physikunterricht 871

CHRISTOPH VOGELSANG, ANDREAS BOROWSKI, CHRISTOPH KULGEMEYER & JOSEF RIESE
Profile-P+: Entwicklung von Kompetenz und Performanz im Physiklehramt 875

PATRICK ENKROTT, DAVID BUSCHHÜTER & ANDREAS BOROWSKI
Modeling and Development of Professional Content Knowledge of Pre-Service Physics Teachers 879

SANDRA STEGEMANN & STEFAN RUMANN
Sachunterricht: Diagnostische Fähigkeiten im Praxissemester fördern 883

MICHAEL SZOGS, MARVIN KRÜGER & FRIEDERIKE KORNECK
Reflexion lernrelevanter Situationen des Physikunterrichts -Einfluss von Feedback und Reflexionen auf die Qualität von Unterricht 887

CHRISTINA KOBL & OLIVER TEPNER
Förderung der Reflexionskompetenz von Chemielehramtsstudierenden 891

STEPHANIE NEPPL & KARSTEN RINCKE

Perspektivenübernahme trainieren – Entwicklung eines Seminarformats zur gezielten Sensibilisierung für Schülersichtweisen 895

JULIA BRÜGGERHOFF, SARAH RAU-PATSCHKE & STEFAN RUMANN

Der Übergang vom Sach- zum naturwissenschaftlichen Fachunterricht 899

CHRISTOPHER KURTH & RITA WODZINSKI

Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten zu diagnostizieren Erste Ergebnisse am Beispiel des Hooke'schen Gesetzes 903

NADINE BOELE & OLIVER TEPNER

Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Chemielehrkräften 907

VICTORIA ENZMANN, ARNO PFITZNER & OLIVER TEPNER

Entwicklung einer Lehrerfortbildung zur experimentellen Kompetenz 911

VOLKER BRÜGGEMANN & VOLKHARD NORDMEIER

Naturwissenschaftliches Denken im Lehramtsstudium - Computeradaptive Leistungsmessung - 915

ANNA BAUER, PETER REINHOLD & MARC D. SACHER

Operationalisierung der experimentellen Kompetenz (Physik)Studierender 919

Christian Maurer Geschäftsführer der GDCP

Vorwort

Die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) fand vom 18. bis zum 21. September 2017 an der Universität Regensburg statt. Das Tagungsthema lautete:

Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen

Knut Neumann vom IPN in Kiel eröffnete die Tagung mit seinem Vortrag „Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften – die Suche nach dem Heiligen Gral“. Im weiteren Verlauf der Tagung beleuchteten auch Silke Hertel von der Universität Heidelberg mit Ihrer Frage: „Guter Unterricht = Adaptiver Unterricht? Theoretische Überlegungen, empirische Befunde und normative Setzungen zum Konzept der Adaptivität in Lehr-Lernkontexten“, sowie David Treagust und Maik Walpuski weitere Aspekte hinsichtlich der Qualität des Chemie- und Physikunterrichts. David Treagust von der Curtin University in Perth widmete sich dabei dem Process Oriented Guided Inquiry Learning mit einem speziellen Fokus auf „Empirical evidence from student outcomes addressing the quality of instruction in chemistry“. Maik Walpuski von der Universität Duisburg-Essen referierte abschließend über “Qualitätsmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht“. Über die Plenarbeiträge hinaus trugen zahlreiche weitere Vorträge, Poster und Workshops zum Tagungsthema bei.

Neben den Plenarreferierenden haben weitere Autorinnen und Autoren ihre Beiträge für den Tagungsband ausgearbeitet. Die ca. 220 Beiträge repräsentieren die fachdidaktischen Arbeiten, die in Regensburg im Rahmen von Gruppenvorträgen, Einzelvorträgen, Workshops und Postern präsentiert wurden. Zudem ist ein Beitrag über die Ergebnisse der Schwerpunkttagung in Flensburg (Inklusion 2017) enthalten. Allen Autorinnen und Autoren gilt mein ausdrücklicher Dank für die Mitarbeit an diesem Band.

Im Rückblick auf die Tagung gilt mein herzlicher Dank den vielen Helferinnen und Helfern, welche maßgeblich zum Gelingen der Tagung beigetragen haben. In reibungsfreier, sehr humorvoller und angenehmer Art und Weise haben die beiden Lehrstühle der Didaktik der Chemie und Physik unter Leitung von Oliver Tepner und Karsten Rincke die örtliche Tagungsorganisation übernommen. Dafür will ich explizit an dieser Stelle nochmals meinen Dank im Namen der GDCP aussprechen. Ein besonderer Dank gilt ebenfalls der Universität Regensburg als gastgebender Institution. Die GDCP will sich an dieser Stelle weiterhin bei Bischofshof für die großzügige Unterstützung als Sponsor der Tagung bedanken. Ferner möchte ich Paul Unger herzlich für die Unterstützung der redaktionellen Arbeit an diesem Band danken.

Regensburg, im Februar 2018 CM

Karsten Rincke

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
Sprecher des Vorstands

Einleitung

Liebe Doktorandinnen und Doktoranden, liebe Kolleginnen und Kollegen,
verehrte Gäste,
hiermit eröffne ich im Namen des Vorstands der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik und der örtlichen Tagungsleitung die Jahrestagung unserer Fachgesellschaft zum Thema

Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen

Ich möchte besonders begrüßen die Trägerinnen und Träger der GDCP-Ehrenmedaille, die zu uns nach Regensburg gereist sind, das sind

- Frau Professorin Kornelia Möller aus Münster,
- Frau Professorin Elke Sumfleth aus Essen,
- Herr Professor Hans Ernst Fischer aus Essen,
- Herr Professor Helmut Fischler aus Berlin.

Ich erlaube mir den ergänzenden Hinweis, dass Elke Sumfleth gestern ihren 65. Geburtstag begangen hat und ich werde nachher, so mir die Gelegenheit gegeben ist, ihr die Glückwunschkarte der GDCP überreichen und ihr damit in unser aller Namen die herzlichsten Geburtstagswünsche mit auf den Weg geben.

Unsere Fachgesellschaft tagt 2017 das erste Mal an der Universität Regensburg, das ist gleichzeitig das Jahr ihres 50.jährigen Bestehens.
Ich freue mich ganz besonders, den Präsidenten der Universität Regensburg, Herrn Professor Hebel begrüßen zu dürfen! Weiterhin freue ich mich sehr, den Dekan der Fakultät für Chemie und Pharmazie, Herrn Professor Jörg Heilmann begrüßen zu dürfen!

Lassen Sie mich auch namentlich nennen diejenigen Kolleginnen und Kollegen, die in den uns nahestehenden Fachgesellschaften und Fachverbänden Leitungsverantwortung tragen, das sind

- Friederike Korneck aus Frankfurt am Main als kooptierte Beisitzerin des Vorstands der Gesellschaft für Fachdidaktik, unseres Dachverbands,
- Johannes Grebe-Ellis aus Wuppertal als Leiter des Fachverbands Didaktik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft,
- Heike Theyßen als seine Stellvertreterin aus Essen,
- Rüdiger Scholz aus Hannover als weiteren Stellvertreter.

Wir haben lange auf diese Eröffnung und die folgenden Tage hingearbeitet. In diesen Momenten teilen wir gespannte Erwartung auf Vorträge und Diskussionen und Vorfreude auf ein bereicherndes Rahmenprogramm.
Als ersten Beitragenden freue ich mich, nun unseren Präsidenten, Herrn Hebel um ein Grußwort bitten zu dürfen.

Hinführung zum Tagungsthema

Die Frage, wie qualitätsvoller Chemie- oder Physikunterricht ins Werk zu setzen sei, ist so etwas wie ein Lebensthema derer, die sich mit fachdidaktischen Fragen befassen.
In der Einführung in das Thema, die Sie in der Einladung zur Tagung bereits gelesen haben, habe ich den Bezug hergestellt zu der Unterscheidung, wie sie Kunter und Ewald unter Rückgriff auf Berliner vornehmen: die Unterscheidung zwischen Effektivität des Unterrichts auf der einen Seite und der Entsprechung bestimmten normativen Vorstellungen auf der anderen.
In diesem Sinne ist Unterricht qualitätsvoll, wenn er dazu verhilft, dass Schülerinnen und Schüler gesteckte Ziele erreichen, also effektiv ist, und wenn er gleichzeitig bestimmten normativen Vorstellungen gehorcht, die wir als Gesellschaft teilen. Das sind Vorstellungen darüber, wie guter Unterricht aussehen sollte. Das kann etwa die Vorstellung sein, dass ein guter Unterricht die Eigenverantwortung der Schülerinnen und Schüler stärkt und entsprechende Elemente im Lernkontext vorsieht.
Eine solche Unterscheidung ist instruktiv, weil sie uns darauf aufmerksam macht, dass es bei qualitätsvollem Unterricht nicht allein um messbare Resultate geht, etwa auszudrücken in Lernleistung. Die Frage der guten Qualität ist also keine rein empirische Frage, sondern sie dreht sich auch darum, welchen Unterricht wir in einem demokratischen Land überhaupt als sinnvollen Vorschlag akzeptieren.
Die Missverständnisse, die die Rezeption von Hatties großer Studie begleitet haben und nach wie vor begleiten, etwa, dass Hattie nachgewiesen habe, dass es der Frontalunterricht sei, der letztlich die besten Ergebnisse erziele, diese Missverständnisse schaffen es nur deshalb auf die Titelseite einer Frankfurter Allgemeinen Zeitung, weil sie in fragwürdiger Weise eine empirische Dimension (gute Lernleistung) gegen eine unterstellte normative Dimension (Frontalunterricht ist unmodern) ausspielen. So dargestellt ergibt sich eine Spannung zwischen dem, was sein soll (gute Leistung) und dem, was angeblich nicht sein soll (der dozierende Lehrer). Das mag Zeitungsleser ansprechen – zur Klärung trägt es wenig bei.
Die Unterscheidung zwischen empirischen und normativen Dimensionen, die wir uns mit diesem Tagungsthema bewusst machen, verhilft uns dazu, solche Rezeptionen als Verkürzungen und Missverständnisse zu erkennen. Und sie fordert dazu auf, insbesondere normative Positionen zu hinterfragen und dezidiert als nicht von der Natur des Lernens uns vorgegeben zu erkennen.

Normativen Positionen liegen Bilder zugrunde. Diese Bilder handeln von Menschen, ihrer Gesellschaft, aber auch von Wissenschaft. Unser Bild des Menschen, den wir vom qualitätsvollen Unterricht profitieren sehen, ist eines, das individueller Entfaltung und Selbstbestimmtheit einen hohen Rang gibt. Deswegen hat es ja der so genannte Frontalunterricht auch so schwer – zumindest in der Debatte. In der Realität der Schule, wenn die Klassentür hinter der Lehrkraft zu fällt, indessen weniger...

Unser Bild von der Gesellschaft, in der unsere Schülerinnen und Schüler leben und zu deren Fortentwicklung sie einst beitragen sollen, handelt von Pluralität, Respekt, Frieden, Demokratie. Unsere Sorge um diese führt immer wieder auch zu dem Ruf, die Schule möge genau das richten. Sie möge Fremdenhass bekämpfen, die Wertschätzung der Demokratie befördern und so fort. *Pädagogisierung der gesellschaftlichen Probleme* nennt Ewald Terhart das.
Das ist einerseits verständlich, auch berechtigt. Es führt andererseits aber regelmäßig zu unerfüllbar hohen Erwartungen an das, was Lehrkräfte im qualitätsvollen Unterricht zu leisten hätten. Mit dem Bild von Wissenschaft, das unser Unterricht befördern möge, sind wir meiner Ansicht nach noch am wenigsten fertig. In unserer Wissenschaftsgemeinschaft,

also der Gemeinschaft derer, die sich um naturwissenschaftliche Bildung bemühen, ist das Bild einer Naturwissenschaft akzeptiert, das naturwissenschaftliches Wissen als Ergebnis von Prozessen konzeptualisiert, als stets nicht-endgültig, als grundsätzlich nicht alternativlos.
Aber das ist bei Weitem nicht allgemein in der Naturwissenschaft akzeptiert. Der ungelöste Konflikt um den Karlsruher Physikkurs, mit dem sich die Deutsche Physikalische Gesellschaft in den Jahren 2012 und 13 ein unrühmliches Denkmal gesetzt hat, ist eines der sinnfälligsten Beispiele der jüngeren Geschichte, die diese These untermauern. Nun rollen einige mit den Augen und fragen sich, warum ich immer wieder davon anfange.
Warum?
Weil ich es versprochen habe in den 5 Thesen zur DPG und ihrem Verhältnis zu Didaktik: Die Forderung nach Lösung dieses Konflikts ist ein ceterum censeo all derer, die die erkenntnistheoretische Grundhaltung teilen, dass Wissenschaft ein Werden ist! Und dass dieses Werden hie und da Thema eines qualitätsvollen Unterrichts sein wird.

Die Plenarvorträge werden den Raum, der durch normative und empirische Dimensionen aufgespannt wird, von unterschiedlichen Richtungen aus abschreiten:
Knut Neumann wird uns u.a. bewusst machen, wie vielfältig die Versuche sind und waren, Qualität von Unterricht und auch die dazu gehörenden Bedingungsfaktoren zu erfassen.
Silke Hertel wird insbesondere den Aspekt der Teilhabe aufgreifen: Naturwissenschaftlicher Unterricht muss zur allgemeinen Bildung beitragen, d.h. den Menschen in einer Weise verändern, dass er sich seiner Möglichkeiten bewusst wird, sie nutzt, sich entfaltet und gleichzeitig intensiv Teil hat an der ihn umgebenden Gesellschaft.
David Treagust wird den Vorschlag einer wohlstrukturierten instruktionalen Umgebung diskutieren, die keine dozierende Lehrkraft im Mittelpunkt sieht.
Maik Walpuski wird einen Schwerpunkt darauf legen, wie allgemeine Qualitätskriterien fachdidaktisch interpretiert werden und was das für den Wissenserwerb, aber auch für affektive Variablen bedeutet.

Knut Neumann IPN Kiel

Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften – Die Suche nach dem Heiligen Gral

Die Suche nach den Merkmalen guten Unterrichts beschäftigt die empirische naturwissenschaftsdidaktische Forschung seit Jahrzehnten. Dabei hat sie nicht nur mit einigen Mythen aufräumen können, wie z.B. dass mehr Schülerexperimente per se lernförderlicher sind. Sie konnte auch zentrale Dimensionen guten Unterrichts wie z.B. Klarheit und Strukturiertheit oder kognitive Aktivierung für den naturwissenschaftlichen Unterricht bestätigen. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass diese Merkmale zwar einen Einfluss auf Schülerleistung haben, die Formel aber z.B. nicht ohne Weiteres lauten kann: Je höher die kognitive Aktivierung desto besser die Schülerleistung. Der vorliegende Beitrag fasst die wesentlichen Erkenntnisse aus der Forschung zur Unterrichtsqualität (in den Naturwissenschaften) zusammen, zeigt auf, warum die Frage nach der Gestaltung guten Unterrichts immer noch weitgehend unbeantwortet ist, und schließt mit einem Plädoyer für die Entwicklung und empirische Erprobung von Konzepten guten Unterrichts in den Naturwissenschaften.

Die prozess-produkt-orientierte Unterrichtsqualitätsforschung

Die frühe Forschung zur Unterrichtsqualität (in den Naturwissenschaften) fokussierte zunächst auf das Lehrerverhalten. Auf der Basis von unter Lehrerausbildern anerkannter Ansichten (d.h. „Expertenmeinungen“) über gutes Lehrerverhalten, wurden Studien des tatsächlichen Verhaltens von Lehrkräften und gezielten Interventionen zur Veränderung des Lehrerverhaltens durchgeführt, die durch wiederholte Unterrichtsbeobachtungen evaluiert wurden. In den 1960er Jahren verschob sich der Fokus der Unterrichtsqualitätsforschung zunehmend auf die Wirkung des Lehrerverhaltens (für eine ausführliche Darstellung siehe Rosenshine & Furst, 1971). Dies spiegelt sich unter anderem auch in dem von Carroll (1963) vorgeschlagenen Modell schulischen Lernens wieder. Dieses Modell beschreibt schulisches Lernen als Funktion des Verhältnisses von aufgewandter zu benötigter Zeit. Die aufgewandte Zeit hängt dabei nach Carroll (1963) von der Quantität des Unterrichts und Ausdauer der Lernenden, die benötigte Zeit von den Fähigkeiten der Lernenden und der Qualität des Unterrichts ab. Die Qualität des Unterrichts wiederum wird bestimmt durch die Klarheit, mit der Lernziele präsentiert werden, die Strukturiertheit, mit der Lernaktivitäten sequenziert werden, und die Aktivierung der Lernenden durch Lernmaterialien (Carroll, 1989). Mit diesem Modell bereitete Carroll (1989) die theoretische Basis für die Interpretation der Befunde zur Wirkung unterrichtlicher Merkmale auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler.

In der Folge entstand eine Reihe von Forschungsarbeiten, die die Wirkung unterschiedlicher Merkmale unterrichtlichen Lernens speziell des Verhaltens von Lehrkräften auf das Lernen untersuchten (Rosenshine & Furst, 1971). Neben der reinen Quantität bestimmter Merkmale wurde dabei zunehmend auch deren Qualität in den Blick genommen; das heißt, bei den Unterrichtsbeobachtungen kamen neben niedrig-inferenten mehr und mehr auch hoch-inferente Bewertungssysteme zum Einsatz. Rosenshine und Furst (1971) identifizierten insgesamt elf unterschiedliche Merkmale – darunter die Klarheit z.B. der Lehreraussagen, die Strukturiertheit z.B. mit der die Lehrkraft durch den Unterrichtsgang führt, die Variabilität z.B. instruktionaler Methoden, oder auch der Enthusiasmus der Lehrkraft. Mit Blick auf verschiedene Beschränkungen der den identifizierten Merkmalen zugrundeliegenden Forschung – unter anderem der Problematik, mehrere hoch-inferente Merkmale im Rahmen einer Unterrichtsbeobachtung zu kodieren – plädierten Rosenshine und Furst (1971) für weitere Forschung zur Fundierung der von ihnen identifizierten Merkmale auf der Basis eines weiter entwickelten

methodischen Zugangs. In einer Erweiterung des rudimentären Zugangs der Untersuchung der Wirkung ausgewählter Unterrichtsmerkmale auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler, beschreiben Dunkin und Biddle (1974) neben Merkmalen des Unterrichtsprozesses (z.B. dem Verhalten des Lehrers) zwei weitere Klassen von Merkmalen: Merkmale der Lehrkraft (z.B. der Persönlichkeit der Lehrkraft) und des Kontexts (z.B. der Ausstattung des Klassenraums). Zudem erweitern Dunkin und Biddle (1974) den Raum potenzieller Wirkungen dieser Merkmale über Schülerleistung hinaus auf weitere Produkte (z.B. auf die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler).

Das Prozess-Produkt-Modell von Dunkin und Biddle (1974) führte zu einer massiven Zunahme der Forschung zu den Wirkungen verschiedener Merkmale des Unterrichtsprozesses oder mit Einfluss auf den Unterrichtsprozess auf entsprechende Produkte – speziell der Schülerleistung. Die Forschung belegte unter anderem die Bedeutung der Quantität des Unterrichts (Anderson, 1981), sowie verschiedener Merkmale der Unterrichtsqualität wie z.B. der Klarheit (Coker, Medley, & Soar, 1980), der Strukturiertheit (Dunkin, 1978), und der Aktivierung (Good & Grouws, 1977), aber auch der Variabilität (Sweitzer & Anderson, 1983) oder des Enthusiasmus (Armento, 1977). Aus einer Zusammenführung der verschiedenen vorliegenden Modellierungen (der Einflussfaktoren) des (unterrichtlichen) Lernens sowie entsprechender empirischer Erkenntnisse entwickelte Walberg (1981) sein „Model of Educational Productivity“. Diese Modell identifiziert neun Merkmale, die Lernen im Sinne der Entwicklung affektiver, kognitiver und Verhaltensmerkmale aufweist: 1) Fähigkeiten, 2) Entwicklung, 3) Motivation, 4) Quantität des Unterrichts, 5) Qualität des Unterrichts, 6) häusliche Umgebung, 7) schulische Umgebung, 8) Freundeskreis und 9) Massenmedien (vgl. Fraser, Walberg, Welch, & Hattie, 1987).

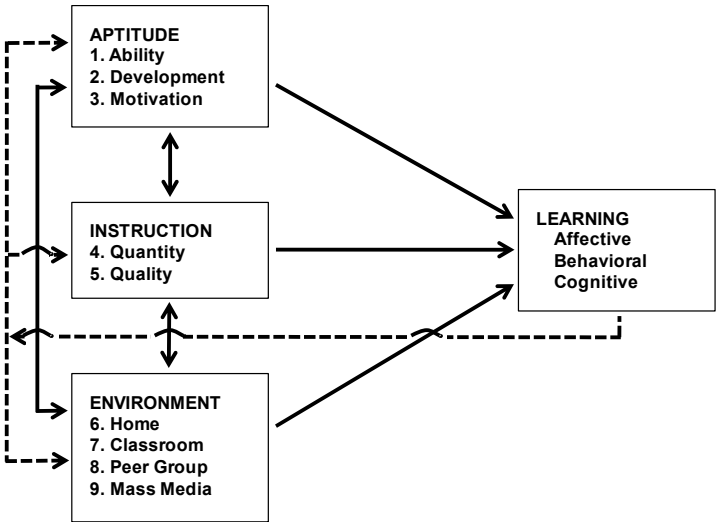


Abbildung 1. Walbergs (1981) „Model of Educational Productivity“.

Das Modell von Walberg (1981) bildete wiederum die Grundlage für eine Reihe von Metaanalysen zur empirischen Fundierung des Modells und damit zur Konsolidierung der Befunde der Prozess-Produkt-Forschung (Brophy & Good, 1986; Fraser et al., 1987; Walberg, Haertel, Pascarella, Junker, & Boulanger, 1981). Walberg et al. (1981) belegen z.B. anhand von Regressionsanalysen auf Basis von Daten aus dem National Assessment of Educational Progress

(NAEP) Programm den Einfluss der Motivation, der Unterrichtsqualität, der Häuslichen Umgebung und der schulischen Umgebung. Mit Blick auf Merkmale einer (höheren) Quantität des Unterrichts führen Brophy und Good (1986) anhand einer der umfassendsten Aufarbeitung der Literatur neben dem Umfang der Lerngelegenheiten (im Sinne des Umfangs der unterrichteten Inhalte) die Klassenführung (im Sinne einer aktiven Zeitnutzung zwecks Erhöhung der effektiven Lernzeit) an. Mit Blick auf Merkmale einer (höheren) Qualität von Unterricht identifizieren sie Aspekte der Klarheit (z.B. der Lernziele), der Strukturiertheit (z.B. der angemessenen Sequenzierung von Inhalten) und der Kognitiven Aktivierung (z.B. des kognitiven Niveaus der Lehrerfragen), sowie Aspekte weiterer Dimensionen (z.B. Umgang mit Fehlern als Aspekt eines lernförderlichen Klimas). Fraser et al. (1987) zielten in einem breiteren Zugang auf die Fundierung des „Models of Educational Productivity". In einer Synthese mehrerer Metaanalysen prüften Sie nicht nur die Einflussfaktoren sondern quantifizierten deren Wirkung. Fraser et al. (1987) konnten dabei im Wesentlichen den Einfluss der drei Merkmalsgruppen *Aptitude, Instruction*, und *Enviroment* auf verschieden Lernergebnisse bestätigen. Den größten Effekt auf die Schülerleistung finden sie für die Merkmalsgruppe *Aptitude*, in der die kognitiven Fähigkeiten den größten Faktor ausmachen (r = .44). In der Merkmalsgruppe *Instruction* hat die Qualität einen leicht größeren Einfluss (r = .47) gegenüber der Quantität (r = .38), der aber kaum bedeutsam sein dürfte. Die Arbeit von Fraser et al. (1987) ist insbesondere auch deshalb interessant, weil sich die Autoren der Frage nach der Vorhersage von Lernergebnissen nicht nur im Allgemeinen widmen sondern ihr auch speziell im Kontext des naturwissenschaftlichen Unterrichts nachgehen. Mit Bezug auf die Metanalyse von Wise und Okey (1983) identifizieren sie als Merkmale einer hohen Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften vor allem die Klarheit und Strukturiertheit (als Nutzung von Strategien zur Strukturierung des Lernprozesses, d = .57) und die kognitive Aktivierung (als Länge der Wartezeit zwischen der Frage der Lehrkraft und einer Antwort der Schülerinnen und Schüler, d = .90, oder als Nutzung von *hands-on*-Strategien, d =.57).

Zusammengefasst hat die frühe Unterrichtsforschung unter dem Paradigma „Guter Unterricht ist Unterricht, in dem gelernt wird" eine Vielzahl von Merkmalen identifiziert, die Einfluss auf die Schülerleistung haben. Diese lassen sich in einige wenige Dimensionen der Unterrichtsqualität zusammenfassen. Da wären zunächst die eigentlich unter Quantität von Unterricht geführte Klassenführung zu nennen, als Merkmal eines Unterrichts, der die effektiv genutzte Zeit – die time-on-task – durch aktive Maßnahmen der Lehrkraft (z.B. Störungsprävention) optimiert. Weitere Dimensionen sind die Klarheit und Strukturiertheit, die sich häufig nicht eindeutig voneinander trennen lassen, da Strukturiertheit auch die Klarheit positiv beeinflusst und umgekehrt; sowie außerdem die kognitive Aktivierung. Die frühe Forschung hat damit einerseits zentrale Dimensionen der Unterrichtsqualität identifiziert und diese andererseits gut beschrieben. Unklar blieb aber weitgehend, inwieweit diese doch sehr breiten Beschreibungen über verschiedene Fächer hinweg anwendbar sind (bzw. wie sich eine fach-, hier: naturwissenschaftsspezifische Operationalisierung der Dimensionen darstellt), wie man sich das Zusammenspiel der einzelnen Dimensionen vorstellen muss (bzw. ob die kombinierte Verbesserung der Unterrichtsqualität in den einzelnen Dimensionen auch einen kumulativen Effekt auf die Lernleistung oder andere Lernergebnisse hätte).

Die videobasierte Unterrichtsforschung

Mit der zunehmenden Verfügbarkeit und Erschwinglichkeit von Videotechnik erlebte die Unterrichtsqualitätsforschung Ende der 1990er Jahre ein Revival (Petko, Waldis, Pauli, & Reusser, 2003). Die Möglichkeit, Unterricht aufzuzeichnen und wiederholt mit Blick auf unterschiedliche Merkmale zu untersuchen, erlaubte die differenzierte Analyse der komplexen Unterrichtsabläufe. Insbesondere konnten Merkmale im Zusammenspiel und in ihrer Verän-

derung im zeitlichen Verlauf über den Unterricht hinweg analysiert – und damit Unterrichtmuster – identifiziert werden. Im Rahmen der so genannten Third International Mathematics and Science (TIMS) Videostudie wurde das Verfahren der Videoanalyse eingesetzt um Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht in ausgewählten Ländern zu untersuchen und Unterrichtsmerkmale zu identifizieren, die als Erklärung für die in der TIMS Studie beobachten Unterschiede in den Schülerleistungen erklären zu können (Stigler, Gonzales, Kawanaka, Knoll, & Serrano, 1999; Roth et al., 2006). Dazu wurden je teilnehmendem Land eine stratifizierte, randomisierte Stichprobe von ungefähr 100 Schulen gezogen. In diesen Schulen wurde dann zufällig eine Klasse für die Videoaufzeichnung einer Doppelstunde des Mathematik- oder Naturwissenschaftsunterrichts ausgewählt. Wurde die Teilnahme an der Studie verweigert, wurden eine Ersatzschule und –klasse gezogen. Mit den zur Teilnahme bereiten Schulen bzw. Lehrkräften wurde ein Termin vereinbart, so dass die aufgezeichneten Stunden sich mehr oder weniger gleichmäßig über das Schuljahr verteilten. Bei der Aufzeichnung der Unterrichtsstunden wurde mit zwei Videokameras gearbeitet. Die so genannte Aktionskamera folgte dem jeweils aktuellen Unterrichtsgeschehen, filmte also z.B. die Tafel, wenn die Lehrkraft etwas darauf festhielt. Sie wurde von einer Kameraperson bedient. Die so genannte Totalenkamera wurde so aufgebaut, dass mit ihr das Geschehen im gesamten Klassenraum aufgezeichnet werden konnte. Die Vergleichbarkeit der Videoaufnahmen wurde durch schriftliche Anweisungen und intensive Trainings der Kamerapersonen erreicht. Die Kodierung erfolgte anhand aufwändig entwickelter und sorgfältige erprobter schriftlicher Kodiermanuale (Petko et al., 2003; siehe auch Fischer & Neumann, 2012).

Die TIMSS Videostudie zum Naturwissenschaftsunterricht umfasste die Aufzeichnung und Analyse von Naturwissenschaftsunterricht in fünf Ländern: Australien, Japan, den Niederlanden, der Tschechoslowakei und den Vereinigten Staaten von Amerika (Roth et al., 2006). Die Analyse beruhte auf Variablen in drei Klassen, die aus einer gründlichen Aufarbeitung der Literatur zur prozess-produkt-orientierten Unterrichtsqualitätsforschung gewonnen wurden: Naturwissenschaftliche Inhalte, Lehrerverhalten und Schülerverhalten. Die Ergebnisse zeigten zunächst, dass in den videografierten Stunden der Lehrervortrag oder ein lehrergeführtes Klassengespräch überwog. In nahezu allen Stunden wurden in der ein oder anderen Form neue Inhalte eingeführt und in einem Großteil der Stunden wurden in irgendeiner Form praktische Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler beobachtet, auch wenn die konkreten Anteile zwischen den einzelnen Stunden zum Teil stark variierten. Darüber hinaus zeigten sich – wie zuvor auch schon in den Videostudien des Mathematikunterrichts (Hiebert, 2003; Stigler et al., 1999) – länderspezifische Unterrichtsmuster: Der Unterricht in der Tschechoslowakei war demnach vor allem durch das Klassengespräch über herausfordernden, oft theoretische Inhalte (naturwissenschaftliche Fakten, Konzepte, Theorien, usw.) gekennzeichnet, der Unterricht in den Niederlanden überwiegend durch unabhängiges, selbst-gesteuertes Lernen der Schülerinnen und Schüler. Sowohl in Japan als auch in Australien war der Unterricht in den Naturwissenschaften durch den Fokus auf die evidenzbasierte Erklärung von Phänomenen geprägt. Japanische Schülerinnen und Schüler untersuchten die Phänomene dabei vielfach in selbstgesteuerten praktischen Aktivitäten. Australische Schülerinnen und Schüler interagierten im Vergleich seltener direkt mit dem Phänomen und arbeiteten in der Folge weniger mit selbst generierten Daten. Der Naturwissenschaftsunterricht in den Vereinigten Staaten ließ sich am besten als Mischung verschiedener Skripte einschließlich der für die anderen Länder beschriebenen charakterisieren (für eine ausführliche Darstellung siehe Roth et al., 2006). Mit Blick auf ein einheitliches Unterrichtsmuster über die vier hochleistenden Länder in der Studie hinweg, kamen Roth et al. (2006) zu dem Schluss, dass ein einheitliches Unterrichtsmuster nicht zu konstatieren ist; wohl aber zwei Unterrichtsmerkmale in allen diesen Ländern zu beobachten sind: Hohe fachliche Standards und eine Fokussierung auf Inhalte, die allerdings jeweils

unterschiedlich implementiert werden z.B. die Dichte und Schwierigkeit der Inhalte oder die Eigenständigkeit der Schülerinnen und Schüler bei der Erarbeitung der Inhalte betreffend.

Obwohl oder womöglich gerade weil die TIMS Videostudie(n) über die Beschreibung von Unterrichtsmustern für hochleistende Länder hinaus keinen Bezug zwischen einem den beobachteten Mustern entsprechenden Unterricht und den Leistungen der Schülerinnen und Schüler in Folge dieses Unterrichts herstellten, erfuhr die auf die Identifikation von Unterrichtsmustern und die Untersuchung deren Wirkung auf die Schülerleistung gerichtete Unterrichtsforschung weiteren Aufschwung. Dabei blieb die Videoanalyse die zentrale Methode. Allerdings wurde die die zugrundeliegenden Modelle, die Forschungsdesigns, die Videoaufzeichnung und -analyse selber, sowie die Identifikation von Unterrichtsmustern bzw. Wirkgefügen auf Basis der Modelle weiterentwickelt.

Die Modelle betreffend wurden ausgehend von den im Rahmen der prozess-produkt–orientierten Unterrichtsforschung entwickelten differenzierte Modelle entwickelt. Diese neue Klasse von Modellen stellte den unterrichtlichen Prozess des Lehrens und Lernens in den Mittelpunkt. Sie werden in der Folge auch als Angebots-Nutzungs-Modelle bezeichnet. Neben weiteren Merkmalen, die den Lehr-Lern-Prozesses beeinflussen (könnten), berücksichtigten diese Modelle vor allem auch die Interaktion der verschiedenen Merkmale. Ein Beispiel für ein solches Modell ist das Angebots-Nutzungs-Modell unterrichtlichen Lernens nach Lipowsky (2006; Abbildung 2).

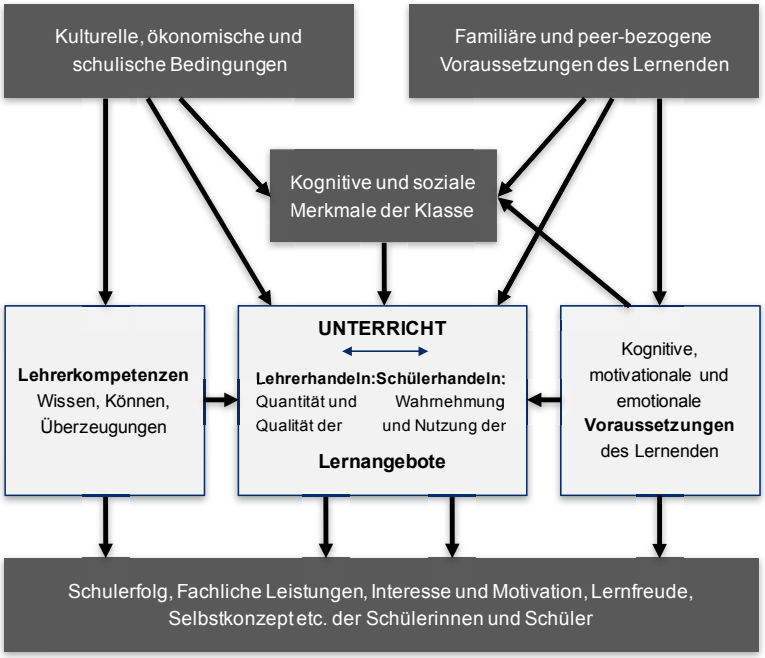


Abbildung 2. Angebots-Nutzungs-Modell unterrichtlichen Lernens nach Lipowsky (2006)

Die Untersuchung von Unterricht auf der Basis dieser weiterentwickelten Modelle erforderte auch eine Weiterentwicklung der Forschungsdesigns. Um über eine Beschreibung von Mustern hinaus die Wirkung der unterrichtlichen Lehr-Lern-Prozesse zu untersuchen, wurden nun vor allem Messwiederholungs-Designs eingesetzt, in denen die Schülerleistung vor und nach

einer Unterrichtseinheit erfasst und ausgewählte Stunden der Einheit videografiert werden (z.B. Seidel et al., 2007). Zusätzlich werden im Rahmen dieser Designs üblicherweise weitere Merkmale der Schülerinnen und Schüler, der Lehrkraft, sowie der Schule erhoben (z.B. Neumann, Fischer, & Sumfleth, 2008). Seidel et al. (2007) führten zudem zwei Neuerungen ein, um entsprechende Limitationen der TIMS Videostudien zu adressieren: 1) Da die Aufzeichnungen in den TIMS Videostudien über das ganze Schuljahr verteilt wurden, variierten die in den videografierten Unterrichtsstunden adressierten Inhaltsbereiche substanziell. Seidel et al. (2007) entschieden sich vor diesem Hintergrund dafür, pro Lehrkraft zwei Unterrichtsstunden zu verschiedenen Inhaltsbereichen zu videografieren und in beiden Fällen eine Unterrichtsstunde zu videografieren, in der neue Inhalte eingeführt werden. 2) In den TIMS Videostudien wurden Spezifika der Schulsysteme, die die Generalisierbarkeit der Befunde einschränken könnten, nicht berücksichtigt. In Deutschland hätte z.B. die Dreigliedrigkeit des Schulsystems berücksichtigt werden müssen, entweder durch eine Beschränkung auf eine Schulform oder durch Ziehen einer Stichprobe, die jeweils Teilstichproben umfasst, die repräsentativ für die einzelnen Schulformen gewesen wären. Da die Berücksichtigung der verschiedenen Schulformen neue Probleme mit sich bringen kann – so werden nicht immer die gleichen Inhalte im gleichen Jahrgang unterrichtet –, beschränkten sich Seidel et al (2007) auf zwei Schulformen (für eine ausführliche Darstellung siehe Seidel, Prenzel, & Kobarg, 2005).

Neben den zugrundeliegenden Modellen und den Forschungsdesigns wurde auch das Verfahren der Videoaufzeichnung und –analyse selber weiterenwickelt. Dies betrifft einerseits die Aufnahmetechnik und andererseits die Kodiersysteme (Fischer & Neumann, 2012). Neben stärker standardisierten Videoaufzeichnungen konnte dadurch vor allem die Objektivität (d.h. die Interraterreliabilität) der inzwischen überwiegend hoch-inferenten Kodiersysteme verbessert werden. So wurden qualitativ hochwertige Kodiersysteme unter anderem für die Strukturiertheit des Unterrichts (z.B. Brückmann, 2009; Wackermann, 2008) und die kognitive Aktivierung (z.B. Lau, 2011; Neumann et al., 2008) entwickelt. Diese Kodiersysteme erlauben eine ausreichend objektive Messung für einen Vergleich verschiedener Unterrichtsstunden. Mit diesen Weiterentwicklungen entwickelte sich die Videoanalyse zu der (wenn auch aufwändigen) Standardmethode für die Analyse von Unterricht und löste direkte Unterrichtsbeobachtungen weitgehend ab – eine Entwicklung, die sich mit der immer günstigeren Videotechnik bis heute weiter fortsetzt, selbst bzw. gerade bei groß angelegten Vergleichsstudien (vgl. Fischer & Neumann, 2012)

Nicht zuletzt wurden auch die Verfahren zur Identifikation von Unterrichtsmustern (z.B. Hugener et al., 2009) bzw. zur Untersuchung von Wirkgefügen (z.B. Rakoczy, Harks, Klieme, Blum, & Hochweber, 2013) weiterentwickelt. Dies betrifft insbesondere die zunehmende Nutzung neuerer statistischer Verfahren wie der Pfadanalyse oder der Strukturgleichungsmodellierung. Wie diese Weiterentwicklungen im Zusammenspiel mit den Weiterentwicklungen im Bereich der zugrundeliegenden Modelle, der Forschungsdesigns, sowie die Videoaufzeichnung und -analyse zur Gewinnung neuer Erkenntnisse über die Unterrichtsqualität (in den Naturwissenschaften) beitrugen, und welche Limitationen immer noch bestehen, soll im Folgenden am Beispiel des Projekts „Quality of Instruction in Physics“ (QuIP) dargestellt werden.

Das Projekt QuIP war als internationale Vergleichsstudie des Physikunterrichts in drei Ländern (Deutschland, Finnland und der Schweiz) angelegt. Die theoretische Basis markierte dabei ein Modell der Unterrichtsqualität in Physik in Anlehnung an das Angebots-Nutzungs-Modell unterrichtlichen Lernens nach Lipowsky (2006). Dieses Modell beschreibt neben verschiedenen Merkmalen der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkraft Merkmale der Unterrichtsqualität auf der Ebene der Oberflächen- und der Tiefenstruktur des Unterrichts sowie drei für den Physikunterricht zentrale Lernergebnisse: Fachwissen, Experimentierfähigkeiten,

sowie Interesse und Motivation (Fischer, Neumann, Labudde, & Viiri, 2014; Abbildung 3). Auf Grundlage dieses Modells sollten im Projekt QuIP Unterrichtsmuster identifiziert und unter Berücksichtigung von Rahmenbedingungen zur Entwicklung des Fachwissens, der Experimentierfähigkeiten, sowie des Interesses und der Motivation der unterrichteten Schülerinnen und Schüler in Beziehung gesetzt werden sollen.

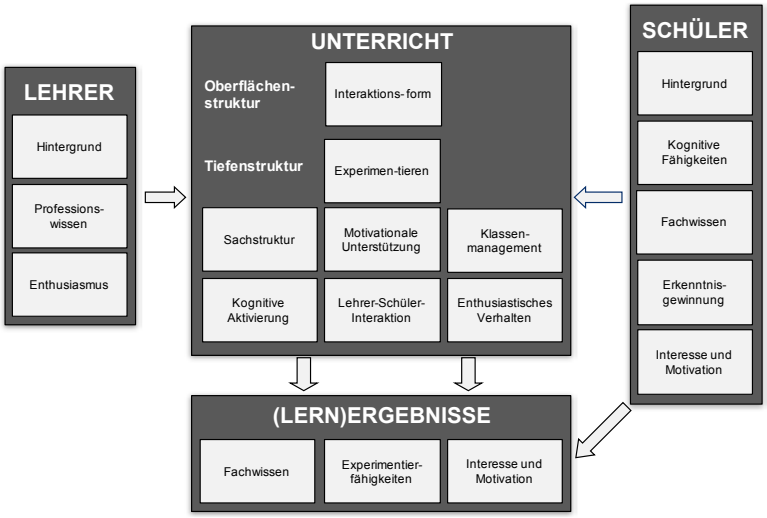


Abbildung 3. Unterrichtsqualität in Physik (Fischer, Neumann, et al., 2014)

Im Zentrum der im Prä-Post-Design angelegten Untersuchung stand die Videoaufzeichnung und –analyse von zwei aufeinanderfolgenden Unterrichtsstunden. Um die Unterrichtsvideos vergleichbar zu halten, wurde das Thema des zu videografierenden Unterrichts auf den „Zusammenhang von elektrischer Energie und Leistung“ festgelegt. Aufgrund der Themenwahl wurde die Erhebung in Finnland und der Schweiz in der 9. Jahrgangsstufe, in Deutschland in der 10. Jahrgangstufe durchgeführt. In jeder teilnehmenden Klasse wurde zu Beginn des Halbjahres, in dem die Videoaufzeichnung stattfand, eine Prä-Testung, am Ende des Halbjahres eine Post-Testung durchgeführt. Insgesamt wurden 47 deutsche, 25 finnische und 31 schweizerische Klassen untersucht. Für Deutschland wurde dabei darauf geachtet, die verschiedenen Schulformen im Verhältnis angemessen abzubilden. Im Rahmen der Prä-Testung wurden die kognitiven Fähigkeiten, die Motivation und das Vorwissen erfasst, sowie die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, Experimente zu planen, und der familiäre Hintergrund der Schülerinnen und Schüler. Auf Seite der Lehrperson wurden deren Enthusiasmus, Aspekte ihres pädagogischen Wissens sowie der Ausbildungshintergrund erhoben. Im Rahmen der Post-Testung wurde das Wissen der Schülerinnen und Schüler sowie die experimentellen Fähigkeiten als wesentliche Aspekte von Kompetenz sowie außerdem die Motivation erhoben; von der Lehrperson das Fach- und das fachdidaktische Wissen zum Thema Elektrizitätslehre. Zur Analyse wurden in Abhängigkeit von der konkreten Fragestellung unterschiedliche Verfahren eingesetzt von Regressions-, über Pfad-, bis hin zu Strukturgleichungsanalysen (z.B. Geller, Neumann, Boone, & Fischer, 2014; Keller, Neumann, & Fischer, 2017; für einen Überblick siehe Fischer, Labudde, Neumann, & Viiri, 2014)

Die Ergebnisse bestätigten zunächst einmal auch für den Lernzuwachs in der untersuchten Unterrichtseinheit die Überlegenheit der finnischen Schülerinnen und Schüler (Geller et al 2014). Die beobachteten Unterschiede entsprechen dabei ziemlich genau den Unterschieden,

die man aufgrund der Befunde der internationalen Vergleichsstudien wie TIMSS oder PISA erwarten durfte. Diese Ergebnisse wurden im Projekt umfassend zu Unterrichtsmerkmalen auf verschiedenen Ebenen in Beziehung gesetzt. Hier sollen nur beispielhaft ausgewählte Erkenntnisse zu den zentralen Dimensionen der Unterrichtsqualität Klassenführung, Klarheit und Strukturiertheit sowie kognitive Aktivierung dargestellt werden.

Mit Blick auf die Klassenführung wurden in Anlehnung an einschlägige Konzeptionen der Klassenführung die Merkmale Zeitnutzung, Regelklarheit, Instruktionsklarheit, Monitoring, Disziplinprobleme, Störungsprävention und time-on-task untersucht. Das Merkmal der Zeitnutzung unterschied sich dabei insofern vom Merkmal time-on-task als die Zeitnutzung beschreibt, in welchem Maße der Unterricht konsistent ist, ohne Verzögerung abläuft und ob die Zeit optimal für das Lehren und Lernen genutzt wird. Das Merkmal Time-on-task auf der anderen Seite bezieht sich auf die tatsächliche Zeit, die für den Lernprozess zur Verfügung stand. Es ist damit ein quantitatives Maß, während die Zeitnutzung eher ein qualitatives Maß darstellt. Die Ergebnisse zur Wirkung der Klassenführung auf die Schülerleistung sind in Tabelle 1 dargestellt (eine detaillierte Beschreibung wie die Ergebnisse zustande gekommen sind findet sich bei Junge, von Arx, & Labudde, 2014).

Tabelle 1. Einfluss der Klassenführung auf den Lernzuwachs (Junge et al., 2014).

Kategorie	**F**	**p**	**η^2**
Zeitnutzung	4.462	.014	.097
Regelklarheit	3.894	.024	.087
Instruktionsklarheit	1.792	.173	.040
Monitoring	1.694	.190	.039
Disziplinprobleme	0.682	.509	.017
Störungsprävention	3.520	.034	.078
Time-on-Task	2.921	.059	.066

Die Ergebnisse zeigen statistisch bedeutsame Effekte für die die Regelklarheit, die Störungsprävention und die Zeitnutzung. Interessant ist hier insbesondere das Ergebnis, dass die Zeitnutzung als qualitatives Maß einen bedeutsameren (und größeren) Einfluss auf die Schülerleistung hat als time-on-task als quantitatives Merkmal. Dies belegt, dass die Klassenführung nicht ausschließlich ein quantitatives Merkmal ist, sondern dass vielmehr qualitative Merkmale der Klassenführung, die letztendlich zu einer erhöhten Lernzeit und einer besseren Nutzung dieser Lernzeit führen, berücksichtigt werden müssen.

Die Klarheit und Strukturiertheit des Unterrichts wurde von Helaakoski und Viiri (2014) in Anlehnung an das von Brückmann (2009) verwendete Verfahren der Sachstrukturanalyse untersucht. Schrittweise wurden die aufgezeichneten Lehrer-Schüler-Dialoge in konzeptuelle Netzwerke (so genannte Concept Maps, Novak, 1995) übersetzt. Anhand dieser Concept Maps wurden anschließend Paramater einer stärkeren Konnektivität, d.h. einer stärkeren Verknüpfung von Begriffen im Unterricht bestimmt. Dabei zeigte sich einerseits, dass im finnischen Physikunterricht gegenüber dem deutschen Physikunterricht Inhalte stärker zueinander in Beziehung gesetzt werden, und anderseits, dass sowohl eine größere Zahl von Konzepten, aber auch die stärkere Verknüpfung dieser Konzepte zu einem höheren Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler führt (Abbildung 4; für weitere Details siehe Helaakoski & Viiri, 2014).

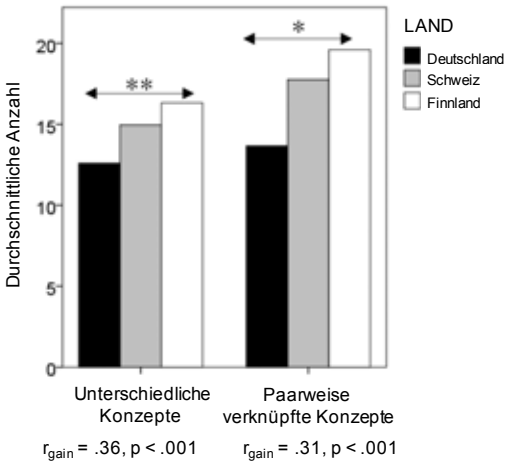


Abbildung 4. Einfluss der Strukturiertheit auf den Lernzuwachs (Helaakoski & Viiri, 2014).

Die kognitive Aktivierung als drittes Merkmal der Unterrichtsqualität, das hier besprochen werden soll, wurde im QuIP-Projekt als der prozentuale Anteil der Aufgaben gewertet, bei denen die Schülerinnen und Schüler in ihrer Reaktion auf die Aufgabenstellung durch die Lehrkraft das von der Lehrkraft geforderte Niveau auch erreichen (vgl. Ergönenç, Neumann, & Fischer, 2014). Die Auswertung zeigt statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen den drei Ländern Finnland, Deutschland und der Schweiz (Abbildung 5). Der deutsche Physikunterricht besitzt dabei die niedrigsten Anteile bei denen eine Passung zwischen kognitiver Anforderung der Aufgabenstellung und dem kognitiven Niveau der Bearbeitung durch die Schülerinnen und Schüler (kurz: Passung) gegeben ist, der finnische Unterricht die höchsten Anteile. Darüber hinaus zeigt sich ein statistisch bedeutsamer Zusammenhang zwischen der in dieser Form operationalisierten kognitiven Aktivierung und der Leistung der Schülerinnen und Schüler. Auffällig sind allerdings die vergleichsweise hohen absoluten Anteile der Passung, die dafür sprechen, dass die Lehrkräfte das kognitive Niveau der Aufgaben möglicherweise niedriger ansetzen, als nötig.

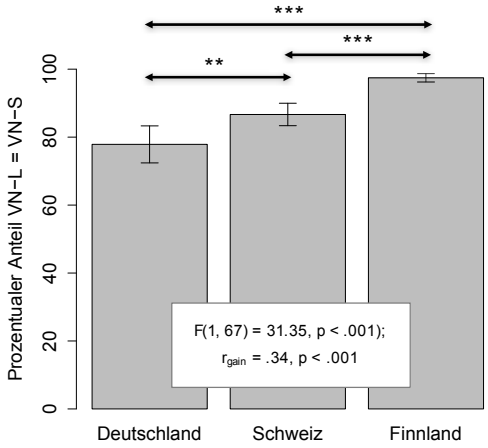


Abbildung 5. Einfluss der kognitiven Aktivierung auf den Lernzuwachs

In weiteren Analysen konnten im Projekt QuIP differenzierte Erkenntnisse über die Unterrichtsqualität in Physik gewonnen werden (Fischer, Labudde, et al., 2014). Dabei zeigte sich z.B. die besondere Bedeutung des Enthusiasmus der Lehrkraft für die Motivation der Schülerinnen und Schüler (Keller et al., 2017). Die Erkenntnisse stimmen weitgehend mit den Erkenntnissen anderer Studien zum deutschen Physikunterricht überein; die zeigen zunächst, dass der Physikunterricht durch ein durch die Lehrkraft eng geführten, fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch gekennzeichnet ist (Seidel et al., 2007). Sie belegen auch einen positiven Effekt z.B. eines anspruchsvollen Klassengesprächs (d.h. einer hohen kognitiven Aktivierung) auf affektive Merkmale der Schülerinnen und Schüler (Seidel, Rimmele, & Prenzel, 2003).

Das QuIP Projekt ist damit in gewisser Weise prototypisch für die videobasierte Unterrichtsforschung der letzten Jahre. Diese Forschung bestätigt zunächst die klassischen Dimensionen der Unterrichtsqualität: Klarheit und Strukturiertheit, kognitive Aktivierung und Klassenführung. Dabei wurden die einzelnen Dimensionen jeweils fachspezifisch operationalsiert, so dass nicht nur die empirische Basis die Bedeutung dieser Dimensionen für Lernen erweitert wurde, sondern auch fachspezifische Erkenntnisse gewonnen wurden, durch welche Merkmale z.B. kognitiv aktivierender Unterricht in der Physik gekennzeichnet ist. Die Arbeiten zur Unterrichtsqualität der letzten Jahre sind zudem stärker multi-kriterial angelegt. Das heißt, es werden über das Fachwissen hinaus weitere Zielkriterien des (naturwissenschaftlichen) Unterrichts in den Blick genommen, wie z.B. Interesse und Motivation der Schülerinnen und Schüler. Obwohl diese Arbeiten damit ohne Frage sowohl theoretisch als auch methodisch zur Weiterentwicklung der Unterrichtsqualitätsforschung beigetragen haben, wurde ein zentrales Versprechen nicht oder nicht wirklich eingelöst: das Versprechen, über die verschiedenen Merkmale hinweg Muster guten Unterrichts zu identifizieren. Im Gegenteil zeigen sich teilweise sogar methodische Schwierigkeiten. So führt die Berücksichtigung verschiedener Unterrichtsmerkmale bei der Erforschung der Wirkung des fachdidaktischen Wissens auf die Schülerleistung bei Ergönenç et al. (2014) dazu, dass die Bedeutsamkeit einzelner Pfade im Wirkmodell zurückgeht (S. 155). Hier zeigt sich, dass die Auflösung komplexer Wirkmodelle mit den herkömmlichen Forschungsdesigns und Analysemethoden nicht ohne Weiteres zu bewerkstelligen ist. Zudem stellt sich die Frage inwieweit möglicherweise jenseits der klassischen Dimensionen der Unterrichtsqualität (in ihrer naturwissenschaftsspezifischen Operationalisierung) stärker auch naturwissenschaftsspezifische Dimensionen der Unterrichtsqualität berücksichtigt werden sollten. Eine systematische Forschung hierzu fehlt bisher weitgehend.

Die Unterrichtsqualitätsforschung (in den Naturwissenschaften) heute

Ein Plädoyer für eine stärkere Berücksichtigung fachspezifischer Dimensionen der Unterrichtsqualität findet sich in gewisser Weise bereits bei Seidel und Shavelson (2007). Sie können in ihrer Meta-Analyse im Vergleich die größten Effekte für fachspezifische Lerngelegenheiten wie z.B. *scientific inquiry* nachweisen; das heißt für Lerngelegenheiten, die möglichst dicht an angestrebten Lernergebnissen sind. Dies wirft die Frage auf, ob nicht die Qualität der Umsetzung von Unterrichtskonzeptionen wie z.B. der des *inquiry-based learning* als Dimension der Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften in den Blick genommen werden sollten – zumindest, wenn Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung angestrebt werden. Dabei stellt sich die Frage, ob die klassischen Dimensionen der Unterrichtsqualität weiterhin einfach anwendbar sind oder möglicherweise in Abhängigkeit von der jeweiligen Unterrichtskonzeption anders interpretiert werden müssen. Für eine individuelle Interpretation der klassischen Dimensionen spricht die Arbeit von Praetorius et al. (2014). In dieser Arbeit weisen die Autoren mittels *generalizability theory* nach, dass die klassischen Dimensionen der Unterrichtsqualität unterschiedlich stabil über verschiedene Unterrichtsstunden hinweg sind. Insbesondere zeigt sich, dass kognitive Aktivierung als mit Blick auf die angestrebten Lernergebnisse proximalere Dimension der Unterrichtsqualität gegenüber der Klassenführung als

distalere Dimension über mehrere Unterrichtsstunden hinweg stärker variiert. Während die Klassenführung bereits nach einer Unterrichtsstunde ausreichend reliabel eingeschätzt werden kann, erfordert die reliable Erfassung der kognitiven Aktivierung nach Praetorius et al. (2014) mindestens neun Unterrichtsstunden. Praetorius et al. (2014) diskutieren drei mögliche Erklärungsansätze: 1) Kognitive Aktivierung ist abhängig vom behandelten Inhalt. Das heißt, die Einführung des Kraftbegriffs erlaubt möglicherweise eine höhere oder zumindest andere kognitive Aktivierung als die Erarbeitung des Reflexionsgesetzes. 2) Kognitive Aktivierung hängt vom Lernziel ab. Die Einführung neuen Wissens dürfte z.B. eine höhere oder zumindest andere kognitive Aktivierung erlauben, als das Einüben von Routinen. 3) Kognitive Aktivierung hängt vom Unterrichtskonzept ab. Die Einführung neuer Konzepte durch *inquiry-based learning* könnte eine höhere oder zumindest andere Form von kognitiver Aktivierung erlauben als die Einführung eines neuen Konzepts durch Lehrervortrag. Zusammen mit den Erkenntnissen von Seidel und Shavelson (2007) wirft dies die Frage auf, ob man Unterrichtsqualität stärker vor dem Hintergrund des jeweiligen Unterrichtskonzepts bzw. Lernziels oder Inhalts betrachten und dabei neben den klassischen auch fachspezifische Merkmale berücksichtigen muss.

Diese Idee ist nicht neu: Bereits Fischer, Reyer, Wirz, Bos und Höllrich (2002) erfassen die Lehrziele, die Lehrkräfte verfolgen, und vermuten, dass die Erarbeitung der einzelnen Lehrziele spezifischen Mustern folgt (siehe auch Reyer, 2003). Und auch die Vorgehensweise von Brückmann (2009) und Wüsten, Schmelzing, Sandmann und Neuhaus (2010) legt nahe, dass die Autoren jeweils vermuten, die Qualität von Unterrichtsstrukturen sei abhängig vom konkreten Inhalt oder müsse zumindest abhängig vom konkreten Inhalt bewertet werden. Bisher fehlt es jedoch prinzipiell an Maßen, die es erlauben würden, die Qualität von Unterrichtsstrukturen zu untersuchen; einfach, weil generische Maße wie das der Zentralität oder der Zahl der Verknüpfungen sich als nicht geeignet erwiesen haben, die Qualität von Unterrichtsstrukturen über verschiedene (z.T. nicht einmal innerhalb einzelner) Inhalte hinweg zu bewerten oder weil es an spezifischen Maßen für die Unterrichtsstrukturen zu einzelnen Inhalten fehlt. Der Versuch, aus der Deskription von erfolgreichem Unterricht – d.h. Unterricht, der zu einem hohen Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler führt – Kriterien herauszudestillieren, dürfte hier ob der schieren Menge unterschiedlicher Inhalte kaum zielführend sein. Erfolgversprechender *dürfte der Ansatz sein, für unterschiedliche Unterrichtskonzeptionen wie z.B. inquiry*-based learning (z.B. National Science Foundation [NSF], 1996), *project-based learning* (z.B. Krajcik & Czerniak, 2014) oder *context-based learning* (Demuth, Parchmann, & Ralle, 2007) Merkmale einer qualitativ hochwertigen Umsetzung zu beschreiben.

Eine Schwierigkeit dürfte die Tatsache sein, dass naturwissenschaftsdidaktische Unterrichtskonzeptionen in der Realität, zumindest in Reinform, kaum zu beobachten sind. Hier bieten sich verschiedene Optionen an – z.B. können die Unterrichtskonzepte anhand der Merkmale einer qualitativ hochwertigen Umsetzung implementiert und im Rahmen von systematischen Interventionen evaluiert werden (z.B. Schulz, 2011). Alternativ können Lehrkräfte im Hinblick auf eine qualitativ hochwertige Umsetzung der Unterrichtskonzeptionen fortgebildet werden (z.B. Trendel, Wackermann, & Fischer, 2008). Ein weiteres Problem ist die Identifikation von Mustern. Auch die systematische Intervention oder die Fortbildung von Lehrkräften können nicht garantieren, dass eine qualitativ hochwertige Umsetzung hinsichtlich aller Merkmale erreicht wird. Welches sind also kritische Merkmale? Welche Muster von Merkmalen charakterisieren eine qualitätsvolle Umsetzung? Welchen Einfluss haben Rahmenbedingungen? Die Beantwortung dieser Fragen erfordert weitere empirische Forschung. Dabei stellt sich das Problem, dass sich auch der Unterrichtsforschung der vergangenen Jahre stellte – die Frage, wie die vielen verschiedenen erhobenen Merkmale sinnvoll in Unterrichtsmuster kombiniert werden können. Hier erscheint es lohnenswert, das Potenzial des Methodenreper-

toire der Big Data auszulösen; das heißt, Methoden zur Reduktion der Komplexität und Erkennung von Mustern in großen Datenmengen zu nutzen. Dieser Zugang könnte es auch ermöglichen, Verläufe von bestimmten Unterrichtsmerkmalen (z.B. des kognitiven Niveaus der von der Lehrkraft angebotenen Aufgaben) zu analysieren. Dieser Ansatz wurde bisher nicht wirklich erfolgreich verfolgt . Nicht zuletzt sollten auch bei der Zusammenführung von Mustern und Schülerleistung neue Wege exploriert werden. Sicher haben Pfadanalysen und Strukturgleichungsmodellierungen neue Möglichkeiten eröffnet (oder im Hinblick auf mehrebenenanalytische Zugänge auch ganz konkrete Limitationen klassischer Analyseverfahren behoben). Sie sind sicher auch noch nicht ausgereizt. Dennoch stoßen auch diese Zugänge an Grenzen, wenn die Zahl der berücksichtigten Merkmale zu groß und die modellierten Wirkgefüge zu komplex werden. Auch hier sollten entsprechend neue Verfahren wie z.B. *Cognitive Diagnostic Modeling* oder innovative Anwendungen bestehender Verfahren wie z.B. *Latent Class Analysen* – natürlich immer orientiert an der Fragestellung – exploriert werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammengefasst hat die Unterrichtsqualitätsforschung zunächst in unzähligen Studien eine Vielzahl verschiedener Unterrichtsmerkmale identifiziert. Durch Metaanalysen (z.B. Sweitzer & Anderson, 1983) und Synthesen von Metaanalysen (z.B. Fraser et al., 1987) konnten aus diesen Merkmalen einige wenige Dimensionen der Unterrichtsqualität herausgearbeitet werden; darunter Klarheit und Strukturiertheit, kognitive Aktivierung und Klassenführung. Die sich rasant entwickelnde Videotechnik eröffnete schließlich die Möglichkeit, Unterrichtsstunden hinsichtlich aller dieser Dimensionen zu untersuchen und Unterrichtsmuster zu beschreiben, um diese anschließend – unter Berücksichtigung von Rahmenbedingungen des Unterrichts – zu Lernergebnissen wie naturwissenschaftlichem Wissen, experimentellen Fähigkeiten, sowie dem Interesse an und der Motivation zur Auseinandersetzung mit den Naturwissenschaften in Beziehung zu setzen. In verschiedenen Studien ist es gelungen, die genannten Dimensionen der Unterrichtsqualität für die Naturwissenschaften in einer fachspezifischen Operationalisierung nachzuweisen und damit Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie kognitiv aktivierender Physikunterricht gestaltet sein könnte. Das Versprechen, Unterrichtsmuster zu beschreiben und damit Muster guten Physikunterrichts wie z.B. das eines klar strukturierten, kognitiv aktivierenden, gleichzeitig aber wenig Klassenführung erfordernden Physikunterrichts in ihrer positiven Wirkung auf Lernen zu bestätigen, wurde nicht eingelöst. Dies liegt darin begründet, dass es an Methoden mangelt, entsprechende Muster in geeigneter Weise zu identifizieren, aber auch an Theorien darüber, welche Muster erfolgversprechend sein könnten und warum – nicht zuletzt, weil es der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung an fachspezifischen Theorien der Unterrichtsqualität fehlt. Die Entwicklung solcher Theorien kann mit großer Wahrscheinlichkeit nicht *bottom-up* aus der Deskription lernförderlichen oder etwas motivierenden Unterrichts gelingen. Sie muss vielmehr mit der Identifikation typischer naturwissenschaftlicher oder sogar chemie- oder physikspezifischer Unterrichtskonzeptionen einhergehen, gefolgt von der Formulierung spezifischer Merkmale einer qualitätsvollen Umsetzung dieser Unterrichtskonzeptionen. Diese könnten durch sorgfältig geplante experimentelle Studien sowie groß angelegte Feldstudien validiert werden. Dafür ist auch eine methodische Weiterentwicklung notwendig. Dabei beginnt die naturwissenschaftsdidaktische Forschung in keiner Weise bei Null; sie kann vielmehr auf eine lange Tradition entsprechender Arbeiten zurückgreifen, die eine gute theoretische und methodische Basis bilden, die aber eben auch Raum für die dringend notwendige Weiterentwicklung unter der Prämisse einer stärkeren Fachspezifität lässt. Oder, um es mit Leuders (2007) zu formulieren: „Ein Konzept der Unterrichtsqualität wird erst dann zu einem fachdidaktischen, indem es Bezug auf die Spezifika des Unterrichtsfaches aufnimmt“ (S. 205).

Literatur

Anderson, L. (1981). Instruction and Time-on- Task: a Review. *Journal of Curriculum Studies*, *13*(4), 289–303.

Armento, B. J. (1977). Teacher behaviors related to student achievement on a social science concept test. *Journal of Teacher Education*, *28*(2), 46–52.

Brophy, J. E., & Good, T. L. (1986). Teacher behaviour and student achievement. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 328–375). New York: Macmillan.

Brückmann, M. (2009). *Sachstrukturen im Physikunterricht: Ergebnisse einer Videostudie*. Berlin: Logos-Verl.

Carroll, J. B. (1963). A model of school learning. *Teachers College Record*.

Carroll, J. B. (1989). The Carroll model: A 25-year retrospective and prospective view. *Educational Researcher*, *18*(1), 26–31.

Coker, H., Medley, D. M., & Soar, R. S. (1980). How valid are expert opinions about effective teaching? *The Phi Delta Kappan*, *62*(2), 131–149.

Demuth, R., Parchmann, I., & Ralle, B. (2007). *Chemie im Kontext: Handreichungen für den Unterricht*. Berlin: Cornelsen.

Dunkin, M. J. (1978). Student characteristics, classroom processes, and student achievement. *Journal of Educational Psychology*, *70*(6), 998.

Dunkin, M. J., & Biddle, B. J. (1974). *The study of teaching.* Holt, Rinehart & Winston.

Ergönenç, J., Neumann, K., & Fischer, H. E. (2014). The impact of pedagogical content knowledge on cognitive activation and student learning. *Quality of Instruction in Physics*, 145–160.

Fischer, H. E., Labudde, P., Neumann, K., & Viiri, J. (2014). *Quality of Instruction in Physics: Comparing Finland, Switzerland and Germany*. Waxmann Verlag.

Fischer, H. E., & Neumann, K. (2012). Video analysis as a tool for understanding science instruction. *The World of Science Education*, 115–140.

Fischer, H. E., Neumann, K., Labudde, P., & Viiri, J. (2014). Theoretical framework. *Quality of Instruction in Physics—comparing Finland, Germany and Switzerland*, 13–30.

Fischer, H. E., Reyer, T., Wirz, C., Bos, W., & Höllrich, N. (2002). Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht. *Zeitschrift Für Pädagogik*, *45*, 124–138.

Fraser, B. J., Walberg, H. J., Welch, W. W., & Hattie, J. A. (1987). Syntheses of Educational Productivity Research. *International Journal of Educational Research*, *11*, 145–252.

Geller, C., Neumann, K., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2014). What makes the Finnish different in science? Assessing and comparing students' science learning in three countries. *International Journal of Science Education*, *36*(18), 3042–3066.

Good, T. L., & Grouws, D. A. (1977). Teaching effects: A process-product study in fourth-grade mathematics classrooms. *Journal of Teacher Education*, *28*(3), 49–54.

Helaakoski, J., & Viiri, J. (2014). Content and content structure of physics lessons and students' learning gains: Comparing Finland, Germany and Switzerland. *Quality of Instruction in Physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland*, 93–110.

Hiebert, J. (2003). *Teaching mathematics in seven countries: Results from the TIMSS 1999 video study*. Washington, DC: U.S. Gov. Print. Off. Retrieved from http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS31989

Hugener, I., Pauli, C., Reusser, K., Lipowsky, F., Rakoczy, K., & Klieme, E. (2009). Teaching patterns and learning quality in Swiss and German mathematics lessons. *Learning and Instruction*, *19*(1), 66–78.

Junge, C., von Arx, M., & Labudde, P. (2014). 10. Classroom Management. *Quality of Instruction in Physics: Comparing Finland, Switzerland and Germany*, 161.

Keller, M. M., Neumann, K., & Fischer, H. E. (2017). The impact of physics teachers' pedagogical content knowledge and motivation on students' achievement and interest: PHYSICS TEACHERS' KNOWLEDGE AND MOTIVATION. *Journal of Research in Science Teaching*, *54*(5), 586–614. https://doi.org/10.1002/tea.21378

Krajcik, J. S., & Czerniak, C. M. (2014). *Teaching Science in Elementary and Middle School: A Project-Based Approach* (4th ed.). Routledge.

Lau, A. (2011). *Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht*. Berlin: Logos.

Leuders, T. (2007). Fachdidaktik und Unterrichtsqualität im Bereich Mathematik. *Arnold, K.-H.(Hg.): Unterrichtsqualität Und Fachdidaktik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt*, 205–234.

Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an: Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda (Ed.), *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern* (pp. 47–70). Weinheim; Basel: Beltz.

National Science Foundation [NSF]. (1996). *Shaping the future: New expectations for undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology*. Arlington, VA: Author.

Neumann, K., Fischer, H. E., & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. *Pädagogische Professionalität Als Gegenstand Empirischer Forschung*, 141–151.

Novak, J. D. (1995). Concept mapping: A strategy for organizing knowledge. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (pp. 229–245). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Petko, D., Waldis, M., Pauli, C., & Reusser, K. (2003). Methodologische Überlegungen zur videogestützten Forschung in der Mathematikdidaktik. *ZDM*, *35*(6), 265–280.

Praetorius, A.-K., Pauli, C., Reusser, K., Rakoczy, K., & Klieme, E. (2014). One lesson is all you need? Stability of instructional quality across lessons. *Learning and Instruction*, *31*, 2–12.

Rakoczy, K., Harks, B., Klieme, E., Blum, W., & Hochweber, J. (2013). Written feedback in mathematics: Mediated by students' perception, moderated by goal orientation. *Learning and Instruction*, *27*, 63–73. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.03.002

Reyer, T. (2003). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht: Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*. Berlin: Logos-Verl. Retrieved from http://www.worldcat.org/oclc/723466988

Rosenshine, B., & Furst, N. (1971). Research on Teacher Performance Criteria. In B. O. Smith (Ed.), *Research in teacher education - a symposium*. Englewood Cliffs; Nj: Prentice-Hall.

Roth, K. J., Druker, S. L., Garnier, H. E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T., … Gallimore, R. (2006). *Teaching science in five countries: Results from the TIMSS 1999 video study statistical analysis report*. (NCES 2006-011).U.S.Department of Education; National Center for Education Statistics. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. Retrieved from http://nces.ed.gov.

Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: Eine Videostudie* (Vol. 113). Logos Verlag Berlin GmbH.

Seidel, T., Prenzel, M., & Kobarg, M. (2005). *How to run a video study*. Münster: Waxmann.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Herweg, C., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2007). Science teaching an learning in German physics classrooms. In M. Prenzel (Ed.), *Studies in the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme* (pp. 79–99). Münster: Waxmann.

Seidel, T., Rimmele, R., & Prenzel, M. (2003). Gelegenheitsstrukturen beim Klassengespräch und ihre Bedeutung für die Lernmotivation. *Unterrichtswissenschaft*, *31*(2), 142–165.

Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, *77*(4), 454–499.

Stigler, J., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S., & Serrano, A. (1999). *The TIMSS videotape classroom study. Methods and findings from an exploratory research project on eighth-grade mathematics instruction in Germany, Japan and the United States*. Washington D.C.: U.S. Department of Education.

Sweitzer, G. L., & Anderson, R. D. (1983). A meta-analysis of research on science teacher education practices associated with inquiry strategy. *Journal of Research in Science Teaching*, *20*(5), 453–466.

Trendel, G., Wackermann, R., & Fischer, H. E. (2008). Lernprozessorientierte Fortbildung von Physiklehrern. *Zeitschrift Für Pädagogik*, *54*(3), 322–340.

Wackermann, R. (2008). *Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer*. Berlin: Logos.

Walberg, H. J. (1981). A psychological theory of educational productivity. In F. H. Farley & N. Gordon (Eds.), *Psychology and education: The state of the union (* (pp. 81–108). Berkeley: McCutchan.

Walberg, H. J., Haertel, G. D., Pascarella, E., Junker, L. K., & Boulanger, F. D. (1981). Probing a model of educational productivity in science with national assessment samples of early adolescents. *American Educational Research Journal*, *18*(2), 233–249.

Wise, K. C., & Okey, J. R. (1983). A meta-analysis of the effects of various science teaching strategies on achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, *20*(5), 419–435.

Wüsten, S., Schmelzing, S., Sandmann, A., & Neuhaus, B. J. (2010). Sachstrukturdiagramme – eine Methode zur Erfassung inhaltsspezifischer Merkmale der Unterrichtsqualität. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, *16*, 7–23.

David F. Treagust Curtin University, Perth, Australia

Process Oriented Guided Inquiry Learning: Empirical evidence from student outcomes addressing the quality of instruction in chemistry

The quality of instruction

For many decades, science educators and science teachers have been concerned about the quality of instruction and instructional resources to enhance the outcomes of learning (Bodner, 1992; Cooper, 2010; Day & Houk, 1970). A consequence of concerns about the Space Race and the launch of Sputnik, in the late 1950s and early 1960, led to the development of new textbooks, laboratory manuals and related support material for teachers at the upper secondary level such a Chem Study and PSSC Physics in the USA (Rutherford, 1997). In England, the Nuffield textbooks, teachers' guides and laboratory equipment were produced for secondary school students aged 11-15 years based on concerns about out-of-date science content, especially physics, and the need for better science teaching to improve the quality of British industry (Stevens, 1978). Since these developments 50-60 years ago, there have been curriculum changes in many countries in attempts to improve the quality of instruction and hence improve students' learning outcomes. This activity has accelerated since the implementation of the TIMSS and PISA and the inevitable international comparisons. However, to demonstrate the relationship between the use of instructional materials and outcomes such as student achievement is not a simple issue and as demonstrated in physics classrooms by Fischer, Labudde, Neumann, and Viiri (2014) a much deeper analysis is needed than has been the case to now.

Overall research about the quality of instruction recommends that student learning outcomes can be optimised by (a) organising and presenting the learning task(s) to enable students to learn as efficiently as possible and (b) teachers' instructional behaviour should include cues, reinforcement, feedback and corrections (Kaendler, Wiedmann, Rummel, & Spada, 2015; Webb, 2008).

POGIL and the design of instruction

We argue that the features of Process Oriented Guided Inquiry Learning - POGIL are a good example of quality instructional design. POGIL is informed by social constructivist theory (Vygotsky, 1978) which outlines the role of social interaction in cognitive development. POGIL practitioners such as Cole et al. (2012) view that knowledge is constructed as a result of the learners' social interactions that include sharing, comparing and debating. In these small self-managed groups of three to four students, roles are assigned as manager, recorder, presenter and reflector (Straumanis, 2010). Philosophically, POGIL connects the nature of learning process and expected outcomes, is student-centered focussing on small group learning and the simultaneous development of content knowledge and process skills. Furthermore, the POGIL workshops and published materials provide a foundation to enable instructors to more confidently engage as a facilitator, changing their teaching practices from traditional lecture to more active student engagement. The activities are designed based on a highly structured learning cycle paradigm (Karplus & Butts, 1977) and contain critical thinking questions that help students develop information processing skills besides disciplinary content knowledge as shown in Figure 1.

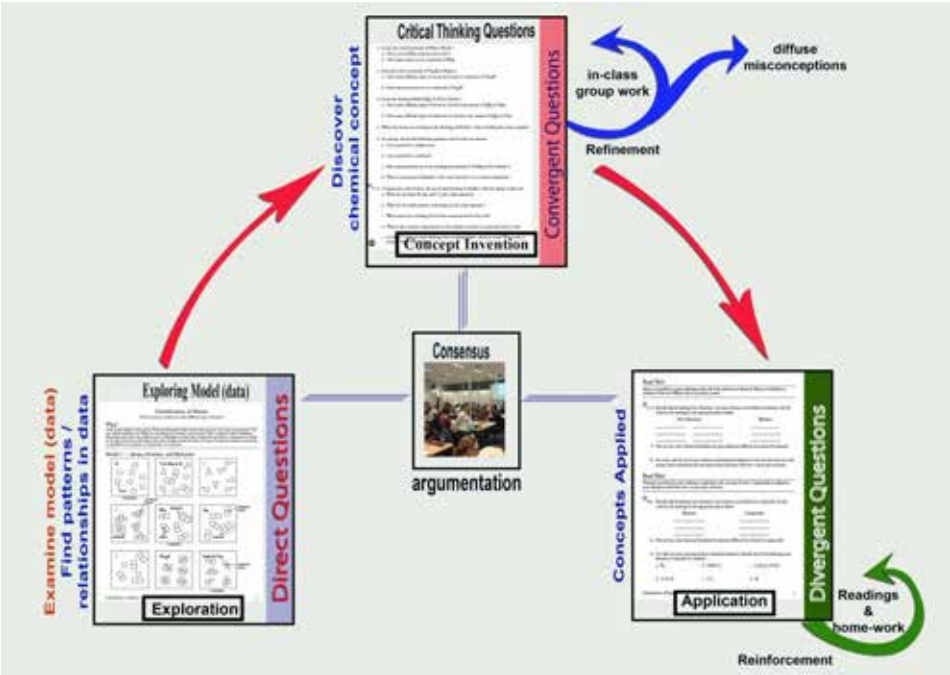


Figure 1: Introduction to Process Oriented Guided Inquiry Learning

Previous research using POGIL

Originally initiated in first year undergraduate non-major chemistry classes by Moog et al. (2009); POGIL gained familiarity across STEM disciplines in terms of an alternative pedagogical approach to traditional teaching and also as a domain for scholarly activity by chemistry educators. Consequently, the implementation of POGIL spread to organic chemistry (Bailey, Minderhout, & Loertscher, 2012; medicinal chemistry (Brown, 2010); as well as other disciplines. Numerous studies have reported the pedagogical implications of POGIL on students' academic achievement (Straumanis & Simons, 2008), conceptual understanding (Minderhout & Loertscher, 2007), and their attitudes and science learning experience in post-secondary education settings (Vishnumolakala, Southam, Treagust, Mocerino, & Qureshi, 2017).

POGIL in the context of educational Reforms

In recent years chemistry educators in Australian universities and institutes in Qatar have changed the curriculum, particularly in first year chemistry from lecture emphasis to laboratory emphasis with an increased use of POGIL adapted teaching. The intention behind such a paradigm shift was to integrate industry-oriented transferable skills and students' personal attributes with disciplinary skills and knowledge. In order to provide increased education opportunities for high school graduates, the government of Qatar created Education City that includes several campuses from top international universities from the USA and Canada. One of these universities is Cornell University which set up a Medical School – Weill Cornell Medicine - in Qatar. To bridge high school graduates to into the medical degree, a Foundation Chemistry course is delivered utilising POGIL instructional approach over two semesters. POGIL workshops (each 1-hour duration) are held three times a week and, sometimes, complementary lectures are embedded into POGIL sessions to

further assist students in understanding the concepts. The students' laboratory work is also structured according to the content covered in POGIL classes.

With similar interests in teaching POGIL in undergraduate classes, the researchers at Curtin and Weill Cornell Medicine in Qatar (see names in the Acknowledgement) were successful in obtaining research funding from the Qatar National Research Fund. The three published studies briefly discussed here are based on these collaborations.

Study # 1 – Studying the affective domain in modified POGIL undergraduate chemistry classes (Vishnumolakala, Southam, Treagust, Mocerino & Qureshi, 2017).
This one-semester, mixed methods study underpinning social cognition and theory of planned behaviour investigated the attitudes, self-efficacy, and experiences of 559 first year Australian undergraduate non-major chemistry students from two cohorts in a modified Process-Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) classes.

The research questions that guided this research were concerned with instrument reliability, students' attitudes, levels of efficacy and learning experiences before and after the introductory POGIL-intervention chemistry course. Attitude toward the Study of Chemistry (ASCI) (Xu, Villafanea, & Lewis, 2013) and Chemistry Attitudes and Experiences Questionnaire (CAEQ) (Dalgety, Coll, & Jones, 2003) were administered to understand and gauge students' affective outcomes before and after he semester's POGIL-oriented teaching. The ASCI measures two subscales of Intellectual Accessibility and Emotional Satisfaction on a semantic differential scales such as Chemistry is: *Easy ……. Difficult*. The CAEQ measures five subscales including self-efficacy, Lecture Learning Experience, and Workshop Learning Experience on Likert scales.

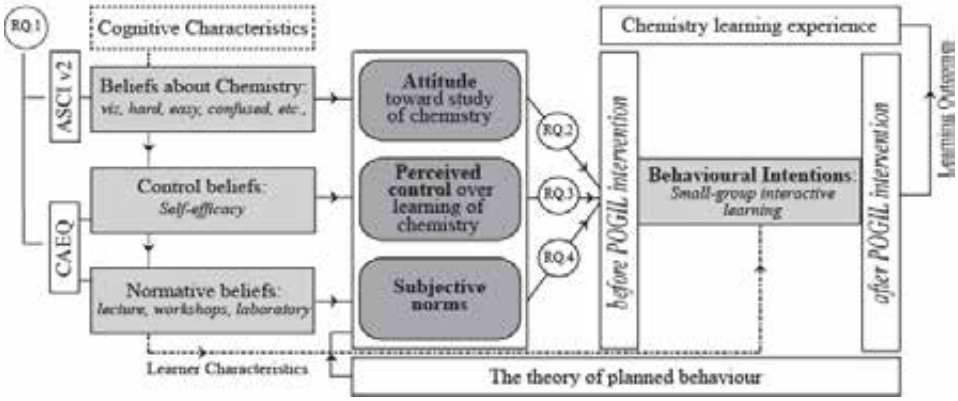


Figure 2: Theoretical framework and research design for Study #1

The instruments were reliable with all subscales having Cronbach alpha values over .70. Differences in attitudes toward the study of chemistry showed highly statistically significant difference between pre and post-tests ($p < 0.0001$) and high effect sizes (Cohen's d = .47 and .33). The post-test mean scores for all items of subscales of CAEQ on students' experience in lectures, workshops and laboratories were higher than those in pre-test scores. Further, the improvement in students' learning experience was evident from the statistically significant paired samples t-test results.

In brief, this study showed that student-centred pedagogical practices that are alternative to traditional classroom discourses can provide positive affective experiences to students who are new to the disciplinary area or who undertake courses with limited discipline-related prior knowledge.

Study #2: Qatari Chemistry Foundation students' achievement, perceived learning gains and self-efficacy (Qureshi, Vishnumolakala, Southam, & Treagust, 2016)
In this case study, we present the impact of pedagogic reform in a higher education setting in Qatar. POGIL fits well with Qatar's educational reforms that focused on research-based pedagogies that involve inquiry learning. The purpose of this study was to explore the impact of inquiry-based learning in a foundation chemistry course at Weill-Cornell College over two semesters (Fall and Spring). The study utilized quantitative data obtained from normalized content tests published by the American Chemical Society and the CAEQ self-efficacy scale and a Learning Gains questionnaire. Qualitative data from open-ended student questionnaires were analyzed to cross-validate findings from the study.

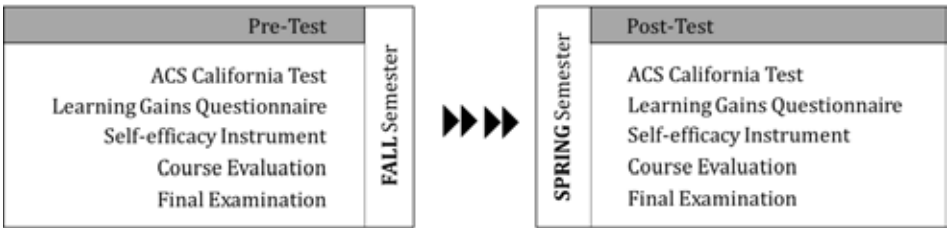


Figure 3: Research design and instruments used in Study #2

Positive effects of POGIL during fall (semester 1) and spring (semester 2) semesters were evidenced by a) improved mean scores and medium to large effect sizes for content test results, perceived learning gains, and self-efficacy levels, and b) a positive correlation between the measures of perceived learning gains and self-efficacy. Students self-reported increased self-efficacy, interest, and better understanding of concepts using the POGIL method. Comparing fall and spring semesters, student reluctance and negative perceptions of the POGIL approach gradually diminished. Students were able to adapt easily to POGIL – a method of teaching that they had not experienced before but which was compatible with the high context culture in which they live.

In summary, POGIL was able to make positive difference in students' chemistry achievement and their perceived learning gains and self-efficacy and students were generally comfortable with POGIL instruction and their perceptions of its positive effects became more evident during the second semester of the course.

Study #3 POGIL in Qatar Grade 10 high school chemistry classes (Treagust, Qureshi, Vishnumolakala, Ojeil, Mocerino, & Southam, in review).
POGIL was implemented over two semesters in four selected Arabic independent schools involving 154 Grade 10 students and six science teachers. The mixed-methods, experimental and pre- and post-test research design measured students' perceptions of their learning using the Arabic version of the 'What is Happening in this Class? – WIHIC' (Afari, Aldridge, Fraser, & Khine, 2013) instrument which was administered to both POGIL and Non-POGIL groups before (pre-test) and after (post-test) POGIL instruction.

Over two semesters during 2016–2017, POGIL groups received instruction through Arabic translated POGIL activity worksheets written by the research team in accordance with the Grade 10 curriculum standards prescribed by the Ministry of Education (MOE) in Qatar. Non-POGIL groups were taught the same curriculum to the same standards but were not exposed to POGIL-style interactions and did not use POGIL activity worksheets.

The selection of WIHIC instrument in this study was based on its robustness, suitability to inquiry-based instruction (Wolf & Fraser, 2008) and the availability of a validated Arabic version previously used in the Gulf region (Afari et al., 2013). Each of the six teachers taught one Grade 10 class with POGIL and related materials and a Grade 10 class with the traditional instructional approach. Teachers' implementation of POGIL lessons was observed by experienced university-based POGIL practitioners and researchers. Teachers were invited to participate in the semi-structured interviews to reflect upon their experiences with the POGIL implementation. The text from classroom observations and teachers' semi-structured interviews was coded by researchers and later analysed using QSR NVivo software.

The Cronbach's alpha values for the subscales of pre- and post-test WIHIC were above the acceptable threshold of 0.70 indicating that the data collected from the students is highly reliable for making any inferences. As shown in Table 1, the post-test mean scores of WIHIC subscales for POGIL groups were higher than those from Non-POGIL groups. The effect sizes - represented as Cohen's d value (Cohen, 1988) varied for POGIL classes ranged from 0.14 (small) to 71 (large).

Table 1. Descriptive Statistics, effect size for differences between Post-test POGIL and Non-POGIL groups

WIHIC Subscale	POGIL (n = 83) Total Mean (SD)	NON-POGIL (n = 71) Total Mean (SD)	Effect Size Cohen's d
Student Cohesiveness	34.03 (4.14)	32.02 (4.76)	0.45
Teacher Support	30.50 (7.28)	29.53 (6.78)	0.14
Involvement	30.48 (5.45)	27.53 (6.03)	0.51
Cooperation	31.98 (5.28)	28.17 (5.45)	0.71
Equity	32.44 (6.27)	30.47 (7.51)	0.28
Personal Relevance	31.22 (5.72)	28.63 (5.87)	0.43
Enjoyment of Chemistry Lessons	31.09 (7.38)	26.98 (6.63)	0.59
Academic Efficiency	30.71 (6.53)	29.81 (6.98)	0.55

In brief, the results indicate that POGIL helped Grade 10 students to improve their perceptions of chemistry learning more tha the non-POGIL students. The teachers were enthusiastic about their POGIL implementation.

Summary: POGIL and the quality of instruction

This paper has described three studies using a POGIL materials and an approach for teaching and learning chemistry that have accommodated recognised quality criteria of instruction by the learning tasks being well organised and presented and instructors providing support, reinforcement and feedback.

Acknowledgements
The authors thank the Qatar National Research Fund (QNRF) for supporting this study through a National Priorities Research Project (NPRP – 6 - 1424 - 5 – 178) and the staff and students who participated in the research. This research has been reviewed and given approval by the Curtin University's Human Research Ethics Committee (Approval number: SMEC-45-10) and the Weill Cornell Medical College in Qatar IRB number 13-00028

Research Team
Professor David F Treagust School of Education Curtin University; Dr Sheila Qureshi, Weill Cornell Medicine – Qatar, Doha, Qatar; Dr Venkat R Vishnumolakala School of Chemistry Curtin University; Associate Professor Mauro Mocerino School of Chemistry Curtin University; Dr Daniel Southam School of Chemistry Curtin University, and Joseph Ojeil, Weill Cornell Medicine – Qatar, Doha, Qatar.

References

Afari, E., Aldridge, J. M., Fraser, B. J., & Khine, M. S. (2013). Students' perceptions of the learning environment and attitudes in game-based mathematics classrooms. *Learning Environments Research, 16*(1), 131-150.

Bailey, C. P., Minderhout, V., & Loertscher, J. (2012). Learning transferable skills in large lecture halls: Implementing a POGIL approach in biochemistry. *Biochemistry and Molecular Biology Education, 40*(1), 1-7.

Bodner, G. M. (1992). Why changing the curriculum may not be enough. *Journal of Chemical Education, 69*(3), 186. doi:10.1021/ed069p186

Brown, S. D. (2010). A process-oriented guided inquiry approach to teaching medicinal chemistry. *American Journal of Pharmaceutical Education, 74*(7), 121.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cole, R. S., Becker, N., Towns, M., Sweeney, G., Wawro, M., & Rasmussen, C. (2012). Adapting a methodology from mathematics education research to chemistry education research: Documenting collective activity. *International Journal of Science and Mathematics Education, 10*(1), 193-211. doi:10.1007/s10763-011-9284-1

Cooper, M. (2010). The case for reform of the undergraduate general chemistry curriculum. *Journal of Chemical Education, 87*(3), 231-232. doi:10.1021/ed800096m

Dalgety, J., Coll, R. K., & Jones, A. (2003). Development of chemistry attitudes and experiences questionnaire (CAEQ). *Journal of Research in Science Teaching, 40*(7), 649-668.

Day, J. H., & Houk, C. C. (1970). Student paced learning for large classes. *Journal of Chemical Education, 47*(9), 629. doi:10.1021/ed047p629.

Fischer, H. E., Labudde, P., Neumann, K., & Viiri, J. (2014). *Quality of instruction in Physics: Comparing Finland, Switzerland and Germany*. Verlag: Waxmann

Kaendler, C., Wiedmann, M., Rummel, N., & Spada, H. (2015). Teacher competencies for the implementation of collaborative learning in the classroom: a framework and research review. *Educational Psychology Review, 27*(3), 505-536. doi:10.1007/s10648-014-9288-9

Karplus, R., & Butts, D. P. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of Research in Science Teaching, 14*(2), 169-175. doi:10.1002/tea.3660140212

Minderhout, V., & Loertscher, J. (2007). Lecture-free biochemistry: A process oriented guided inquiry approach. *Biochemistry and Molecular Biology Education, 35*(3), 172-180.

Moog, R. S., Creegan, J. F., Hanson, M. D., Spencer, N. J., Straumanis, A., & Bunce, M. D. (2009). POGIL: Process-oriented guided-inquiry learning. In N. Pienta, M. M. Cooper, & T. J. Greenbowe (Eds.), *Chemists' Guide To Effective Teaching* (Vol. 2, pp. 90-101). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Qureshi, S., Vishnumolakala, V. R., Southam, D., & Treagust, D. (2016). Inquiry-based chemistry education in a high-context culture: a Qatari case study. International Journal of Science and Mathematics Education, Advance Article, 1-22. doi: 10.1007/s10763-016-9735-9

Rutherford, F. J. (1997). *Sputnik and science education*. Paper presented at the Reflecting on Sputnik: Linking the Past, Present, and Future of Educational Reform, Washington, DC.

Schroeder, J. D., & Greenbowe, T. J. (2008). Implementing POGIL in the lecture and the science writing heuristic in the laboratory--student perceptions and performance in undergraduate organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, 9*(2), 149-156.

Stevens, P. (1978). On the Nuffield philosophy of science. *Journal of Philosophy of Education, 12*(1), 99-111.

Straumanis, A. (2010). *Classroom Implementation of POGIL: A practical guide for instructors*. In (pp. 56). Retrieved from http://guidedinquiry.org/misc/IG_2e.pdf

Straumanis, A., & Simons, E. A. (2008). A milti-institutional assessment of the use of POGIL in organic chemistry. In R. S. Moog & J. N. Spencer (Eds.), *ACS Symposium Series 994: Process-Oriented Guided inquiry Learning* (pp. 226-239). Washington, DC: American Chemical Society.

Treagust, D. F., Qureshi, S., Vishnumolakala, V. R., Ojeil, J., Mocerino, M. & Southam, D. C. (in review). Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) as a culturally relevant pedagogy (CRP) in Qatar: A perspective from Grade 10 chemistry classes. Research in Science Education.

Vishnumolakala, V. R., Southam, D. C., Treagust, D. F., Mocerino, M., & Qureshi, S. (2017). Students' attitudes, self-efficacy and experiences in a modified Process-Oriented Guided Inquiry Learning undergraduate chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice, 18*, 340-352. doi:10.1039/C6RP00233A

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Weaver, G. C., Russell, C. B., & Wink, D. J. (2008). Inquiry-based and research-based laboratory pedagogies in undergraduate science. *Nature Chemical Biology, 4*(10), 577-580.

Webb, N. M. (2008). Teacher Practices and Small-Group Dynamics in Cooperative Learning Classrooms. In R. M. Gillies, A. F. Ashman & J. Terwel (Eds.), The Teacher's Role in Implementing Cooperative Learning in the Classroom (pp. 201-221). Boston, MA: Springer US. http://dx.doi.org/:10.1007/978-0-387-70892-8_10

Wolf, S. J., & Fraser, B. J. (2008). Learning environment, attitudes and achievement among middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. *Research in Science Education, 38*(3), 321-341. doi:10.1007/s11165-007-9052-y

Xu, X., Villafanea, S. M., & Lewis, J. E. (2013). College students' attitudes toward chemistry, conceptual knowledge and achievement: structural equation model analysis *Chemistry Education Research and Practice, 14*(2), 188-200.

Maik Walpuski Universität Duisburg-Essen

Qualitätsmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht

Einleitung

„Qualitätsvoller Unterricht“, so wie ihn das Tagungsthema zum diesem Tagungsband in den Fokus stellt, treibt die fachdidaktische Forschung seit Jahrzehnten um - sei es auf der Seite der Unterrichtsentwicklung oder aber auf der Seite der Unterrichtsevaluation. Nicht zuletzt durch die Hattie-Studie hat die Diskussion über die Qualitätsmerkmale von Unterricht noch einmal an Popularität gewonnen. Dabei sind die Sichtweisen auf Unterricht sehr verschieden und nicht zu Unrecht wurden im Fragen wie „*Doch wonach wird dabei gefragt? Was macht die Qualität aus?*“ im Vorwort der Tagung aufgeworfen. Eine Orientierung bei der Verortung der unterschiedlichen Sichtweisen können Modelle zur Unterrichtsqualität, wie z. B. das systemische Modell von Reusser und Pauli (2010) oder das Angebots-Nutzungsmodell von Helmke (2007), bieten.

Dieser Beitrag widmet sich gezielt der Qualität von Chemie- und Physikunterricht. Dazu wird zunächst die Frage geklärt, was überhaupt qualitätsvoller Unterricht ist. Auf Basis empirischer Studien wird anschließend herausgearbeitet, wie allgemeine Qualitätskriterien von Unterricht fachdidaktisch interpretiert werden, um so zu einer Übersicht zu gelangen, was wir über guten Unterricht in den Fächern Chemie und Physik wissen. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem Wissenserwerb der Schülerinnen und Schüler - soweit vorhanden, werden aber auch affektive Variablen diskutiert.

Die Frage nach dem guten Unterricht

Die Frage nach der Gestaltung guten Unterrichts gewinnt nach einer Erforschung entsprechender Merkmale zunehmend wieder an Bedeutung. Schulische bzw. politische Entscheidungsträger fordern von der empirischen Bildungsforschung konkretes Handlungswissen ein, um Unterrichtsprozesse optimieren zu können. Eine Abfrage des Wortes *Handlungswissen* fördert zahlreiche Treffer in den Ausschreibungen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zutage, die sich mit Fragen der Bildungsqualität befassen.

Bei der Suche nach Forschungsergebnissen zu gutem Unterricht findet man in der Regel zunächst fachunspezifische Auflistungen von Merkmalen, die grundsätzlich positiv mit dem Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern oder wahrgenommener Unterrichtsqualität korreliert sind. Solche Merkmalslisten präsentieren u. a. Brophy, Meyer oder auch Helmke (Brophy, 1999; Helmke, 2009; Meyer, 2004). Diese Merkmalslisten werden in der Regel aus empirischen Studien abgeleitet, die auf Unterrichtsbeobachtungen basieren. Allerdings handelt es sich bei den in den gelisteten Kriterien hauptsächlich um fächerübergreifende Qualitätsmerkmale, wie zum Beispiel *Klassenführung, Klarheit und Strukturiertheit, Aktivierung, Schülerorientierung* und *Kompetenzorientierung*, die nur teilweise über verschiedene Fächer hinweg stabil sind. Verschiedene Studie weisen darauf hin, dass einige dieser Merkmale eine fachabhängige Wirkung entfalten. Die inhaltliche Strukturierung von Unterricht erweist sich im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht als wirksamer als beispielsweise im Englischunterricht (Klieme, 2006). Eine domänenspezifische Betrachtung solcher Qualitätsmerkmale scheint daher unumgänglich (Klieme, 2006). Darüber hinaus wird die Wirksamkeit solcher Merkmale auch noch durch die Art der Umsetzung durch die Lehrkraft und die Schülerinnen und Schüler in der Lernsituation beeinflusst. Vor diesem Hintergrund verbietet sich die Frage nach dem guten Unterricht von

Beginn an. Das Bemühen der pädagogischen, psychologischen und fachdidaktischen Forschung kann es daher nur sein, Einflussvariablen auf die Unterrichtsqualität zu benennen, wobei die immer zur konkreten Situation (Fach, Schulform usw.) in Beziehung gesetzt werden müssen. Der vorliegende Beitrag liefert daher einen Überblick über die aktuell vorliegen Befunde. Nach einer Darstellung der Rahmenbedingungen von Unterricht werden zunächst zentrale Befunde der Hattie-Studie (Hattie & Beywl 2013) zusammengefasst, bevor der Blick auf die sogenannten *What-works-clearing-houses* gerichtet wird, die Handlungswissen zur Gestaltung von Unterrichtsprozessen versprechen. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf Studien, die aus dem Bereich des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts stammen oder aber für diesen Bereich besonders wirksame Maßnahmen herausarbeiten konnten. Im Anschluss wird die Studie von Schulz (2011) vorgestellt, die in einer experimentellen Studie potenzielle Qualitätsmerkmale von Chemieunterricht näher beschrieben hat.

Rahmenbedingungen des Unterrichts

Für den Erfolg des Unterrichts spielen neben Qualitätsmerkmalen des Unterrichtsprozesses zahlreiche weitere Einflussfaktoren eine Rolle, die ebenfalls den Unterrichtserfolg erklären können. Helmke (2009) fasst diese im Angebots-Nutzungsmodell zusammen.

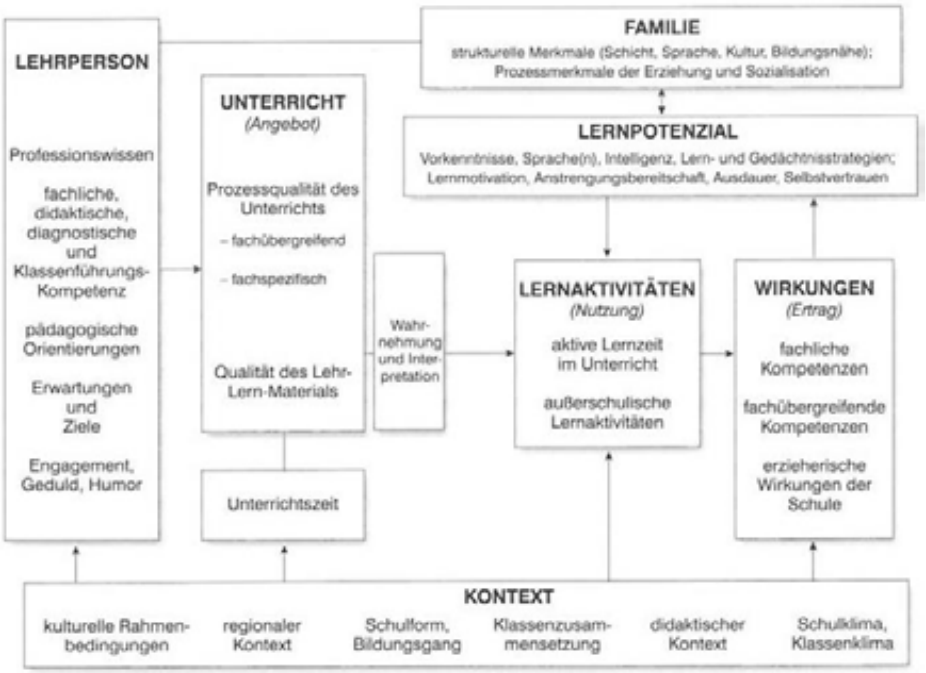


Abb. 1: Angebots-Nutzung-Modell nach Helmke, 2009

Neben dem eigentlichen Unterricht spielen Kompetenzen und Einstellungen der Lehrkraft, aber auch die Nutzung des Lernangebots durch die Schülerinnen und Schüler eine wichtige Rolle. Diese werden wiederum beeinflusst durch ihr familiäres Umfeld und ihre eigenen Kenntnisse und Fähigkeiten. Befunde zur Wirksamkeit bestimmter Faktoren sind zusätzlich immer in Bezug zum aktuellen Kontext (Schulform, Fach usw.) zu setzen. Diese Rahmenbedingungen werden auch von Hattie & Beywl (2013) aufgegriffen, die die Beiträge des Elternhauses, der Lernenden, der Lehrperson, des Unterrichtens, der Curricula und der Schule auf das Lernen berichten.

Zentrale Befunde der Hattie-Studie
Die Hattie-Studie fasst die Ergebnisse zahlreicher Metaanalysen zur Unterrichtsqualität bzw. zu erfolgreichem Lernen zusammen. Über Qualität der Studie gibt es eine lebhafte Diskussion (z. B. Lind, 2013), sodass die die Ergebnisse nicht unreflektiert als ein Rezept für guten Unterricht übernommen werden sollten. Dennoch bietet die Studie, basierend auf sehr umfangreichen Forschungsdaten, einige wichtige Anhaltspunkte zu potenziell wichtigen Einflussfaktoren auf den Lernerfolg. Im Bereich des Elternhauses sind vor allem der *soziökonomische Index* und die *häusliche Umgebung* (also intellektuelle Anreize zuhause) wichtige Prädiktoren für Lernerfolg. Bezogen auf die Lernenden haben neben der *Piaget'schen Entwicklungsstufe* vor allem das bereits vorhandene *Vorwissen* und die *vorherigen Noten* eine hohe Vorhersagekraft. Auf Seiten der Lehrkräfte spielen *Microteaching-Situationen* in der Ausbildung, das *Lehrer-Schüler-Verhältnis* und die *professionelle Entwicklung* eine wichtige Rolle. Für die Optimierung einer konkreten Unterrichtssituation sind diese Merkmale jedoch nicht zugänglich, da sie außerhalb des eigentlich Unterrichtsgeschehens liegen. Vielversprechender erscheinen hier das Curriculum, die Schule und der Unterricht selber. Bezogen auf das Curriculum konnte von Hattie & Beywl gezeigt werden, dass sich *Science-Programm*e an Schulen positiv auf die laborpraktischen Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler auswirken, allerdings nur mit vergleichsweise kleinen Effektstärken mit dem Fachwissenserwerb in Verbindung zu bringen sind. Auf Schulseite liegen positive Faktoren wie eine *Akzeleration für lernstarke Schülerinnen und Schüler* und *Kleingruppenlernen außerhalb des Klassenverbands* ebenfalls außerhalb des Einflussbereichs der Lehrkraft in einer konkreten Unterrichtssituation, ebenso wie der Einfluss der *Peer-Group*. Das *Klassenklima* bzw. die *Klassenführung* sind hingegen beeinflussbare Faktoren, die sich positiv auf den Unterrichtserfolg auswirken. Für den Unterricht selber findet Hattie ähnliche Faktoren wie die oben bereits benannten. Zu nennen sind hier insbesondere *Zielorientierung*, *Lösungsbeispiele*, *Mastery Learning*, *Feedback*, *formatives Assessment*, *metakognitive Strategien*, *Reciprocal Teaching* und *Problemlösen*.

Diese Faktoren werden im Wesentlichen – wie bereits erläutert – nicht fachspezifisch, sondern verallgemeinernd beschrieben. Um genauer benennen zu können, ob diese Faktoren auch im naturwissenschaftlichen Unterricht eine besondere Bedeutung haben, ist daher eine Prüfung der Replizierbarkeit in naturwissenschaftlichen Fächern notwendig. Eine gut zugängliche Recherchemöglichkeit für Unterrichtspraktiker bieten hier die *What-works-clearing-houses*.

Naturwissenschaftsbezogene Befunde der *What-works-clearing-houses*
In den USA unterhält das U.S. Department of Education über das Institute of Education Sciences (IES) ein Clearing House, das 2017 eine Datenbasis von über 10.000 Studien ausweist. Hier lassen sich über die Filterfunktion gezielt Studien finden, die sich mit bestimmten Unterrichtsfächern beschäftigen. Eine Auswahl des Filters *Science* reduziert die Datengrundlage allerdings beträchtlich – es werden acht Studie aufgeführt, von denen sich eine auf die Lehrperson bezieht und die restlichen sieben auf spezielle Curricula oder Unterrichtseinheiten. Aus diesen Studien lassen sich nur sehr schwer Merkmale ableiten, die sich auf den naturwissenschaftlichen Unterricht im Allgemeinen übertragen lassen, da im Wesentlichen komplexe Interventionen mit speziellen Bedingungen vorgestellt werden.

Etwas ergiebiger ist die Internetseite des Clearing Houses der TUM München, die 12 Analysen listet, von denen sich 6 direkt auf den naturwissenschaftlichen Unterricht beziehen und eher generalisierbare Aspekte in den Vordergrund stellen. Bezogen auf innovativen Unterricht stellen Knogler et al. (2017) fest, dass *kontextbasierte Unterrichtsansätze* vor allem auf das Interesse der Schülerinnen und Schüler einen positiven Einfluss haben,

während *forschendes Lernen* vor allen einen Einfluss auf die Einstellungen der Schülerinnen und Schüler hat. Insgesamt wirken die untersuchten Aspekte *kontextbasierte Ansätze, forschendes Lernen, Lernen mit digitalen Medien, kollaboratives Lernen* und *extracurriculare Aktivitäten* positiv auf Interesse und Lernen, insgesamt lässt sich ein mittlerer bis großer Effekt auf die Lernleistung nachweisen. Eine weitere, sehr ähnliche Analyse zu alternativen Unterrichtsansätzen (Knogler, Hetmanek, & CHU Research Group, 2017a) bestätigt den Erfolg *kollaborativer Ansätze* ebenso wie den der *kontextbasierten Ansätze*, wobei hier einschränkend hinzuzufügen ist, dass die berichteten sehr großen Effektstärken sich nicht auf Gruppenvergleiche, sondern auf den Prä-Post-Vergleich beziehen. Speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht wurde auch der Erfolg von forschendem Lernen untersucht (Hetmanek, Knogler, & CHU Research Group, 2017; Knogler, Hetmanek, & CHU Research Group, 2017b). Die Ansätze sind vor allem dann effektiv, wenn sie epistemisch orientiert sind (also Erklärungen für die einzelnen Schritte verlangen), sie prozedurale und soziale Aktivitäten (gemeinsames Planen usw.) enthalten und die Lernsteuerung mehr durch die Lehrkraft als durch die SuS erfolgt bzw. eine Unterstützung (Einschränkungen, Scaffolding, Erklärungen) durch die Lehrkraft erfolgt. Allgemeine Merkmale, die sich darüber hinaus im Fächervergleich insbesondere für die MINT-Fächer als lernwirksam erweisen, sind *kognitive* und *metakognitive Strategien* (Wiesbeck, Knogler, & CHU Research Group, 2017) und – vor allem bei jungen Schülerinnen und Schülern – *kooperatives Lernen* (Mok, Hetmanek, & CHU Research Group, 2017).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Metaanalysen der *What-works-clearing-houses* zeigen können, dass einige der fachunspezifisch nachgewiesenen lernförderlichen Aspekte auch oder sogar insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht wirken.

Qualitätsmerkmale lernwirksamem Chemieunterrichts

Noch spezifischer ist eine von Schulz & Walpuski (Schulz, 2011; Schulz, Walpuski, & Sumfleth, 2010) durchgeführte Studie, die in einem experimentellen Design die Wirksamkeit angenommener Qualitätsmerkmale für den Chemieunterricht untersucht. Ziel dieser Studie war es, experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht in Bezug auf Leistung, Interesse und Motivation der Schülerinnen und Schüler zu identifizieren. Zur Erfassung von experimentierspezifischen Qualitätsmerkmalen im Chemieunterricht wurden Videoanalysen und Schülerfragebögen eingesetzt. In einer ersten Studie wurden 18 Unterrichtsvideos, die jeweils mindestens ein Experiment im Chemieunterricht zeigen, mit Hilfe eines Kategoriensystems ausgewertet und die unterrichteten Schülerinnen und Schüler wurden hinsichtlich ihrer Leistung, Motivation und Interesse getestet. Diese Schülerdaten wurden in einem weiteren Schritt auf ihren Zusammenhang mit den Ergebnissen der Videoanalysen überprüft, um Hinweise auf potenzielle Qualitätsmerkmale zu bekommen. Um die Ergebnisse dieser Korrelationsstudie im Hinblick auf Wirkungszusammenhänge abzusichern, wurden die Qualitätsmerkmale mit den höchsten Korrelationen zum Lernerfolg als mögliche positive Merkmale von Experimentierphasen in einer zweiten Studie (Interventionsstudie) auf ihre Bedeutung hin überprüft.

Es zeigte sich, dass insbesondere die Merkmale *Schülererklärung*, *hypothesenüberprüfendes Experimentieren in Kleingruppen*, *Instruktionseffizienz*, *Problemlösender Unterricht* besonders lernwirksam waren. Ein positiver Befund konnte auch im Bereich des situationalen Interesses gezeigt werden, das durch die Intervention erhöht werden konnte.

Fazit

Die Diskussion um die Merkmale qualitätsvollen Unterrichts kann nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Da die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen immer stark von den veränderlichen Rahmenbedingungen abhängt, wird sie das auch niemals ein. Der Ruf nach einem verbindlichen, universell gültigen Handlungswissen verbietet sich somit ebenfalls. Was die fachdidaktische Forschung jedoch leisten kann, ist, datenbasiert Hinweise zu geben, welche Faktoren den Unterrichtserfolg unter bestimmten Bedingungen positiv beeinflussen können. Je präziser dabei die Rahmenbedingungen erfasst und beschrieben werden, desto eher ist es möglich, die Ergebnisse auf spezielle Bedingungen zu beziehen. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht gilt es, die Schülerinnen und Schüler am Unterrichtsprozess zu beteiligen. Gerade kooperative Experimentierphasen mit einem hohen Rede- und Argumentationsanteil der Schülerinnen und Schüler versprechen einen hohen Lernerfolg, während eine Kontextualisierung zusätzlich das Interesse erhöhen kann. Wie und bei welchen Rahmenbedingungen sich diese Merkmale in den Unterricht integrieren lassen, muss durch eine möglichst professionelle Lehrkraft vor den Rahmenbedingungen der Schule und der Lerngruppe eingeschätzt und entschieden werden. Eine Unterrichtsstunde, die in einer bestimmten Situation gelungen ist, ist somit keinesfalls eine universell einsetzbare Blaupause, sondern muss immer wieder verändert werden. Mit jeder Änderung der curricularen oder unterrichtlichen Rahmenbedingungen, sei es durch Inklusion, Digitalisierung oder andere Veränderungen, ist die fachdidaktische Forschung erneut gefordert, datengestützte Hinweise auf sinnvolle Vorgehensweisen zu geben.

Literatur

Reusser, K., & Pauli, C. (2010). Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität - Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht: Einleitung und Überblick. In K. Reusser, C. Pauli, & M. Waldis (Eds.), Unterrichtsgestaltung und Unterrichtsqualität. Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Videostudie zum Mathematikunterricht (S 9–32). Waxmann Verlag GmbH.

Helmke, A. (2007). Theorie- und Forschungstraditionen zur Unterrichtsqualität. In A. Helmke (Hrsg.), Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern (S. 28–35). Seelze: Kallmeyer.

Brophy, J. (1999). Teaching (Educational Practices Series, Vol. 1). Brussels. http://www.ibe.unesco.org/publications/EducationalPracticesSeriesPdf/prac01e.pdf

Meyer, H. (2004). Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen Scriptor.

Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Kallmeyer.

Hattie, J., & Beywl, W. (2013). Lernen sichtbar machen: Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von Visible Learning. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.

Klieme, E. (2006). Empirische Unterrichtsforschung: aktuelle Entwicklungen, theoretische Grundlagen und fachspezifische Befunde. Zeitschrift für Pädagogik, 52(6), 765–773.

Schulz, A. (2011). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: Eine Videostudie. Berlin: Logos Verlag.

Lind, G. (2013). Meta-analysen als Wegweiser? Zur Rezeption der Studie von Hattie in der Politik. http://www.uni-konstanz.de/ag-moral/pdf/Lind-2013_meta-analysen-als-wegweiser.pdf

Knogler, M., Wiesbeck, A. B., & CHU Research Group. (2017). Wie wirkt sich innovativer MINT-Unterricht auf die Einstellung und Leistung von SchülerInnen aus? https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/10/CHU_KR-12_Savelsbergh_2016_Einstellung-und-Leistung-innovativer-Unterricht.pdf

Knogler, M., Hetmanek, A., & CHU Research Group. (2017a). Wie effektiv sind alternative Unterrichtsansätze in den MINT-Fächern? https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/07/CHU_KR-6_Schroeder_2007_Alternative-Unterrichtsansatze.pdf

Hetmanek, A., Knogler, M., & CHU Research Group. (2017). Forschendes Lernen: Auf die Unterstützung kommt es an! https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/07/CHU_KR-5_Lazonder-Harmsen-2016_Forschendes-Lernen.pdf

Knogler, M., Hetmanek, A., & CHU Research Group. (2017b). Forschendes Lernen oder lehrerzentrierte Ansätze im naturwissenschaftlichen Unterricht: Was ist effektiver? https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/10/CHU_KR-1_Furtak-2012_Forschendes-Lernen.pdf

Wiesbeck, A. B., Knogler, M., & CHU Research Group. (2017). Selbstreguliertes Lernen und Lernerfolg bei SchülerInnen: Gibt es einen Zusammenhang? https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/10/CHU_KR-10_Dent-2016_Selbstreguliertes-Lernen.pdf

Mok, S. Y., Hetmanek, A., & CHU Research Group. (2017). Kooperatives Lernen im Klassenzimmer – Neue Befunde belegen die Wirksamkeit kooperativer Lernformen. https://www.clearinghouse.edu.tum.de/wp-content/uploads/2017/07/CHU_KR-4_Kyndt_2013_Kooperatives-Lernen.pdf

Schulz, A., Walpuski, M., & Sumfleth, E. (2010). Chemistry-specific Characteristics of Quality. In M. F. Tasar & G. Cakmakci (Eds.), Contemporary Science Education Research: Teaching (pp. 341–348). Ankara: Pegem Akademi.

Dietmar Höttecke[1]

[1] Universität Hamburg

Laudatio für Prof. Dr. Horst Schecker anlässlich der Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille für hervorragende Leistungen in der Didaktik der Chemie und Physik

Lieber Horst, liebe GDCP-Mitglieder,
die Laudatio, die Lobrede, die ich heute anlässlich der Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille an Prof. Dr. Horst Schecker halten werde, könnte sich auf eine lange Liste aus Aktivitäten, Publikationen und Forschungsprojekte beschränken. Würde ich all diese Dinge nur in halbwegs angemessener Zeit zu würdigen versuchen, würde ich den Zeitplan heute Nachmittag sprengen und mir den Ärger meiner Zuhörerschaft zuziehen. Ich tue dies also nicht, erspare mir den Ärger und möchte stattdessen auf das Wesentliche, den eigentlichen Grund der Lobrede zu sprechen kommen. Und was das Wesentliche ist, das steht ja in der Satzung der Ehrenmedaille:
„Die Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) verleiht die GDCP-Ehrenmedaille für langjährige hervorragende Leistungen in der Didaktik der Chemie und Physik. Ausgezeichnet werden Persönlichkeiten, die zur Profilierung der Physik- oder Chemiedidaktik und zur chemie- oder physikdidaktischen Forschung und Entwicklung maßgeblich beigetragen haben.“ (§1 der Satzung der GDCP-Ehrenmedaille).
Ich will nun nach und nach den Nachweis dafür erbringen, dass Horst Schecker die Ehrenmedaille in der Tat und gemäß dieser Forderung hochverdient hat. Dies werde ich entlang der im Satzungstext hervorgehobenen Kriterien tun.
Nachzuweisen, dass das erste Kriterium erfüllt ist, ist besonders einfach, denn es ist von „langjährigen“ Leistungen die Rede. Lieber Horst, die erste Publikation von dir, die ich gelesen habe, stammt aus dem Jahre 1982. Du hast sie zusammen mit Ulf Krüger verfasst und sie trägt den Titel „Das Bild von der Wissenschaft Physik - Ergebnisse empirischer Untersuchungen zu wissenschaftstheoretischen Fragestellungen bei Schülern und Lehrern der Sekundarstufe II“. Ich habe sie erst Jahre später gelesen, denn 1982 besuchte ich gerade einmal die Klasse 10, interessierte mich noch nicht für Fachdidaktik, und hätte für diese Studie, weil ich noch kein Oberstufenschüler war, nicht einmal als Proband getaugt.
Aber „langjährig“ soll hier nicht im Sinne von lang „andauernd“ missverstanden werden, denn der Name Horst Schecker steht besonders für eine sehr kontinuierliche physikdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeit, die ich – wie die Satzung der Ehrenmedaille fordert – als hervorragend einschätze.
Ich bin also schon beim zweiten Kriterium: die vollbrachten Leistungen sollen hervorragend sein. Das Adjektiv „hervorragend“ ist eine Metapher. Hervorragen kann ein Baum nur unter anderen Bäumen. Und genauso ist es mit den Menschen, wenn von ihnen als Hervorragenden gesprochen wird, denn es geht um den sozialen Vergleich. An dieser Stelle wird eine Laudatio zu halten immer ein wenig gefährlich, denn, wenn man einen als hervorragend kennzeichnet, man die anderen, eben nicht oder weniger hervorragenden im sozialen Vergleich abwerten könnte. Tut mir leid, wenn ich das jetzt tue, aber es ist nun einmal nötig, denn ohne soziale Bezugsnorm ist der oder die Hervorragende nicht zu haben. Als hervorragend gilt jemand, der mehr als andere, weiter als andere, häufiger als andere, intensiver als andere..., also so etwas in der Art. Und im Fall von Host Schecker ist das m.E. ganz einfach, der nämlich sichtbarer, einflussreicher und nachhaltiger als andere die Didaktik der Physik geprägt und zu ihrer – wie die Satzung fordert – Profilierung beigetragen hat.

Damit bin ich beim nächsten und wichtigsten Kriterium: Die Arbeit des Medaillenträgers hat zur „Profilierung“ der Disziplin, im Fall von Horst Schecker ist das die Physikdidaktik, beigetragen. Wenn Profilierung der Disziplin des Lobes wert sein soll – und dies können Sie zwar als gegeben voraussetzen, bedarf aber dennoch der Erläuterung – dann muss geklärt werden, was Profilierung überhaupt ist und wozu sie nutzt.
Wenn eine Disziplin sich profiliert, dann hebt sie sich von anderen Disziplinen aber auch von anderen gesellschaftlichen Subsystemen ab, wird in ihrer Eigenart und im Hinblick auf ihre je spezifischen Ziele, Zwecke oder Methoden erkennbar. Die Notwendigkeit, dass sich Physikdidaktik profilieren möge, muss man durch die Brille ihrer eigenen Disziplingeschichte betrachten. Die Physikdidaktik ist nämlich eine vergleichsweise junge Wissenschaft, die sich in den letzten Jahrzehnten tatsächlich zunehmend profiliert hat und dabei erst zu einer eigenständigen wissenschaftlichen Disziplin hat werden können. Erinnern wir uns zunächst für einen Moment ihrer bisherigen, jüngeren Geschichte:
Bis in die 1960er Jahre hinein kann man noch eher von einer den Unterricht unterstützenden, aber kaum wissenschaftlich ausgerichteten Physikmethodik sprechen. Eine empirische Wende beginnt sich in der Erziehungswissenschaft in den 1960er Jahren anzubahnen und damit beginnt ein Prozess der Ausdifferenzierung, der später auch die Physikdidaktik erfasst. Als autonomes Handlungssystem (Stichweh, 1994) ist die Physikdidaktik nicht mehr unmittelbar an die Logik spezifischer Orte des Physiklernens gebunden, sondern beansprucht zunehmend Eigenständigkeit im akademischen Gefüge der Universitäten. Für die Physikdidaktik war die Rezeption der Arbeiten Piagets in den 1970er und 80er Jahren maßgeblich und führte zu einer kognitivistischen Wende. In den 1980er und 90er Jahren dominierte das Thema Schülervorstellungen, das in zahlreichen empirischen Studien untersucht wurde. Mit ihr etablierte sich ein moderat-konstruktivistisches Paradigma, hinter dem sich auch heute noch viele Kolleginnen und Kollegen versammeln können. Mit den TIMS- und PISA-Studien um die Jahrhundertwende wurden schließlich die Themen Assessment, Kompetenzmodellierung und empirisch-methodische Fragen zunehmend bedeutsam. In den letzten Jahren hat sich auch die GDCP als sichtbares Zeichen der zunehmenden Forschungsaktivität und Forschungsbezogenheit von Physikdidaktik sehr gut entwickelt. Wir haben es mit der Physikdidaktik mit einer wirklich jungen, aber heute etablierten, anerkannten Wissenschaft mit einem eigenen theoretischen und methodischen Fundament und Selbstverständnis zu tun. Dieses Fundament hat die Physikdidaktik zwar nicht eigenständig und isoliert entwickelt, aber doch aus unterschiedlichen Disziplinen geschöpft und für die eigenen Forschungsgegenstände weiterentwickelt. Man kann also im Vergleich mit andern Disziplinen, wie z.B. benachbarten Fachdidaktiken, den Sozialwissenschaften, der Psychologie und natürlich dem Bezugsfach Physik durchaus von einer Geschichte der Profilierung sprechen.
Wenn ich nun also frage, welchen Beitrag Horst Schecker zu dieser Profilierung und damit zur Disziplin- und Wissenschaftswerdung dieser noch jungen Physikdidaktik bisher geleistet hat, dann will ich das in Bezug auf seine inhaltlich einschlägigen Beiträge tun. Ich will das aber auch in Bezug auf seinen Beitrag zu einer formalen Etablierung der Physikdidaktik als Wissenschaft tun. Beides ist wichtig!
Zunächst zu den inhaltlichen Beiträgen.
Die Arbeiten Horst Scheckers sind von einer ungewöhnlichen Breite gekennzeichnet. Ihr Charakter ist fast immer grundlegend und richtungsweisend. Man kann sagen, dass auch wenn Horst Schecker Grundlagenforschung betreibt, ihm dabei ein klarer Bezug zum Physikunterricht und zum Bezugsfach Physik niemals verloren geht.
Grundlegend sind z.B. seine Arbeiten im Bereich des Schülervorverständnisses in der Mechanik. Bereits in seiner Dissertation 1985 zeigt sich nicht nur eine profund empirische-methodische Orientierung seiner Forschungsarbeiten, sondern es zeigt sich auch, dass Horst

Schecker die Physikdidaktik durch solide Begriffsarbeit vorantreibt. Aufbauend auf Arbeiten von Jung und Niedderer entwickelte er einen Begriff des Vorverständnisses, an dem man sich bis heute abarbeiten kann.
Für mich persönlich sind die Arbeiten um graphische Modellbildungssysteme Mitte bis Ende der 1990er Jahre sehr inspirierend. Sie waren – da war Host Schecker seiner Zeit sicher voraus – damals schon DFG-gefördert und entstanden in Kooperation mit Eckard Klieme. Hier versuchte Horst Schecker mit Hilfe neuer computergestützter Verfahren Schülerinnen und Schülern das Physiktreiben als Praxis und Prozess zu ermöglichen. Die Arbeiten mündeten in eine Habilitationsschrift, die sich 1995 den GDCP-Nachwuchspreis verdiente.
Die besondere Breite seiner Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wird deutlich, wenn ich weitere einschlägige Projekte zumindest kurz nenne: Da ist zunächst einmal der BLK-Modellversuch BINGO der in den 1990er Jahren Entwicklungs- und Forschungsbeiträge zum fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht geleistet hat. Die Entwicklung der Aufgabenkultur ist bis heute ein wichtiges physikdidaktisches Anliegen, auch hier ist die Handschrift Horst Scheckers in Richtung neuer, kreativer, kontextualisierter und kognitiv anregender Aufgabentypen sichtbar.
Für die Zeit wegweisend war das ab 2002 vom BMBF geförderte Projekt „Physik Multimedial“. Gemeinsam mit anderen Universitäten hat Horst Schecker federführend dabei gewirkt, die Hochschullehre im Fach Physik online gestützt zu innovieren. Zum Projekt zählten auch Fachwissenschaftlerinnen und Fachwissenschaftler, was wieder einmal deutlich macht, dass ihm die Kooperation mit dem Fach ein großes Anliegen ist.
In das Jahr 2002 fällt ebenfalls das Projekt ROBERTA, das von der Fraunhofer-Gesellschaft gefördert wurde. Dort wurde untersucht, ob und in welcher Form Robotik einen mädchenorientierten Zugang zu MINT-Inhalten bieten kann.
In die Mitte des letzten Jahrzehnts fallen auch erste Arbeiten zu Kompetenzmodellierungen in den Bereichen Energie und Thermodynamik, die nach den Regeln psychometrischer Kunst gestrickt waren.
Im DFG-Projekt eXkomp untersucht Horst Schecker gemeinsam mit Heike Theyßen und anderen, ob und wie sich experimentelle Kompetenz auch in Großstudien untersuchen lässt. Jüngere Arbeiten beforschen wiederum die professionelle Handlungskompetenz von Physiklehrkräften. Hier sind die BMBF-Projekte Profile-P und Profile-P+ hervorzuheben. Hier wird Professionswissen nicht nur modelliert, sondern es werden auch Zusammenhänge mit Lehrer-Performanz am Beispiel der Erklär-Kompetenz untersucht.
Ich fasse die inhaltliche Breite noch einmal in Stichworten zusammen: Vorstellungsforschung, Multimedia, Gender, Aufgabenkultur, Robotik, Kompetenzmodellierung, Experimentieren, Wissenschaftsverständnis, Erklären, Lehrerprofessionswissen. Die Arbeiten haben sehr oft in national und international sichtbare Publikationen gemündet und waren weitgehend von Drittmitteln unterstützt. Ein Teil der Forschungsthemen war m.E. sogar identitätsstiftend für die Physikdidaktik und hat dazu beigetragen, dass die Physikdidaktik sich eben profilieren konnte. An den herausragenden inhaltlichen Beiträgen Horst Scheckers an dieser Profilierung besteht kein Zweifel!

Nun zu den Beiträgen Horst Scheckers zur formalen Profilierung und Differenzierung der Physikdidaktik. Wenn eine Disziplin wie die Physikdidaktik sich entwickelt, differenziert und zunehmend institutionalisiert, dann ist ein solcher Prozess von ganz typischen Motoren angetrieben. Rudolf Stichweh (1994) benennt diese Kennzeichen einer Disziplin und ihre antreibenden Momente in einem Artikel über „Differenzierung der Wissenschaft“:
Um Wissenschaft zu sein, sind typische problematische Fragestellungen nötig. Eine wissenschaftliche Disziplin ist von einem für sie typischen Set von Forschungsmethoden und paradigmatischen Problemlösungen gekennzeichnet. Es bedarf eines hinreichend homogenen Kommunikationszusammenhangs. Ferner muss das jeweilige wissenschaftliche

Wissen in Lehrbüchern präsentiert werden, die den Kanon der Disziplin ausmachen, das von Mitgliedern der Disziplin konsensual geteilt wird und prinzipiell lehrbar ist. Abschließend benötigt eine Disziplin spezifische Karrierestrukturen und institutionalisierte Sozialisationsprozesse.

Ich möchte nun zeigen, dass Horst Schecker zu all diesen Differenzierungsaspekten der Physikdidaktik wichtige Beiträge geleistet hat.

Zu den problematischen Fragestellungen hat Horst Schecker – wie ich bereits gezeigt habe – mit der Breite seiner Forschungsthemen beigetragen, besonders zu denen, die für die Physikdidaktik m.E. konstitutiv geworden sind, allen voran die Forschung um das Schülervorverständnis, den Computereinsatz im Unterricht und die Kompetenzmodellierung in den Kontexten Schüler und Lehrkräfte.

Ein breites Set an Forschungsmethoden und Problemlösungen kennzeichnet seine Forschungsarbeiten. Dabei habe ich als ehemaliger Mitarbeiter in Horsts Arbeitsgruppe die beständige Mahnung im Ohr, dass man sehr solide, empirisch fundiert und äußerst sorgfältig zu arbeiten habe. Schnellschüsse sind mit Horst Schecker nicht zu machen, Hand und Fuß muss alles haben, und diese Devise spiegelt sich m.E. in allen seinen Publikationen wider.

Und der hinreichend homogene Kommunikationszusammenhang? Das A und O der wissenschaftlichen Kommunikation sind die öffentliche Kommunikation im Rahmen von wissenschaftlichen Gesellschaften, Zeitschriftenaufsätzen, Kommissionen, Expertenräten und Beiräten und die nichtöffentliche Kommunikation, wie sie sich in Gutachten niederschlägt. Alle Formen der Kommunikation sind für den Prozess der Entwicklung der Physikdidaktik hin zu einer wissenschaftlichen Disziplin hoch bedeutsam. Sich hier zu engagieren, kann der eigenen Forschung ja manchmal abträglich sein, wie wir alle wissen, denn wer in Beiräten sitzt und Gutachten über die Arbeit anderer verfasst, der kann eben nicht zugleich am nächsten eigenen Antrag arbeiten. Horst Schecker hat sich sowohl im Bereich der öffentlichen als auch der nicht-öffentlichen Kommunikation immer wieder durch eine, wie ich meine, sehr uneigennützige Art und Weise für die Entwicklung unserer Disziplin verdient gemacht und ist zahlreiche Verpflichtungen eingegangen. Ganz besonders möchte ich hier seine 6-jährige Amtszeit als Sprecher der GDCP von 2005-2011 in Erinnerung rufen.

Ein Beitrag zur Kommunikation in unserer Disziplin sind auch seine streitbaren Beiträge. Streit gehört zur Entwicklung disziplinär-akademischer Kultur nun einmal dazu und kann fruchtbar ausgetragen werden. Ich erinnere in diesem Zusammenhang zum Beispiel an den öffentlichen Disput, den Horst Schecker seinerzeit mit Hans Fischer über die Bildungsstandards und die Kompetenzmodellierung in der ZfDN geführt hat.

Ganz besonders möchte ich auch Horst Scheckers Engagement bei der Entwicklung einer Lehrbuchkultur der Physik- und der ganzen naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken hervorheben. Er hat zusammen mit Kolleginnen und Kollegen ein physikdidaktisches Lehrbuch und ein Lehrwerk zu Methoden naturwissenschaftlicher Forschung herausgegeben. Aktuell sind Bände zur Schülervorstellungsforschung und zu wichtigen Theorien der fachdidaktischen Forschung in Arbeit, an denen Horst Schecker mit weiteren Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktikern arbeitet. Lehrbücher dieser Art tragen in besonderer Weise dazu bei, dass erreichte Arbeitsstände unserer Disziplin gesichert, theoretische und methodische Grundlagen manifestiert und kanonisiert werden und der Nachwuchs entlang der Leitplanken bereits abgeschlossener Forschung ausgebildet werden kann. Die Entwicklung der Lehrbuchkultur dient mehr noch als die Zeitschriftenkultur der Entwicklung einer physikdidaktischen Identität und Traditionsbildung.

Damit steht Horst Scheckers Beitrag zu dem letzten Punkt Stichwehs in engem Zusammenhang. Horst Schecker ist es immer um eine fundierte, förderliche, manchmal auch strenge Nachwuchsförderung bestellt. Als Sprecher unserer Gesellschaft hat er ganz maßgeblich dazu beigetragen, dass sich die Nachwuchstagungen im Oktober

weiterentwickelt haben und wir dort eine sehr entwickelte akademische Kultur des Zuhörens und Beratens pflegen. Auch als Gründer der GDCP-Stiftung zur Förderung des Nachwuchses hat Horst Schecker sich verdient gemacht. Als akademischer Lehrer berät er die ihm Anvertrauten immer in dem Sinne, dass sie sich selbst weiterentwickeln können. Der unmittelbare Ertrag für die eigene Publikationsliste, das eigene Drittmittelaufkommen und das eigene Portfolio sind dann auch schon mal nachgeordnet.
Zurück zur Satzung der Ehrenmedaille, denn ein einziger Punkt ist ja noch offen: maßgeblich soll der Beitrag sein, also für andere ein Maß der eigenen Arbeit und des eigenen Engagements in der Fachdidaktik abgeben können. Ich bin sicher, dass hier viele Menschen im Raum sind, die Horst Schecker gern als ein solches Maß anerkennen. Man muss dazu nicht alle seine streitbaren Positionen teilen, aber respektieren tun wir sie sicher alle. Diesen Respekt und diese Wertschätzung für die Arbeit Prof. Dr. Horst Scheckers für seine langjährigen, hervorragenden und maßgeblichen Beiträge zur Profilierung unserer Disziplin möchte die GDCP heute mit der Verleihung ihrer Ehrenmedaille ganz besonders ausdrücken.
Lieber Horst, ich beglückwünsche dich dazu ganz herzlich!

Literatur

Stichweh, R. (1994). Differenzierung der Wissenschaft. In R. Stichweh, *Wissenschaft, Universität, Professionen. Soziologische Analysen*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp Verlag (S. 15-51).

Horst Schecker Universität Bremen

Dankadresse anlässlich der Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille

Sehr geehrter Vorstand, sehr geehrtes Preiskomittee, liebe Kolleginnen und Kollegen,

ich freue mich wirklich außerordentlich über die Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille und danke dem Vorstand und dem Auswahlkomitee sehr für die Auszeichnung. Diese Festveranstaltung ist für mich ein besonderes Ereignis. Die Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik ist für mich, lassen Sie es mich so formulieren, die wissenschaftliche Heimat. Ich fühle mich der Gesellschaft seit meiner ersten Tagungsteilnahme als junger Doktorand 1981 in Berlin in besonderer Weise verbunden. Damals war ich ein junger, 26-jähriger Doktorand. 1981 gab es noch keinen Vertreter des wissenschaftlichen Nachwuchses im Vorstand. Es gab noch keine Doktorandentagung, es gab noch keinen Nachwuchspreis, von einem Doktorierendenkolloquium ganz zu schweigen. Und trotzdem habe ich mich so als junger angehender Didaktiker in der Gesellschaft von Beginn an gut aufgenommen gefühlt. Es war höchst interessant, Menschen direkt kennenzulernen, die man sonst nur aus ihren Publikationen kannte. Dies hat sich über die Jahre aus der Sicht des wissenschaftlichen Nachwuchses noch weiter positiv entwickelt, nicht nur dadurch, dass der Anteil des wissenschaftlichen Nachwuchses inzwischen viel größer geworden und die Tagung dadurch viel jünger geworden ist.

Seit 1981 habe ich kaum eine Jahrestagung versäumt. Dietmar Höttecke hat in seiner Laudatio – für die ich mich ebenfalls sehr herzlich bedanke – ja weitere Stationen in der GDCP genannt. Die GDCP war und ist *das* Forum des wissenschaftlichen Diskurses in der Naturwissenschaftsdidaktik und der wichtigste Eckpfeiler für die Etablierung der Chemie- und Physikdidaktiken als wissenschaftliche, forschende Disziplinen im deutschsprachigen Raum. Es ist beeindruckend, welcher Entwicklungsstand der fachdidaktischen Forschung inzwischen in den Tagungsbeiträgen zum Ausdruck kommt.

Ich möchte die Gelegenheit dieser Dankadresse nutzen, um zwei persönliche Wünsche für die Weiterentwicklung der Gesellschaft und der Fachdidaktik zu formulieren. Der erste Wunsch lautet: *Mehr Debatten und mehr wissenschaftlicher Disput*! Wo gäbe es bessere Möglichkeiten als in der GDCP, einen theoretisch fundierten und empirisch gestützten Dialog z. B. zur Frage der Ziele naturwissenschaftlicher Bildung zu führen. Wir stehen gerade wieder vor der Entwicklung von Bildungsstandards – diesmal für die gymnasiale Oberstufe – und haben noch keine wirkliche Debatte um die Ziele in der Sekundarstufe 1 geführt. Walter Jung hat bereits in seiner Dankadresse anlässlich der Verleihung der Ehrenmedaille 2009 in Dresden gesagt: „Auch bei der Reaktion auf PISA habe ich vermisst, dass man sich erst mal zurücklehnt und Fragen stellt, z. B. ob es denn das Ziel der Schule sein könne, gut PISA-Ergebnisse zu erzeugen, ohne je gründlich diskutiert zu haben, ob PISA denn wünschenswerte Ziele evaluiere. Haben wir denn einen Konsens, wie guter Unterricht zu bestimmen sei?“

Jungs letzte Satz passt zu dem, was Knut Neumann in seinem Plenarreferat am Montag gesagt hat: „Haben wir denn einen Konsens wie guter Unterricht zu bestimmen sei?“. Den haben wir nicht, und es ist auch sicherlich schwer ihn herzustellen, aber wir könnten darüber ein wenig mehr debattieren.

Auch die Ausrichtung der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung ist etwas über das wir uns noch mehr austauschen sollten. Was sind die spezifischen Kennzeichen einer originär physik- und chemiedidaktischen Forschung? Wie ordnen wir uns in die empirische Bildungsforschung ein, ohne von der Kognitionspsychologie vereinnahmt zu werden? Im Zusammenhang damit stellen sich Fragen wie: Hat die Fachdidaktik einen Satz eigenständiger Forschungsmethoden bzw. wieweit ist sie auf dem Weg zur Entwicklung solcher Methoden? Entlehnen wir praktisch alles aus der pädagogischen Psychologie? Wie stark adaptieren wir eigentlich? Führt die Adaption zu einer eigenständigen Methodik unserer Disziplin?

Ansätze zur Diskussion gab und gibt es von Zeit zu Zeit, aber sie werden nicht intensiv und vor allem nicht kontinuierlich genug geführt. Die Frage nach eigenständigen Forschungsmethoden war z. B. ein Thema einer von Helmut Mikelskis initiierten „Zukunftswerkstatt Physik- und Chemiedidaktik“ im Rahmen der Jahrestagung 1994 in Freiburg. Diese Zukunftswerkstatt ist dann leider mehr oder weniger im Sande verlaufen. Wir könnten versuchen, auf einer Jahrestagung eine neue Zukunftswerkstatt zu starten.

Zur Fachlichkeit der Fachdidaktik haben Ilka Parchmann, Erik Starauscheck und ich vor zwei Jahren in Berlin zusammen mit einer ganzen Reihe der im Auditorium Anwesenden einen Workshop durchgeführt. Aber auch wir haben dieses Thema nicht auf der nächsten Jahrestagung fortgeführt. Somit fehlt die Kontinuität und nach meiner Ansicht auch die Leidenschaft, diese Diskussion zu führen. Ein Anstoß könnte darin bestehen, GDCP-Positionspapiere zu entwickeln. Grundsatzpapiere haben wir in den letzten Jahren in die Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) verlagert. Aber in der GFD dauern solche Prozesse manchmal sehr lange. Durch die vielen Fächer, die durch die GFD vertreten werden, ist es schwieriger als bei uns, zu konsensfähigen Statements zu gelangen. In der GFD sind *Fachgesellschaften* vertreten, während in der Gesellschaft der Didaktik der Chemie und Physik die *Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler* selbst die Debatten führen können.

So weit zu meinem ersten Wunsch nach mehr wissenschaftlichem Disput über grundsätzliche Fragen. Der zweite Wunsch, wendet sich zunächst an den wissenschaftlichen Nachwuchs: Physik- und Chemiedidaktik, so wird oft gesagt und es ist ja auch richtig, sind relativ junge Disziplinen – im Vergleich etwa mit der Chemie und der Physik. Aber immerhin, wir haben jetzt eine Tradition von etwa 50 Jahren. Es gilt inzwischen, diese Tradition aufzuarbeiten, sie zu reflektieren, um sie dann weiterentwickeln zu können. Es ist schwer, das Rad vollständig neu zu erfinden.

Deshalb wünsche ich mir vom wissenschaftlichen Nachwuchs, dass neben der Arbeit am eigenen Qualifikationsvorhaben, dem aktuellen Forschungsthema doch immer wieder darüber nachgedacht wird, was zu ähnlichen Fragen schon vor längerer Zeit geschrieben wurde. Ältere Zeitschriften gibt es oftmals nicht digital und man bekommt die Aufsätze auch nicht auf Anfrage über ResearchGate. Manchmal muss man in die Archive der Universitätsbibliothek gehen oder, wenn man Glück hat, in den Regalen der Institutsbibliothek blättern.

Und auch falls Sie aus der Rezeption älterer Arbeiten keine direkten Anregungen für die eigene Forschung bekommen sollten, so können Sie die Weiterentwicklung der Physik- und Chemiedidaktik deutlich besser einschätzen. Sonst besteht die Gefahr einer gewissen Ahistorizität unseres eigenen Tuns. Schauen Sie über den Tellerrand Ihres eigenen Themas deutlich hinaus. Durch die zeitlichen, inhaltlichen und methodischen Vorgaben gerade von Drittmittelvorhaben ist eine breite fachdidaktische Orientierung, nach meinem Eindruck, gefährdet.

Wir haben den Begriff der naturwissenschaftlichen Bildung. Ich möchte einen Begriff in die Diskussion bringen, über den es auch Wert ist, nachzudenken: Gibt es so etwas wie eine *naturwissenschaftsdidaktische Bildung*? Können wir einen Konsens darüber herstellen, was man als Nachwuchswissenschaftler oder -wissenschaftlerin an fachdidaktischem Verfügungs- und Orientierungswissen eigentlich entwickeln müsste, um fachdidaktisch kompetent handeln zu können? Für uns als Arbeitsgruppenleitende stellt sich die Frage, ob wir die Ideen- und Forschungsgeschichte der Naturwissenschaftsdidaktik, die Dietmar Höttecke in seiner Laudatio sehr treffend umrissen hat, in ausreichendem Maße in der Graduiertenausbildung thematisieren. Im Studium unserer Graduierten spielte Naturwissenschaftsdidaktik keine herausragende Rolle, anders als etwa bei Psychologen, die durchgehend *ihr* Fach – Psychologie – studieren. Daher ist das „Fach" Fachdidaktik in unser Postgraduiertenausbildung besonders bedeutsam. An vielen Standorten gibt es entsprechende Seminare für den wissenschaftlichen Nachwuchs. Typische – und zweifellos wichtige – Themen sind Grundbegriffe wie Scientific Literacy oder Kompetenz und das breite Spektrum der quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden. Wie oft aber greifen wir die Entwicklung der Physik- und Chemiedidaktik selbst in unseren Seminaren auf: Seit wann gibt es „uns" eigentlich – d. h. seit wann kann man von wissenschaftlichen Fachdidaktiken der Naturwissenschaften sprechen? Wie sind Physik- und Chemiedidaktik entstanden? Welche Themenschwerpunkte standen im Laufe der Jahrzehnte im Vordergrund? Wir vernachlässigen die Geschichte unserer eigenen Disziplin – die es inzwischen gibt. Haben wir so etwas wie eine Leseliste mit Monografien, Übersichtswerken oder „seminal papers" für ein Studium Generale der Physik- oder Chemiedidaktik? Wissen eigentlich alle jungen Kolleginnen und Kollegen noch, wer Martin Wagenschein war und worin seine zentralen Beiträge zur Naturwissenschaftsdidaktik bestehen – um eine Person beispielhaft zu nennen. Auch die Frage einer fachdidaktischen Bildung wäre ein Thema für einen Workshop auf einer der folgenden Tagungen.

Ich höre schon den Einwand: „Der hat gut reden, der muss auch nicht gerade einen neuen Forschungsantrag schreiben, der kann sich dann mit solchen Dingen beschäftigen." Ja, das stimmt. Das ist der Vorteil, wenn man in ein Alter kommt, in dem die GDCP-Ehrenmedaille in Reichweite gerät. Auch war ich in meiner Doktorandenzeit noch in einer anderen Situation, weil ich nicht unter dem Zwang stand, innerhalb von drei Jahren fertig zu werden. Ich hatte ein Jahr Zeit, bis das Promotionsthema feststand. Das sind im Vergleich zu heute andere Bedingungen. Ich nehme bei den Neuberufenen und bei den Postdocs wahr, wie sehr sie unter dem Druck stehen, den nächsten Förderantrag einzureichen. Da hat man dann nicht mehr die Ruhe und Muße, wie ich sie noch hatte. Ich bin zudem erst mit 47 Jahren auf eine Professur berufen worden und konnte mich in der Postdoc-Zeit freier entfalten. Aber ich bleibe dabei: Eine wissenschaftliche Disziplin etabliert sich wesentlich auch dadurch, dass sie sich ihre eigenen Wurzeln, ihrer Ideen- und Forschungsgeschichte gewiss ist, sie reflektiert und ihre Tradition fortentwickelt. Daher mein zweigeteilter zweiter Wunsch: Als Doktorierende über den Tellerrand des eigenen Forschungsthemas blicken und für die Doktorierendenausbildung stärker über die Elemente einer naturwissenschaftsdidaktischen Bildung nachdenken.

Aber bevor ich zu sehr ins Grundsätzliche gerate, will ich mich nochmals bedanken. Wenn ein solcher Preis verliehen wird, dann geht er immer auch an die gesamte Arbeitsgruppe. Man kann nur im Team erfolgreich sein. Und hier hatte ich besonderes Glück. Ich kann jetzt nicht alle Kolleginnen und Kollegen, Doktorandinnen und Doktoranden nennen, die über die Jahre in Bremen mit mir zusammen gearbeitet haben. Drei Personen möchte ich besonders danken: Das ist zunächst Prof. Dr. Dietmar Höttecke, der nach seiner Zeit in Oldenburg, wo er promovierte, nach Bremen gekommen war und eigene Forschungsvorhaben zur Natur der Naturwissenschaften geleitet hat. Ich habe in der Kooperation mehr gelernt, als ich selbst

einbringen konnte. Ich möchte mich bei Prof. Dr. Heike Theyßen bedanken, die in Bremen gewesen ist, bevor sie nach Dortmund und dann nach Essen berufen wurde, für die ungemein anregende Zusammenarbeit im Bereich der Messung von Experimentierfähigkeit. Und ich möchte mich bei Priv.-Doz. Dr. Christoph Kulgemeyer bedanken, der in Bremen eine eigene Arbeitsgruppe zur Professionskompetenz aufgebaut hat. Dort lerne ich methodisch immer noch vieles dazu.
Mein Dank geht an euch Drei stellvertretend für alle anderen, die mitgewirkt haben, dass ich die Chance hatte, diese Medaille zu bekommen. Dem Auditorium danke ich, dass Sie mir so geduldig zugehört haben. Abschließend nochmals mein Dank an die Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik für die hohe Auszeichnung. Ich fühle mich sehr geehrt.

Lydia Schulze Heuling Europa-Universität Flensburg

Bericht von der Schwerpunkttagung „Inklusion“

Vom 8. bis 10. Juni 2017 fand die Schwerpunkttagung der GDCP rund um das Thema „Inklusion“ in Flensburg statt. Ungefähr 20 Kolleginnen und Kollegen aus dem Bundesgebiet fanden sich zu diesem Anlass in Flensburg ein.

Format und Ablauf

Die Tagung fand als open space Konferenz statt. Diese Methode ermöglicht unter einem Leitthema spezielle Aspekte detaillierter in Kleingruppen zu strukturieren, diskutieren und elaborieren. Diese Konferenzmethode eignet sich insbesondere für kollektive Prozesse, die durchlässig, interaktiv, partizipativ und kommunikativ ablaufen und Austausch fördern sollen.

Im Falle des vorliegenden Leitthemas „Inklusion“ ist das Format geradezu prädestiniert. Zum einen, weil der Forschungsstand vor allem in den Bereichen Theoriebildung und empirische Evaluation derzeit eher als fragmentiert bezeichnet werden kann; zum anderen, weil die Praxis in Schulen und auch Hochschulen immer drängender und dringender, einen gemeinsamen Diskurs und Forschungsleistungen einfordert. Dementsprechend, und auch den Leitgedanken der Inklusion folgend, stehen bei der open space Konferenz Kooperation und Partizipation im Vordergrund.

Inklusion als Leitthema (*umbrella theme*) gab den inhaltlichen Rahmen vor. Die spezifischeren Themen, die bearbeitet werden, werden jedoch zu Beginn der Konferenz von allen gemeinsam in einem moderierten Prozess gestaltet. Auf diese Weise arbeiten alle Teilnehmenden personen- und themenzentriert und finden gleichzeitig optimale Bedingungen die eigenen Kompetenzen zum inklusiven Lernen und Lehren von Chemie und Physik einzubringen.

Die Dauer einer Arbeitsphase erstreckte sich über einen halben Tag, inklusive Pausen (Abbildung 3). Insgesamt standen drei halbe Tage für diese Arbeit in den thematischen Gruppen (die ich in Anlehnung an die Laborschule Bielefeld „Waben“ genannt habe) zur Verfügung.

Jeder Wabe standen für den Arbeitsprozess und die Dokumentation ein Moderationskoffer und Stellwände zur Verfügung. Am Ende des dritten Tagungstages stellten die Waben ihr Thema und ihre Dokumentation im Plenum vor.

Da beim Thema Inklusion selten Angehörige der Zielgruppen, die es zu inkludieren gilt, zu Wort kommen, gab es vor der eigentlichen Tagung einen Workshop, der für die Situation gehörloser bzw. hörgeschädigter Menschen sensibilisierte (Abbildungen 1 und 2).

Themen
Die Themen, die in den Waben diskutiert wurden, erstreckten sich über schulstrukturelle Aspekte über Unterrichtsgestaltung und hochschuldidaktische Fragen bis hin zu forschungsmethodischen Ansätzen in inklusiven Kontexten.

Organisationsstrukturelle Fragen und die Zusammenarbeit aller Akteurinnen und Akteure einer Schule waren das Ausgangsthema der *Wabe 1*. Insbesondere diskutierten die Beteiligten die Voraussetzungen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten sogenannter multiprofessioneller Teams in Schulen.

Eine große Anzahl Themen drehte sich um Fragen der Unterrichtsgestaltung. Diese Arbeitsgruppen hatten bisweilen sehr konkrete Ausrichtungen. Andere Gruppen diskutierten eher konzeptionell und gingen Gedankengängen kollektiv nach. *Wabe 2* verglich die Ansätze bzw. Desiderate von differenzierendem und inkludierendem sowie themenzentriertem Unterricht und diskutierte Schnittmengen und Konsequenzen für die schulische Praxis.

Welche Transformationsprozesse hin zu einem inklusiven Unterricht notwendig sind und wie diese gestaltet werden können war Thema der *dritten Wabe*. Welche Gründe zum Misslingen inklusiven Unterrichts führen können nahm *Wabe 4* näher unter die Lupe. *Wabe 5* setzte sich mit Zusammenhängen von Sprache und Inklusion auseinander und *Wabe 6* vertiefte und konkretisierte das Thema Experimentieren im Physik- und Chemieunterricht.

Die Situation und Desiderate der ersten und zweiten Phase der Lehrkräfteausbildung war inhaltlicher Gegenstand von *Wabe 7*. Eingängig wurden Differenzen der Länderpolitik, aber auch Potentiale und Formate von Fortbildungsmaßnahmen für aktive Lehrkräfte diskutiert.

Was eine inklusive fachdidaktische Forschung ausmacht, welche methodischen Herausforderungen und inhaltlichen Desiderate bestehen – damit beschäftige sich die *achte Wabe* eingehend.

Die ausführliche Inhalts- und Ergebnisdokumentation der Schwerpunkttagung wird in Kürze in der Reihe *Flensburg Studies on Inclusion and Diversity in Science and Technology Education* erscheinen.

Resümee und Ausblick
Die Rückmeldungen der Tagungsteilnehmenden waren ausgesprochen positiv. Der Auftaktworkshop, das open space Format und die heterogene Zusammensetzung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sorgten dafür, dass ein intensiver und fundierter Austausch stattfand. Da Akteurinnen bzw. Akteure aus beiden Phasen der Lehramtsausbildung als auch aktive Lehrkräfte bei der Konferenz vertreten waren, wurden die Themen facettenreich diskutiert und Informationen aus erster Hand ausgetauscht.

Nach drei intensiven Arbeitstagen stellten alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer fest, dass die Konferenz einen intensiven und bereichernden Austausch initiiert hatte, den sich alle fortzusetzen wünschten. Aus diesem Grund wird im kommenden Jahr die 3. Flensburger Tagung zum Schwerpunktthema Inklusion und Diversität vom 13. bis 15. September 2018 stattfinden.

Abb.1, Konferenzteilnehmede erhalten einen Einblick in die Welt gehörloser Menschen. Beispielsweise wie es ist, in Gebärdensprache zu applaudieren – nämlich ganz still. (Bild: Ruben M. Holländer)

Abb.2, Bettina Kokoschka (mitte) und Ute (Billa) Schmitz (vorne links) leiteten den Workshop zur Sensibilisierung für die Lebenswelt gehörloser und hörgeschädigter Menschen. (Bild: Ruben M. Holländer)

Abb.3, Arbeitsphase in einer thematischen Gruppe (Wabe). Am linken Rand ist angeschnitten eine andere Arbeitsgruppe zu sehen.

Christoph Kulgemeyer[1] [1]Universität Bremen
Andreas Borowski[2] [2]Universität Potsdam
Josef Riese[3] [3]RWTH Aachen
Nico Schreiber[4] [4]Universität Duisburg-Essen
Christoph Vogelsang[5] [5]Universität Paderborn

Performanztests in der naturwissenschaftlichen Lehrerbildung

In den letzten Jahren wurden sogenannte Performanztests in der empirischen Lehr-Lern-Forschung entwickelt. Die Bedeutung solcher Testformate für die Naturwissenschaftsdidaktik wurde in einem Workshop diskutiert.

Wissen und Handeln von Lehrkräften: ein Messproblem

Die Forschung zum professionellen Wissen von Lehrkräften hat in der Naturwissenschaftsdidaktik eine lange Tradition. Im Anschluss an Shulmans (1986) Überlegungen zur Struktur von Professionswissen hat sich die Forschung auf die drei Bereiche Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen konzentriert. Es zeigte sich, dass es gelingt, Tests zur Erfassung des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens zu entwickeln, die hohe Standards curricularer Validität erfüllen und dazu dienen können, mindestens in quasi-längsschnittlichen Designs Wissenszuwächse transparent zu machen. Studierende am Ende des Studiums schneiden in solchen Tests z.B. besser ab als Studierende der Anfangssemester (Riese & Reinhold, 2012). Curriculare Validität ist ein geeigneter Bezugspunkt um Wissensentwicklungen in der Lehrerbildung transparent zu machen. Es ist jedoch eine offene Frage, ob die Inhalte dieser Tests tatsächlich auch bestimmend für qualitativ hochwertiges Handeln im Lehrerberuf sind (Vogelsang & Reinhold, 2013). Dies ist aus zweierlei Gründen ein bedeutendes Forschungsdesiderat.

1. Zum einen ist es für evidenzgestützte Lehrerbildung essentiell, zu verstehen, ob und welche der traditionellen Inhalte z.B. der Fachdidaktikseminare für das berufliche Handeln relevantes Wissen darstellen. Eine empirische Disziplin wie die Physikdidaktik kann sich bei der Rechtfertigung ihrer Ausbildungsinhalte nicht mit tradiertem Wissen begnügen.
2. Zum anderen wird professionelles Wissen darüber konzeptualisiert, ob es dazu nützt, eine Profession auszuüben oder darüber zu kommunizieren. Kann der Nachweis dieses Zusammenhangs nicht gelingen, so wäre z.B. fachdidaktisches Wissen kein Professionswissen – es müsste nach anderen Ressourcen für qualitätsvolles Handeln geforscht werden.

In den letzten Jahren ist in einigen groß angelegten Forschungsvorhaben versucht worden, den Nachweis des Einflusses von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen auf Unterrichtshandeln zu führen. Die Ergebnisse sind jedoch uneinheitlich. Die COACTIV-Studie (Competence of Teachers, Cognitively Activating Instruction and Development of Students' Mathematical Literacy) beschreibt einen durch das fachdidaktische Wissen mediierten Einfluss des Fachwissens auf kognitiv aktivierenden Unterricht (Baumert et al., 2010). ProwiN (Professionswissen in den Naturwissenschaften) konnte weder eine Korrelation von Fachwissen noch von fachdidaktischem Wissen und kognitiv anregendem Unterricht nachweisen (Cauet et al., 2015). Im Kontext von QuiP (Quality of Instruction in Physics) hingegen wurde zumindest eine geringe positive Korrelation zwischen fachdidaktischem Wissen und Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler beschrieben (Ergönenc, Neumann & Fischer, 2014). In all diesen Studien wurde auf die curriculare Validität der eingesetzten Tests zum Professionswissen geachtet. Die Ergebnisse dürfen

jedoch nicht so interpretiert werden, dass Professionswissen, wie es in der Lehrerausbildung vermittelt wird, einen unklaren Einfluss auf Lehrerhandeln hat. Es ist vielmehr möglich, dass Einschränkungen im Studiendesign dazu führen, dass der Einfluss nicht dargestellt werden kann. In diesen Studien wurde Unterrichtsqualität durch Auswertungen von Videobeobachtungen, Ratings von Schülerinnen und Schülern oder die Analyse von Lernaufgaben realer Unterrichtsstunden gemessen. Kulgemeyer und Schecker (2017) betonen, dass jede Unterrichtsstunde Rahmenbedingungen unterworfen ist, die es teilweise unmöglich machen, dass Professionswissen zu qualitativ hochwertigem Unterricht führt. Eine Klasse ist ein komplexes soziales Gefüge: wenn z.B. Konflikte zwischen Schülerinnen und Schülern die Arbeit am Inhalt unmöglich machen, ist es für eine Lehrkraft schwierig hochqualitativen Unterricht durchzuführen, selbst wenn sie es potentiell beherrscht. Umgekehrt gibt es sicher auch Lerngruppen, mit denen auch eine Lehrkraft mit niedrigem Professionswissen in einzelnen Stunden große Fortschritte machen kann. Man kann eine ganze Reihe an solchen Rahmenbedingungen finden, die die Unterrichtsqualität stark beeinflussen. Nimmt man diese Rahmenbedingungen als zufällig an, müsste man eine große Anzahl an Stunden videographieren und auswerten, bis der evtl. kleine Effekt des Professionswissens auf Unterrichtsqualität zutage tritt. Dies ist wegen des Aufwands, den die Auswertung ganzer Stunden mit sich bringt, selbst in großen Projekten nicht möglich.

Performanztests: eine begriffliche Klärung

Performanztests stellen eine Alternative dar, die helfen könnte, den Nachweis des Einflusses von Professionswissen auf Handlungsqualität beim Unterrichten zu führen. Mit Performanztests gemeint sind dabei Verfahren, bei denen Unterrichtshandlungen unter standardisierten Rahmenbedingungen simuliert werden. Ein Beispiel dafür ist der Test von Kulgemeyer und Tomszyszyn (2015), in dem Handlungsqualität beim Erklären gemessen wird. Darin erklären angehende Lehrkräfte in einer dialogischen Situation einem Schüler unter standardisierten Bedingungen ein physikalisches Phänomen: das Thema und mögliche Darstellungsformen werden gestellt, die Zeit ist auf 10 Minuten begrenzt und der Schüler ist darauf trainiert, Fragen zu stellen, die die Erklärfähigkeit herausfordern (z.B. „Gibt es dafür auch ein Beispiel?“). Diese Situationen werden videographiert und kategorienbasiert ausgewertet. Durch die Standardisierung der Situation wird eine Vielzahl der Rahmenbedingungen konstant gehalten, die es bei der Videobeobachtung einer Unterrichtsstunde erschweren, den Effekt des Einflusses von Professionswissen auf das Unterrichtshandeln nachzuweisen. Zudem kann der Test schneller analysiert werden als ganze Stunden und dadurch mit einer höheren Anzahl an Probanden durchgeführt werden.

In Anlehnung an Miller (1990) kann man allgemein vier Testformate unterscheiden, die beim Erfassen beruflicher Fähigkeiten zum Einsatz kommen können: schriftliche Tests des deklarativen Wissens, schriftliche Kompetenztests, Performanztests und die Beobachtungen freien beruflichen Handelns. In einem schriftlichen Kompetenztest wird die Anwendung von Wissen beim Lösen beruflicher Probleme gemessen; der Begriff „Kompetenz“ bezieht sich auf das zu testende Konstrukt. Das Testformat ist ein schriftlicher Paper-and-pencil-Test. Dies ist beim Begriff „Performanztest“ grundlegend anders: hier ist mit dem Betonen der „Performanz“ die Handlungsnähe des Testverfahrens gemeint – also das Testformat, nicht das zu testende Konstrukt. Kompetenz kann verstanden werden als (latentes) Konstrukt, das man nur in der (manifesten) Performanz beobachten kann. Die Performanz bei Kompetenztests ist das beobachtbare Verhalten beim Lösen des Tests. In Performanztests ist die Performanz näher am freien beruflichen Handeln: beim Erklärtest zum Beispiel ist das Handeln beim Erklären gemeint. Die Authentizität der simulierten Handlung ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal eines Performanztests. Ausgewertet wird in Performanztests die Handlungsqualität – ob diese ein Maß für Kompetenz ist, kann diskutiert werden.

Kompetenz befähigt zum erfolgreichen Handeln in *verschiedenen* Situationen. In Performanztests wird nur *eine Situation* des beruflichen Handelns simuliert. In Bezug auf Lehrerbildung kann man Fachwissen und fachdidaktisches Wissens als zentrale Elemente professioneller Handlungskompetenz formulieren: sie befähigen dann zum hochqualitativen Handeln in verschiedenen beruflichen Situationen, vom Anleiten von Schülerexperimenten bis hin zum Erklären. Aus der Handlungsqualität beim Erklären allein sollte nicht auf Fachwissen und fachdidaktisches Wissen zurückgeschlossen werden.

„Objective Structured Clinical Examinations" als Alternative für die Lehrerbildung?
Eine lange Tradition haben Performanztests in der Ausbildung von Medizinern (Harden et al., 1975). Einen hohen Verbreitungsgrad haben dabei Serien kurzer Performanztests, sogenannte „Objective Structured Clinical Examinations (OSCE)". Simuliert werden dabei verschiedene Situationen des beruflichen Handelns, bei angehenden Ärzten z.B. Untersuchungen des Bauchraums oder das Aufnehmen einer Anamnese (Rochelson et al., 1985). Wesentlicher Bestandteil sind oftmals „standardized patients", also Patientendarsteller, die mit einer gewissen Rollenbeschreibung reproduzierbares und standardisiertes Verhalten zeigen. Dies ist sehr ähnlich zu den standardisierten Schülern, die im Test von Kulgemeyer & Tomczyszyn (2015) den Kern darstellen. Angehende Ärzte durchlaufen in einer OSCE nacheinander mehrere Stationen mit Performanztests, jede dauert etwa zwischen 5 und 15 Minuten. Ausgewertet wird in OSCEs allerdings in der Regel kein Video, sondern es befinden sich ein oder zwei Rater direkt an einer Station. Es zeigt sich, dass mit geeigneten Scoring Sheets hohe Standards der Testgüte erreicht werden können (z.B. Walters, Osborn & Raven, 2005). Es erscheint vielversprechend, dass auch für die Lehrerbildung eine solche Serie an Performanztests einen wertvollen Beitrag dazu leisten kann, den Zusammenhang von Wissen und Handeln zu untersuchen. Wenn es gelingt, eine Serie an authentischen Handlungssituationen zu konstruieren, die Standardsituationen des Lehrerhandelns repräsentieren, kann professionelle Handlungskompetenz in verschiedenen wichtigen Situationen in der Performanz beobachtet werden. Echte Rückschlüsse auf zugrundeliegende Kompetenz werden dadurch möglich. Das Projekt ProfiLe-P+ arbeitet daran, indem über den Erklärtest hinaus Performanztests für die Planung und die Reflexion von Unterricht entwickelt werden (siehe u.a. Beitrag von Vogelsang et al. in diesem Band).

Wesentliche Nachteile sind ein immer noch hoher Aufwand in der Durchführung und Auswertung im Vergleich mit schriftlichen Testverfahren sowie die Zergliederung des Lehrerhandelns in einzelne Standardsituationen. Um dem hohen Testaufwand zu begegnen, versuchen beispielsweise Bartels und Kulgemeyer (2016) Handlungssituationen beim Erklären in einem Onlinetest zu simulieren und mit geschlossenen Aufgaben zu erheben, die ihre Distraktoren und Attraktoren aus realem Verhalten beim freien Handeln gewonnen haben. Möglicherweise geht durch die Zergliederung in Standardsituationen allerding ein holistischer Blick auf das Lehrerhandeln verloren: Performanztests – auch als Serie – können deshalb nur Ergänzung von Videostudien sein, die komplette Unterrichtsstunde analysieren (Kulgemeyer & Schecker, 2017). Eine könnten evtl. Lehr-Lern-Labore sein. Korneck, Krüger und Szogs (2017) beschreiben zum Beispiel Microteaching-Lehrveranstaltungen, in denen in zwölfminütigen Unterrichtsminiaturen Unterricht in verschiedenen Phasen geleistet und analysiert wird. Wegen der hohen Relevanz der Frage, ob in der Ausbildung zur Physiklehrkraft vermitteltes Wissen tatsächlich bei der Bewältigung beruflicher Handlungssituationen hilft, erscheint es sinnvoll zu sein, verschiedene Wege zu gehen: von Videostudien über Unterrichtsminiaturen über Performanztests. Insbesondere wenn sich in verschiedenen Verfahren dieselben Facetten der Ausbildungsinhalte als relevant erwiesen, wäre dies ein besonders überzeugendes Argument.

Im Workshop wurde deutlich, dass die Teilnehmenden Performanztests generell als Format begrüßen, aber die simulierten Situationen möglicherweise eher als Lerngelegenheiten als nutzen wollen. Ein möglicher nächster Schritt wäre das Spezifizieren von „Standardsituationen des Physikunterrichts“, die als Performanztests nachgestellt werden.

Literatur

Bartels, H. & Kulgemeyer, C. (2016). Entwicklung eines computerbasierten Testinstruments für Erklärfähigkeit. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG Frühjahrstagung*.

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y. M. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 133–180.

Cauet, E., Liepertz, S., Kirschner, S., Borowski, A., & Fischer, H. E. (2015). Does it Matter What We Measure? Domain-specific Professional Knowledge of Physics Teachers. *Revue suisse des sciences de l'éducation, 37*(3), 462–479.

Ergönenc, J., Neumann, K. & Fischer, H. (2014). The Impact of Pedagogical Content Knowledge on Cognitive Activation and Student Learning. In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland* (pp. 145–160). Münster: Waxmann.

Harden, R., Stevenson, M., Wilson, W. & G, W. (1975). Assessment of Clinical Competence using Objective Structured Examination. *British Medical Journal*, 1, 447–451.

Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzegungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (pp. 77-96). Berlin: Logos.

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

Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2017). Handlungsqualität beim Erklären von Physik: Performanztests in der Lehrerbildung. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (pp. 97-112). Berlin: Logos.

Miller, G. (1990). The Assessment of Clinical Skills / Competence / Performance. *Journal of the Association of American Medical Colleges*, *65*(9), 63–67.

Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenzn angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen – Empirische Hinweise für eine Verbesserung des Lehramtsstudiums. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft,* 15,, S. 111-143.

Rochelson, B., Baker, D., Mann, W., Monheit, A. & Stone, M. (1985). Use of male and female professional patient teams in teaching physical examination of the genitalia. *The Journal of Reproductive Medicine*, 30(11), 864–866.

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

Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2013). Zur Handlungsvalidiät von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 19*, 129-157.

Walters, K., Osborn, D. & Raven, P. (2005). The development, validity and reliability of a multimodality objective structured clinical examination in psychiatry. *Medical Education*, 39, 292–298.

Martin Hopf[1] [1]Universität Wien
Thomas Wilhelm[2] [2]Goethe-Universität Frankfurt am Main
Claudia Haagen-Schützenhöfer[3] [3]Karl-Franzens-Universität Graz
Verena Spatz[4] [4]TU Darmstadt

Workshop „Lehrerzeitschrift Physikdidaktik“

Hintergrund
Seit mehr als hundert Jahren gibt es für Physiklehrkräfte physikdidaktische Zeitschriften, die auch unterrichtspraktische Vorschläge machen. Die Schwerpunkte der Zeitschriften waren dabei verschieden.

Eine Liste solcher deutschsprachigen Zeitschriften enthält mindestens folgende Zeitschriften:

- Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (1870-1942)
- Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht / MNUjournal (seit 1948)
- Physik in der Schule (1963 - 2000)
- Der Physikunterricht (1967-1984)
- Praxis der Naturwissenschaften (1969-2017)
- Naturwissenschaften im Unterricht (seit 1970)
- Physik und Didaktik (1973-1994)
- Soznat (1978-1995)
- Physica Didactica (1979 - 1991)
- Plus Lucis (seit 1993)

Im Jahr 1980 gab es also gleichzeitig acht verschiedene Zeitschriften. Von den zehn aufgelisteten Zeitschriften existieren heute aber nur noch drei: „MNUjournal“ (Vereinszeitschrift, nicht kommerziell), „Naturwissenschaften im Unterricht“ (Friedrich-Verlag, kommerziell) und „Plus Lucis“ (Vereinszeitschrift, nicht kommerziell). Die starke Abnahme hat sicherlich mehrere Gründe. Ein Grund sind die kommerziellen Interessen der Verlage bei sinkenden Abonnentenzahlen. Durch die Einstellung der Lehrerzeitschrift „Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule“ ist eine große Lücke im Bereich der physikdidaktischen, unterrichtspraktischen Zeitschriften entstanden. Durch die noch bestehenden Zeitschriften wird vor allem der gymnasiale Bereich des Physikunterrichts in der Sekundarstufe II unzureichend abgedeckt. Beim „MNUjournal“ kann die Physik nur einen kleinen Anteil ausmachen, die „Naturwissenschaften im Unterricht“ hat als Zielrichtung Realschullehrkräfte in der Sekundarstufe I und die „Plus Lucis“ ist außerhalb von Österreich wenig bekannt. Zudem besteht die Gefahr, dass eines Tages auch die „Naturwissenschaften im Unterricht“ aufgrund wirtschaftlicher Gründe eingestellt wird.

Früher wurden Beiträge für diese Zeitschriften hauptsächlich von Lehrkräften geschrieben. Diese haben von Unterrichtsideen berichtet, neue Experimente beschrieben und neue Themen für den Unterricht aufgearbeitet. Auch PhysikdidaktikerInnen und z.T. PhysikerInnen aus den Universitäten verfassten Artikel. Heute liegt die Autorenschaft hauptsächlich in den Händen von PhysikdidaktikerInnen und nur manchmal sind Lehrkräfte tätig. PhysikerInnen aus den Universitäten sind nur selten und nur nach direkter Aufforderung aktiv. Für die Herausgebenden der Zeitschriften ist es schwierig, stets genügend engagierte Personen zu finden, die bereit sind, an der Gestaltung der Zeitschriften mitzuwirken.

Physikdidaktische Zeitschriften sind allerdings wichtig, da sie zur Weiterentwicklung des Physikunterrichts beitragen können, Ideen, Einsichten und Erkenntnissen so in einer Community von Lehrkräften und FachdidaktikerInnen ausgetauscht werden können und damit gegenseitig Hilfe und Unterstützung gegeben werden kann. Somit kommt die Fachdidaktik auch einem ggesellschaftlichen Auftrag nach und die Verbindung von Universität und Schulpraxis wird gestärkt. Für die Fachdidaktik ergibt sich außerdem die Möglichkeit, aktuelle Entwicklungen und Erkenntnisse zu publizieren und zu verbreiten.

In dem Workshop sollte darüber diskutiert werden, wie eine physikdidaktische Zeitschrift für Lehrkräfte in Zukunft konzipiert sein sollte und welche Themenbereiche und Schwerpunkte sie setzen sollte. Dabei sollten grundsätzliche Überlegungen getroffen werden, die für alle Lehrerzeitschriften gültig sind. Zusätzlich konnte diskutiert werden, wie eine evtl. neue Zeitschrift sein muss und wie die physikdidaktische Community zu einem Erfolg einer solchen Zeitschrift beitragen kann.

Gruppe 1: Interessen der Fachdidaktik
In der ersten Diskussionsgruppe bestand Einigkeit darüber, dass unterrichtspraktische Zeitschriften einen wichtigen Zweck erfüllen, dass aber gleichzeitig eine Herausforderung darin besteht, auch Hochschulleitungen und die Scientific Community von dieser Wichtigkeit zu überzeugen. In der Gruppe wurde das (auch) als Aufgabe der HochschullehrerInnen angesehen.

Die Gruppe war der Meinung, dass eine Neugründung einer Zeitschrift relativ wenig aussichtsreich ist und es stattdessen sinnvoller wäre, die bestehenden Zeitschriften auszubauen oder weiter zu entwickeln. Dabei wurde es als notwendig erachtet, dass neuartige Formate entwickelt werden könnten, die besser zu den Bedürfnissen universitärer Fachdidaktik passen könnten, also z.B. die Prüfung der Möglichkeit referierter Publikationen. Als Idee wurde vorgeschlagen, eine Rubrik zu schaffen, in der auf ein bis zwei Druckseiten die unterrichtlich relevanten Ergebnisse je einer Forschungsarbeit präsentiert werden könnte.

Es bestand Einigkeit, dass es sinnvoll sei, Kontakt zu den bestehenden Zeitschriften aufzunehmen und gemeinsam mögliche Entwicklungen zu diskutieren.

Gruppe 2: Anreiz- und Unterstützungsmaßnahmen sowie mögliche Rubkriken
In der zweiten Arbeitsgruppe wurde diskutiert, durch welche Anreiz- und Unterstützungsmaßnahmen mögliche Hürden für die Mitarbeit von PhysikdidaktikerInnen und insbesondere von Lehrkräften abgebaut werden können. Auf struktureller Ebene wurde hier vorgeschlagen, bestehende Netzwerke (z.B. der MINT-EC Schulen) zu nutzen. So könnte darauf hingewirkt werden, dass die Mitarbeit an unterrichtspraktischen Zeitschriften mit Bezug zu den naturwissenschaftlichen Fächern in den Zertifizierungsprozess einfließt. Auch die Auslobung eines Preises als Anerkennung für besonders gelungene Zeitschriftenartikel wurde ins Gespräch gebracht. Hinsichtlich der inhaltlichen Gestaltung wurde angeregt, die starke Einschränkung durch Themenhefte zu überdenken. Als Alternative wurde eine Strukturierung der Zeitschrift in Rubriken angedacht, um eine größere Offenheit und Flexibilität zu ermöglichen. Eingereichte Beiträge müssten sich dann einer der angebotenen Rubriken zuordnen lassen. In diesem Zusammenhang wurde außerdem eine Vielzahl an konkreten Vorschlägen für möglich neue Rubriken in die Diskussion eingebracht:

- *Physikdidaktische Landkarte* – Die Arbeitsgruppen der Physikdidaktik der einzelnen Standorte stellen sich mit ihren Arbeits- und Forschungsgebieten vor. Hier sollte auch die Relevanz der Themenschwerpunkte für die Schulpraxis deutlich werden.

- *Physikalische Anekdoten* – Historische oder aktuelle Begebenheiten aus dem Alltag physikalischer Forschung werden unter Berücksichtigung ihrer Anbindung an Inhalte der Curricula in Erzählform geschildert.
- *Newcomer der Physikdidaktik* – Besonders ausgezeichnete Studierende des Lehramtes Physik stellen die Ergebnisse ihrer unterrichtsrelevanten Studienabschlussarbeiten aus der Fachdidaktik vor. Hier soll es einerseits darum gehen, die Arbeiten zu würdigen und einem breiteren Publikum zugänglich zu machen. Andererseits werden künftige Lehrkräfte bzw. PhysikdidaktikerInnen an die Mitarbeit bei Zeitschriften herangeführt.
- *Neulich im Unterricht* – Lehrkräfte berichten von Situationen ihres eigenen Unterrichts, in denen Präkonzepte von SchülerInnen deutlich wurden. Interessant wäre hier eine Darstellung in drei Schritten nach dem Schema „beschreiben, erklären und bewerten" der Situation.
- *Unterrichtseinstiege* – Lehrkräfte teilen gelungene Unterrichtseinstige im Sinne von Best Practice Beispielen zu bestimmten Themenfeldern mit ihren FachkollegInnen.
- *Kompetenzkolumne* – Einzelne kleine Bausteine, insbesondere zur Förderung der Kommunikations- und Bewertungskompetenz, die als abgeschlossene Elemente in den Unterrichtsverlauf integrierbar sind, werden mit den zugehörigen Materialien zur eigenen Verwendung angeboten.
- *Trends im Physikunterricht* – Zur Nutzung von modernen Medien (z.B. Tablets, Smartphones, Activity Watches, …) sowie von neuer Technik (z.B. 3D-Drucker) für den Physikunterricht werden Ideen gesammelt und dargestellt.
- *Physikdidaktisches Forschungsreview* – Aktuelle Artikel aus internationalen Physics-Education-Research Journalen werden mit Blick darauf, welche Ergebnisse für die tägliche pädagogische Arbeit von Lehrkräften wichtig sind, aufgearbeitet.
- *Besprechung zu Unterrichtsmaterial* – Ähnlich einer Besprechung von Fachbüchern könnten auch neu erschienene Lehrwerke, Unterrichtsmaterialien und/oder Experimentierkoffer mit ihren Vorzügen und Schwächen in einem Review einer konstruktiven Kritik unterzogen werden.

Gruppe 3: Anforderungen an eine Zeitschrift

In der dritten Diskussionsgruppe bestand Einmütigkeit darin, dass es in Deutschland einen echten Bedarf für eine Zeitschrift in der Art der früheren „Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule" gibt. Eine solche Zeitschrift sollte eine klare gymnasiale Ausrichtung haben, d.h. für die Sekundarstufe II und eine anspruchsvolle Sekundarstufe I stehen. Eine solche Zeitschrift soll u.a. Anregungen für neue Experimente geben und fachliche Elementarisierungen neuer fachlicher Forschung liefern. Auch fachdidaktische Forschungsergebnisse sollten hier – aufgearbeitet für Lehrkräfte – dargestellt werden. Dazu gehören auch entsprechende Unterrichtsmaterialien und Arbeitsblätter als Kopiervorlage. Dabei darf diese Zeitschrift keine Konkurrenz zur „Naturwissenschaft im Unterricht" sein, die eher Realschullehrkräfte und die Sekundarstufe I im Blick hat und stärker das methodische Vorgehen.

Außerdem gab es Einmütigkeit, dass eine solche Zeitschrift heute online vorliegen muss, wobei klar erkennbar sein muss, dass es sich um eine Zeitschrift handelt. Das bedeutet, dass alle Artikel genauso formatiert sein müssen und klar einer bestimmten Ausgabe der Zeitschrift zuordenbar sein müssen. Außerdem muss der Herausgeber bzw. die Herausgeberein des entsprechenden Heftes klar erkennbar sein. Für die Schule ist es aber auch wichtig, etwas Gedrucktes im Lehrerzimmer zu haben. Dies kann die gesamte Zeitschrift sein oder nur eine Abstractsammlung mit Angabe der entsprechenden Links. Des Weiteren muss die Zeitschrift zitierbar sein.

Keine Einmütigkeit wurde in der Frage gefunden, ob eine physikdidaktische Lehrerzeitschrift aus Themenheften bestehen soll oder aus verschiedensten Einzelartikeln. Während es Hefte mit unabhängigen Einzelartikeln potenziellen AutorInnen leichter machen, etwas einzureichen, waren die meisten Diskutanten der Meinung, dass die Vorteile von Themenheften überwiegen.

Unterschiedliche Meinungen gab es auch zur Frage, ob es in einer solchen Zeitschrift auch peer-reviewte Artikel neben nicht peer-reviewten Artikeln geben sollte. Dabei wurde aber klar, dass ein Review durch die Herausgebenden eine bessere Art der Qualitätssicherung ist, da es in einem klassischen Review-Verfahren meist wenig konkrete Verbesserungsvorschläge gibt, während Herausgebende stärker in den Text eingreifen und ihn notfalls auch mehrfach überarbeiten lassen, bis er passt.

Um die Erstellung einer Zeitschrift kostengünstig zu gestalten, sollten für Autorschaft keine Honorare gezahlt werden und die Verantwortung für die Rechte und die Qualität der Abbildungen an die AutorInnen gegeben werden. Des Weiteren muss eine finanzielle Unterstützung durch die Fachverbände oder durch Stiftungen oder durch die physikdidaktischen Arbeitsgruppen/ Lehrstühle/ Institute erfolgen. Um das Layout kostengünstig hinzubekommen, wurde vorgeschlagen, ein Stylesheet für LaTex zu erstellen, so dass auch ein Studierender einen eingereichten Artikel damit leicht formatieren kann. Dennoch ist es wichtig, dass die Zeitschrift nicht völlig kostenfrei ist, sondern eine geringe Gebühr verlangt.

Es entstand die Idee, dass die GDCP eine solche nicht-kommerzielle Zeitschrift herausgeben könnte und sich darum auch die Geschäftsstelle kümmern könnte, was insbesondere auch der GDCP-Vorstandssprecher favorisierte. Ein Herausgeber der „Naturwissenschaften im Unterricht“ müsste hier mitarbeiten, um sicherzustellen, dass sich die Zeitschriften keine Konkurrenz machen. Letztlich sah die Gruppe nur zwei Möglichkeiten für die Zukunft: Entweder eine Anbindung einer neuen Zeitschrift an die GDCP oder eine Ausweitung und Bekanntmachung der „Plus Lucis“ in Deutschland und der Schweiz.

Weitere Schritte nach dem Workshop

Am Ende des Workshops wurden weitere Schritte vereinbart, die auch zeitnah umgesetzt wurden:

- Karsten Rincke hat die Idee, eine Zeitschrift unter Beteiligung oder in der Verantwortung der GDCP herauszugeben, noch auf der Tagung im Vorstand diskutiert. Dort wurde jedoch die Einschätzung geäußert, dass ein Engagement der Fachgesellschaft (insbesondere in finanzieller Hinsicht) keine mehrheitliche Unterstützung finden werde, da die GDCP sowohl die Didaktik der Chemie als auch der Physik vertritt. Für das Fach Chemie scheint eine Lösung (zumindest einstweilen) gefunden, sodass die Herausgabe einer Zeitschrift für das Fach Physik als einseitiges Engagement empfunden werde.
- Thomas Wilhelm hat eruiert, wer an einer Zeitschrift (neue Zeitschrift oder „Plus Lucis“) als HerausgeberIn mitarbeiten will, d.h. einen Blick für das Ganze hat und bereit ist, alle ein bis zwei Jahre ein Heft herauszugeben. Dafür gibt es wenige InteressentInnen.
- Der Vorstand der „Plus Lucis“ wurde aufgefordert zu sagen, wie viele Hefte sie pro Jahr machen kann und ob es möglich ist, die Zeitschrift zu abonnieren, ohne Vereinsmitglied zu werden.

Marvin Krüger
Friederike Korneck
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Professionelle Wahrnehmung im Chemie- und Physikunterricht Gemeinsamkeiten und Unterschiede aktueller Forschungsvorhaben

Eine lernrelevante Situation im Unterrichtsgeschehen wahrzunehmen, d. h. zu erkennen, zu interpretieren und ggf. alternative Handlungsoptionen zu generieren, ist eine bedeutsame Fähigkeit, die es in der Lehrerbildung zu schulen gilt, um angehende Lehrkräfte auf die Anforderungen des Unterrichts und seine Komplexität vorzubereiten (Steffensky & Kleinknecht, 2016). Die Untersuchung solcher Fähigkeiten ist deshalb in den letzten Jahren in den Fokus bildungswissenschaftlicher und fachdidaktischer Forschung gerückt und wurde durch die Qualitätsoffensive Lehrerbildung noch einmal zusätzlich vorangetrieben.
Dieser Beitrag stellt aktuelle Forschungsvorhaben zum Thema professionelle Wahrnehmung aus den Reihen der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik zusammenfassend dar, beleuchtet Gemeinsamkeiten und Unterschiede und greift dabei Diskussionen auf, die im Rahmen des Symposiums „Professionelle Wahrnehmung“ angeregt wurden.
Das Symposium stellte mit den Beiträgen von Benjamin Tempel (Tempel, Wilhelm & Rehm, 2017), Carina Wöhlke (Wöhlke & Höttecke, in diesem Band) und Marvin Krüger (Krüger, Szogs & Korneck, in diesem Band) drei dieser aktuellen Projekte dar.

Seite 3 dieses Beitrages bietet eine tabellarische Übersicht aller berücksichtigten Projekte und der dazugehörigen, nachfolgendend wiederkehrend zum Verweis genutzten Indizes [a] bis [f].

Konzeptualisierung
In einem Kontinuum zwischen Disposition, z. B. professioneller Kompetenz von Lehrpersonen, und Performanz, d. h. insbesondere der Qualität ihres Unterrichts, verorten Blömeke, Gustavson und Shavelson (2015) situationsspezifische Fähigkeiten, die sich in die drei Prozesse Wahrnehmung, Interpretation und Entscheidungsfindung unterteilen lassen. Diese Fähigkeiten werden teilweise zum Konstrukt „Noticing“ zusammengefasst und untersucht [d,f]. Die professionelle (Unterrichts-)Wahrnehmung, die von Seidel, Blomberg & Stürmer (2010) in Anlehnung an die Arbeiten von Sherin und van Es (2009) beschrieben wurde, umfasst ähnliche Fähigkeiten, indem sie sich als das Erkennen (das ebenfalls als „Noticing“ bezeichnet wird) und wissensbasierte Interpretieren („Knowledge-based Reasoning“) lernrelevanter Unterrichtssituationen beschreiben lässt. Sie wird in vielen Studien in analoger Form untersucht [a,b,c,e]. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die genannten Konzeptualisierungen.

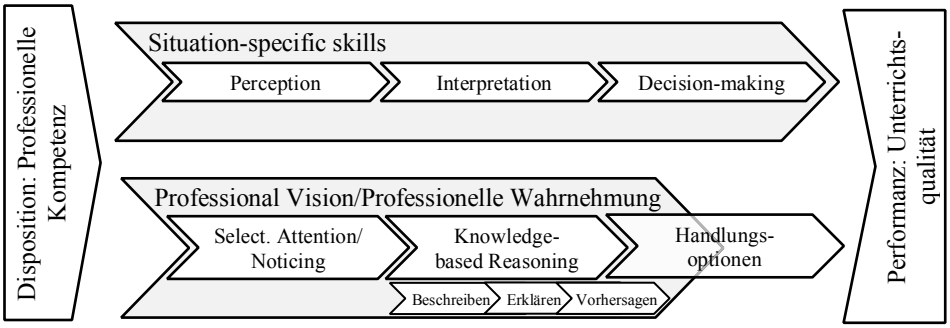


Abbildung 1: Konzeptualisierung situationsspezifischer Fähigkeiten und professioneller Wahrnehmung zwischen Disposition und Performanz

Inhaltsdomäne
Situationsspezifische Fähigkeiten bedürfen stets des Bezugs auf eine Inhaltsdomäne, d. h. es ist notwendigerweise festzulegen, welches das wahrzunehmende Merkmal des jeweiligen Interesses ist. Dies sind in den vorliegenden Projekten in der Regel fachspezifische Merkmale der Unterrichtsqualität, deren Lernwirksamkeit theoretisch postuliert oder empirisch nachgewiesen wurde. Neben sehr spezifischen Aspekten wie der Modellkompetenz im Chemieunterricht [d] oder Schülervorstellungen und Erkenntnisgewinnung im Physikunterricht [f] werden auch breitere Konstrukte wie die inhaltliche Strukturierung und die kognitive Aktivierung [c] oder die Basisdimensionen der Unterrichtsqualität in fachspezifischer Operationalisierung adressiert [b]. Ein Projekt kontrastiert aufgrund der Nutzung des etablierten OBSERVER-Instrumentes die vorherrschende Fachspezifität mit den generischen Merkmalen Zielorientierung, Lernbegleitung und Lernatmosphäre [e].

Erhebung
Die Erhebung von situationsspezifischen Fähigkeiten ist an eine (authentische) Situation des Unterrichts gebunden, die in unterschiedlicher Darbietungsform in die Erhebung eingebettet werden kann. Sehr schwierig umzusetzen und nicht standardisierbar ist die Beobachtung realen Unterrichts [b], die daher so gut wie keine Verwendung findet. Als vergleichsweise authentisch sowie einfach und mit beliebig großen Stichproben umsetzbar gelten Videovignetten, die entweder realem Unterricht entstammen [c,d,e] oder geskriptet und anschließend nachgespielt werden [f]. Ferner können auch Textvignetten eingesetzt werden [d]. Diese weisen zwar eine geringere Authentizität auf, sind aber wesentlich ökonomischer zu produzieren. Die vorliegende unterrichtliche Situation gilt es dann mit einem offenen oder geschlossenen Format zu koppeln, d. h. um situationsspezifische offene Instruktionen [b, z. T. c,d,f] oder Single Choice-Items [c,d,e,f] zu ergänzen. Anschließend bedarf es einer Normierung hinsichtlich des Erwartungshorizontes der einzelnen Items, um eine Aussage über die tatsächliche Fähigkeit des einzelnen treffen zu können. Dazu wird in der Regel eine Expertennorm (EN) gebildet, die aus mehreren Experten bei entsprechender Übereinstimmung aggregiert wurde. Bei geschlossenen Items wird anschließend entweder eine absolute oder eine relationale Bewertung vorgenommen: Während in einigen Studien nur Punkte gesammelt werden, wenn die Experten-Antwort exakt getroffen wurde [c,e], wird alternativ betrachtet, ob die Relationen der einzelnen Antworten zwischen je zwei Items denjenigen der Experten entsprechen [d].

Diskussion
Zwar existieren insbesondere mit dem OBSERVER-Instrument etablierte, nutzbare Inventare geschlossenen Formats, jedoch sind bei angemessener Beachtung der Fach-, Inhalts- und ggf. Themenspezifität übergreifend nutzbare Instrumente kaum realisierbar, sodass entweder die Gefahr der Vernachlässigung der (Fach-)Spezifität besteht oder spezifische Instrumente zunächst aufwendig entwickelt werden müssen. Neben dieser Entwicklung und Validierung neuer Instrumente zur Erhebung professioneller Wahrnehmung darf insbesondere die Förderung der adressierten Fähigkeiten in ggf. zu schaffenden Lerngelegenheiten nicht vernachlässigt werden. Es erscheint vor diesem Hintergrund durchaus angemessen, auch verstärkt offene Formate in der Erhebung von professioneller Wahrnehmung zu nutzen, um vergleichsweise ökonomisch nutzbare Daten zu generieren. Daneben ist es jedoch auch notwendig, Formate zu finden, die der Komplexität des alltäglichen Unterrichts weitergehend Rechnung tragen, entweder durch die Erhöhung des Handlungsdruckes, z. B. durch erforderliches Buzzern [f] oder die Hospitation realen Unterrichts [b].
Zu weiten Teilen ausstehend ist ferner die empirische Überprüfung der dargestellten Konzeptualisierung professioneller Wahrnehmung im Spannungsfeld zwischen Kompetenz und Unterrichtsqualität hinsichtlich der Frage, inwiefern professionelle Wahrnehmung tatsächlich zur Vorhersage qualitätsvollen Handelns im jeweiligen Kontext beitragen kann.

Tabelle 1: Übersicht über aktuelle Forschungsprojekte zur professionellen Wahrnehmung im Chemie-, Physik und naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Autoren (AG)	**Konstrukt**	**Fach-domäne**	**Inhalts-domäne**	**Instrument**	**Forschungs-fokus**	**Status**
[a] Boele (Tepner)	PUW	Chemie	Lernschwierigkeiten	EE: in Planung	Entwicklung während Lehrerfortbildung	in Planung
[b] Krüger (Korneck)	PUW: Selective Attention	Physik	kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung, Klassenführung	EE: offen, Realunterricht (Microteaching)	Beobachtungsschwerpunkte	Auswertung
[c] Sunder; Todorova; Meschede; Wolters; (Möller)	PUW	na.-wi. SU	fachspezifische Lernbegleitung: Inhaltliche Stukturierung, kognitive Aktivierung	EE: geschlossen, VV, EN (absolut)	nach Instrumententwicklung und -validierung u. a. Förderung der PUW, Zusammenhänge zu PCK/ÜZ	zunächst abgeschl.
[d] Tempel (Rehm)	Noticing	Chemie	Modellkompetenz	EE: geschlossen, TV & VV, EN (relativ)	Instrumentenentwicklung/ Validierung	zunächst abgeschl.
[e] Treisch (Trefzger)	PUW	Physik	Zielorientierung, Lernbegleitung, Lernatmosphäre	FE: OBSERVER (Seidel et al.), geschlossen, VV, EN (absolut)	Entwicklung während LLL-Besuch, Zusammenhänge zu CK/PCK	Auswertung
[f] Wöhlke (Höttecke)	Noticing	Physik	Schülervorstellungen, Erkenntnisgewinnung	EE: offen, VV	Fachspezifität, Entwicklung über das Studium	Pilotierung

Anmerkungen: PUW: Professionelle (Unterrichts-)Wahrnehmung, na.-wi. SU: naturwissenschaftlicher Sachunterricht, TV: Textvignetten, VV: Videovignetten, EE: Eigenentwicklung, EN: Expertennorm, CK: Content Knowledge, PCK: Pedagogical Content Knowledge, ÜZ: Überzeugungen. Alphabetische Sortierung.

Literatur

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. Zeitschrift für Psychologie, 223 (1), 3–13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Boele, N. & Tepner, O. (in diesem Band). Fortbildung zur Professionellen Unterrichtswahrnehmung im Fach Chemie.

Krüger, M., Szogs, M. & Korneck, F. (in diesem Band).

Meschede, N. (2014). Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 163). Berlin: Logos Berlin.

Meschede, N., Steffensky, M., Wolters, M. & Möller, K. (2015). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. Unterrichtswissenschaft, 43 (4), 317–335.

Meschede, N., Fiebranz, A., M?ller, K. & Steffensky, M. (2017). Teachers' professional vision, pedagogical content knowledge and beliefs. On its relation and differences between pre-service and in-service teachers. Teaching and Teacher Education, 66, 158–170. https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.04.010

Seidel, T., Blomberg, G. & Stürmer, K. (2010). Validierung eines videobasierten Instrumen-ts zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. Zeitschrift für Pädagogik (Beiheft 56), 296–306.

Sherin, M. & van Es, E. A. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. Journal of Teacher Education, 60 (1), 20–37. https://doi.org/10.1177/0022487108328155

Steffensky, M. & Kleinknecht, M. (2016). Wirkungen videobasierter Lernumgebungen auf die professionelle Kompetenz und das Handeln (angehender) Lehrpersonen. Ein Überblick zu Ergebnissen aus aktuellen (quasi-)experimentellen Studien. Unterrichtswissenschaft, 44 (4), 305–321.

Sunder, C., Todorova, M. & Möller, K. Förderung der professionellen Wahrnehmung bei Bachelorstudierenden durch Fallanalysen. Lohnt sich der Einsatz von Videos bei der Repräsentation der Fälle? Zugriff am 22.05.2017.Tempel, B., Wilhelm, M. & Rehm, M. (2017).

Treisch, F. & Trefzger, T. (in diesem Band). Messung der Professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor.

Wöhlke, C. & Höttecke, D. (in diesem Band). Erfassung von Noticing von Physiklehrkräften - Instrumentenentwicklung

Wolters, M. (2014). Wie kompetent sind (angehende) Lehrkräfte in der professionellen Wahrnehmung kognitiv anregender Situationen im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht? Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität. Münster.

Förderhinweis: "Level – Lehrerbildung vernetzt entwickeln" wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Carina Wöhlke Universität Hamburg
Dietmar Höttecke

Erfassung von Noticing von Physiklehrkräften – Instrumentenentwicklung

Theoretischer Rahmen

Eine der alltäglichen Herausforderungen von Lehrkräften besteht darin, Unterrichtssituationen wahrzunehmen, die für das erfolgreiche Lernen relevant sind. Diese Verarbeitung von Unterrichtssituationen durch Lehrkräfte beschreibt das Konzept des Noticing. Noticing ist „the process through which teachers manage the 'blooming, buzzing confusion of sensory data' with which they are faced, that is, the ongoing information with which they are presented during instruction" (Sherin, Jacobs & Philipp, 2011). Eine Lehrkraft muss z.B. sowohl wahrnehmen, ob Maßnahmen der Aufmerksamkeitssteuerung angezeigt sind als auch ob ein_e Schüler_in ein fachlich mehr oder weniger angemessenes Konzept des Magnetismus äußert. Noticing wird verstanden als ein mehrdimensionaler Prozess, der innerhalb von Sekundenbruchteilen abläuft und kaum planbar ist. Dabei gibt es verschiedene Konzeptualisierungen von Noticing (Sherin, Russ & Colestock, 2011): So kann Noticing zweidimensional als das Bemerken (Perception) von lernrelevanten Unterrichtssituationen und ihre Interpretation konzipiert werden. In alternativen Konzeptionen umfasst Noticing zusätzlich das Fassen eines Handlungsplans und stellt damit ein dreidimensionales Konstrukt dar (Jacobs, Lamb & Philipp, 2010). Dieser Arbeit liegt die Annahme zugrunde, dass Noticing ein dreidimensionaler Prozess ist.

Aus einer kognitivistischen Perspektive heraus werden Kompetenzen lediglich als Dispositionen definiert, während aus einer situationistischen Perspektive Kompetenzen als Performanz konzipiert werden (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015). Die Autor_innen schlagen als Brücke zwischen Dispositionen und Performanz situations-spezifische Fähigkeiten vor, welche sie durch Bemerken (*perception*), Interpretation (*interpretation*) und das Fassen eines Handlungsplanes (*decision-making*) modellieren. Unter *perception* verstehen wir in dieser Studie die Wahrnehmung von Lehrkräften, die sich auf Aspekte physikalischen Lernens von Schüler_innen bezieht. Unterrichtsstimuli müssen dabei drei Filter passieren: Ein Stimulus kann bemerkt werden (*perceived*), dann kann Aufmerksamkeit auf ihn gerichtet werden (*attend to*) und anschließend kann der Stimulus ins Bewusstsein der Lehrkraft dringen (*awareness*) (Lamme, 2003). In dieser Studie können nur diejenigen Stimuli beachtet werden, welche das Bewusstsein der (angehenden) Lehrkräfte erreichen.

Scholten et al. (2017) kritisieren zu Recht, dass solche Prozesse zu sehr als Bottom-Up-Prozess modelliert werden. Tatsächlich sind Lehrkräfte nicht nur passive Wahrnehmer, sondern treten mit einer Unterrichtssituation in Interaktion und verarbeiten wahrgenommene Stimuli aktiv und schemabasiert (vgl. Scholten, Höttecke & Sprenger, 2017). Wir verstehen Noticing als Interaktion zwischen der Lehrkraft, die u. U. unter Handlungsdruck steht, und der Situation, welche theoretisch hergeleitete kritische Merkmale aufweist. Dabei sind die kritischen Merkmale der Situation, dass sie physikalische Konzepte und Begriffe der Schüler_innen betrifft, sie physikdidaktisch relevant ist (hier eingeschränkt auf Schülervorstellungen und Prozessfähigkeiten) und dass sie relevant für das Physiklernen der Schüler_innen ist.

Forschungsfragen und -design

Um genauere Erkenntnis über das Noticing von (angehenden) Physiklehrkräften zu erlangen, wollen wir in dieser Studie der Frage nachgehen, ob das Noticing von (angehenden) Physik-

lehrkräften mittels Online-Fragebogen – bestehend aus Videovignetten und einem geschlossenen Fragebogen – valide erhoben werden kann. Zwei Kriterien dienen der Absicherung der Inhaltsvalidität:

- Weist das Instrument Unterschiede des Noticings von (angehenden) Physiklehrkräften und von (angehenden) Geographielehrkräften nach?
- Zeigt das Instrument, ob und ggf. wie sich Noticing von (angehenden) Lehrkräften im Studienverlauf verändert?

Zur Beantwortung dieser Frage sind folgenden Schritte vorgesehen: In einem Präpilot wurde Noticing für die Entwicklung eines geeigneten Messinstruments operationalisiert. Darauf aufbauend wurde eine Probe-Videovignette gedreht und auf Grundlage der Erkenntnisse mit dieser Vignette (Erfahrungen mit Drehbuchschreiben, Filmdrehen, Effekt des Prompts und der Videovignette auf die Proband_innen) weitere fünf schriftliche Vignetten entwickelt und validiert (curricular, ökologisch und inhaltlich). Jede der fünf Vignetten enthält vorher festgelegte kritische Situationen. Die Operationalisierung von Noticing führt zu einem Kategoriensystem. Eine inhaltsvalide kritische Unterrichtssituation musste von mindestens 5 aus 6 Physikdidaktik-Experten entsprechend geratet werden. Weitere 6 Experten (Lehrkräfte) stellten die curriculare und ökologische Validität der inhaltlich validierten Vignetten durch einen Fragebogen sicher. Drei der fünf besonders geeigneten und validierten Vignetten wurden anschließend verfilmt. Die Videovignetten zeigen also gestellte Unterrichtssituationen. Eine Pilotierungsstudie dient dazu erste Erkenntnisse über Noticing und die Schwierigkeit des Instruments zu erlangen. N=12 Proband_innen (selektives Sample: jeweils zwei Physik-Lehramtsstudierende des 2., 6., 10. Semester, Referandar_in, Lehrkräfte; jeweils ein_e Geographie-Lehramtsstudent_in des 2. und 6. Semesters) wurden die Videovignetten vorgelegt, ihre Antworten, die während eines Interviews gegeben wurden, dienen der Entwicklung eines geschlossenen Fragebogens.

Die Validierung des Instruments wird in einer Hauptstudie abgeschlossen, in der circa 60 (angehende) Physik- und Geographielehrkräfte das Instrument bearbeiten. Dieser Artikel stellt die bisherigen Ergebnisse der Pilotstudie vor.

Aufbau des Instruments

Um die Entwicklung des Instruments nachvollziehbarer zu machen, soll hier das geplante Vorgehen für die Hauptstudie erläutert werden: Den Proband_innen werden mehrere Videovignetten vorgeführt. Sie bekommen die Aufgabe, die jeweilige Videovignette immer dann zu stoppen, wenn sie etwas in Bezug auf...

- ... Vorstellungen über fachliche Begriffe und Konzepte der Schüler_innen wahrnehmen,
- ... Erkenntnisgewinnungsprozesse der Schüler_innen wahrnehmen,
- ... Vorstellungen über Erkenntnisgewinnung der Schüler_innen wahrnehmen.

Das Stoppen der Videovignetten muss unmittelbar und in sehr kurzer Zeit geschehen und entspricht damit dem unmittelbaren Handlungs- und Ereignisdruck realen Unterrichts.

Jede Videovignette beginnt mit der Präsentation von Kontextinformationen über Vorwissen der Schüler_innen und Ziele der Unterrichtsstunde. Die Situationen werden überwiegend aus der Perspektive der Lehrkraft gezeigt. Es werden Situationen gezeigt, in denen Schüler_innen mit Partner_innen arbeiten oder Plenumsdiskussionen über die drei Themen Brownsche Molekularbewegung, Elektrostatik und Energieumwandlung. Die drei Videovignetten zeigen jeweils 9, 14 und 15 kritische Situationen, die Noticing erforderlich machen. Zu jeder dieser kritischen Situation werden zwei geschlossene Fragen vorgelegt, sofern die Proband_innen die Videovignette an entsprechender Stelle gestoppt haben: Was haben Sie wahrgenommen? Was würden Sie nun unternehmen? Die Antworten geben Aufschluss über die ggf. erfolgreiche Wahrnehmung und die Fähigkeit, einen angemessenen Handlungsplan zu fassen. Für Zusammenhangsanalysen werden Skalen zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen vorgelegt.

Methodisches Vorgehen – Pilotstudie

In der Pilotstudie soll a) die Passung des Instruments zur intendierten Stichprobe der Hauptstudie abgeschätzt werden (Schwierigkeitsanalyse), b) werden weitere Hinweise zur Validität des Konstrukts gewonnen und c) sollen aus Antwortmustern der Proband_innen geeignete Distraktoren zu jeder kritischen Situation gewonnen werden. Dazu hat jede_r der Proband_innen je zwei Vignetten in einem Interview mit Leitfaden bearbeitet. Die Interviews wurden transkribiert und segmentiert. Anschließend wurden diese Transkripte mit einem deduktiven Kategoriensystem qualitativ analysiert (Mayring, 2015). Dabei wurden die Aussagen zunächst daraufhin analysiert, ob sie die von uns intendierten kritischen Situationen betreffen. Wenn das der Fall war, konnten die Aussagen der Proband_innen entweder das kritische Moment der Situation treffen oder nicht. Hier wurden verschiedene Ebenen unterschieden. Eine Aussage kann das Erkennen einer Situation ausdrücken (*perception*). Eine weitere Ebene ist das richtige Benennen und/oder Erläutern der Problematik der kritischen Situation (*interpretation*). Die höchste Ebene ist das Fassen eines Handlungsplans nach expliziter oder impliziter Interpretation der Situation (*decision-making*).

Ergebnisse und Diskussion

Vignette 1 zeigt Unterricht zum Thema Brownschen Molekularbewegung anhand des Lösens von Tee. In Abbildung 1 ist auffällig, dass Situation 8 und 7 generell schwerer zu sein scheinen, da sie nur von wenigen Proband_innen überhaupt erkannt werden. Situation 1,2 und 5 scheinen insgesamt für den größeren Teil der Proband_innen lösbar. Es werden diejenigen Situationen seltener wahrgenommen, in denen es um Prozessfähigkeiten der Schüler_innen geht. Außerdem steht für die Proband_innen die Schülervorstellung des „Schmelzens von Tee“ im Fokus. Die zweite Vignette behandelt das Thema der Elektrostatik. Von den fünfzehn kritischen Situationen werden neun Situationen von weniger als der Hälfte der Proband_innen wahrgenommen. Die für die Proband_innen leichteste kritische Situation ist Situation 15, diese wird von vier Proband_innen erläutert und einmal benannt. Auch in dieser Vignette bleiben vor allem Situationen mit gelungenen Prozessen der Erkenntnisgewinnung unerkannt. Die dritte Vignette betrifft Vorstellung über Energieverbrauch. Hier ist auffällig, dass Situation 34 überhaupt nicht („messbar“) wahrgenommen und insgesamt nur ein einziges Mal ein Handlungsplan gefasst wurde. Nach bisheriger Auswertung sind 16 von 38 kritische Situationen verwertbar. Unserer Ansicht nach lässt sich deshalb vermuten, dass das Instrument in jetziger Form noch zu schwer ist. Eine mögliche Ursache ist, dass die Proband_innen die Handhabung des Instruments nicht gewohnt sind. Daher wird in einem zweiten Durchgang vor der Hauptstudie ein Training der Proband_innen mit einem formatnahen aber inhaltsfernen Video (Noticing im Straßenverkehr) geschaltet.

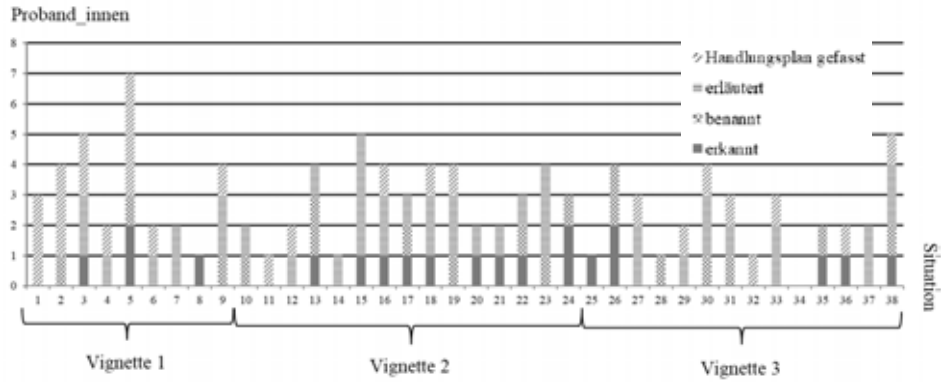


Abb.1: Ergebnisse der Pilotstudie

Literatur

Blömeke, S.; Gustafsson, J.-E.; Shavelson, R. J. (2015): Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. Zeitschrift für Psychologie, 223(1), S. 3- 13.

Jacobs, V.R., Lamb, L.C., Philipp, R.A. (2010). Professional noticing of children's mathematical thinking. Journal for Research in Mathematics Education, 41(2), 169-202.

Lamme, V. (2003). Why visual attention and awareness are different. Trends in Cognitive Sciences, 7(1), 12-18.

Scholten, N., Höttecke, D., Sprenger, S. (2017). Conceptualizing Geography Teachers` Subject-Specific Noticing during Instruction. (submitted)

Sherin, M. G., Jacobs, V., & Philipp, R. (2011). Situating the study of teacher noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs, & R. A. Philipp (Eds.), Mathematics teacher noticing: Seeing through teachers eyes (pp. 3–14). London: Routledge.

Sherin, M. G., Russ, R. S. & Colestock, A. A. (2011). Accessing Mathematics Teachers` In-The-Moment Noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Hrsg.), Mathematics Teacher Noticing. Seeing Through Teachers` Eyes (S. 79-94). New York: Routledge.

Marvin Krüger
Michael Szogs
Friederike Korneck

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Erkennen von (fachspezifischen) Unterrichtsqualitätsaspekten Wahrnehmungsschwerpunkte bei der Hospitation von Unterrichtsminiaturen

Die Beobachtung von Unterricht im Rahmen kollegialer Hospitationen ist eine alltägliche und oft genutzte Lerngelegenheit im Rahmen schulpraktischer Studienanteile sowie des Referendariats. Ohne systematische Anleitung oder spezifische Beobachtungsaufträge handelt es sich dabei oftmals um einen unstrukturierten Prozess, bei dem Beobachter abhängig von ihrem spezifischen Hintergrund ganz unterschiedliche Beobachtungsschwerpunkte aufweisen können. Dies kann im Rahmen von kollegialem Feedback von mehreren Beobachtern zu vielfältigen Rückmeldungen führen und somit durchaus produktiv sein. Bisher unbeantwortet ist die Frage, ob und welche Wahrnehmungsschwerpunkte tatsächlich identifiziert werden können.

Hintergrund

Eine lernrelevante Situation im Unterrichtsgeschehen wahrzunehmen, d. h. zu erkennen, zu interpretieren und ggf. alternative Handlungsoptionen zu generieren, ist eine bedeutsame Fähigkeit, die es in der Lehrerbildung zu schulen gilt, um angehende (Physik-)Lehrkräfte auf die Anforderungen des Unterrichts und seine Komplexität vorzubereiten (Steffensky & Kleinknecht, 2016).

Die Untersuchung solcher Fähigkeiten ist deshalb in den letzten Jahren in den Fokus bildungswissenschaftlicher und fachdidaktischer Forschung gerückt. Blömeke, Gustafsson und Shavelson (2015) haben in diesem Zusammenhang den Begriff der situationsspezifischen Fähigkeiten geprägt.

Die professionelle Unterrichtswahrnehmung, die von Seidel, Blomberg & Stürmer (2010) in Anlehnung an die Arbeiten von Sherin und van Es (2009) eingeführt wurde und als eine solche Fähigkeit gilt, wird in zwei konsekutiv ablaufende Prozesse eingeteilt, nämlich zunächst das Erkennen und darauf aufbauend das Interpretieren lernrelevanter Unterrichtssituationen. Das Erkennen, das auch als Noticing bezeichnet wird, ist der erste und notwendige Teilprozess und beruht auf einer selektiven Aufmerksamkeit, die dafür sorgt, dass unterschiedliche Aspekte wahrgenommen werden und für die weiteren Prozesse professioneller Wahrnehmung zur Verfügung stehen (Meschede, 2014).

Die selektive Aufmerksamkeit ist bislang jedoch deutlich weniger erforscht als etwa das Beschreiben und Interpretieren, die sich in standardisierten und geschlossenen Formaten gut erheben lassen (Meschede, 2014). Für die Betrachtung von Prozessen selektiver Aufmerksamkeit bedarf es des Einsatzes offener Formate und authentischer Beobachtungsanlässe, die die Aufmerksamkeit nicht bereits vorstrukturieren. Kurze Videovignetten mit videospezifischen Items erscheinen in diesem Zusammenhang weitestgehend ungeeignet.

Situationsspezifische Fähigkeiten bedürfen ferner stets des Bezugs auf eine Inhaltsdomäne, d. h. es ist notwendigerweise festzulegen, welches das wahrzunehmende Merkmal des jeweiligen Interesses ist. Dies können fachspezifische oder generische Merkmale von Unterricht sein, bei denen es sich durch den Anspruch auf Lernrelevanz üblicherweise um theoretisch und/oder empirisch fundierte Merkmale der Unterrichtsqualität handelt. Bisherige Studien betrachten beispielsweise die fachspezifische Lernbegleitung mit den Subfacetten kognitive Aktivierung und inhaltliche Strukturierung (Meschede, Steffensky, Wolters & Möller, 2015) oder die drei Dimensionen Zielorientierung, Lernbegleitung und Lernklima (Seidel et al., 2010). Um die Anschlussfähigkeit an eigene Vorarbeiten im Φactio-Projekt (Korneck, Krüger & Szogs, 2017) sowie andere Studien zu gewährleisten und lernrelevante Unterrichtsmerkmale in ihrer Breite kategorisieren zu können, rekurriert diese Studie auf das Modell der Basisd-

mensionen der Unterrichtsqualität (Klieme & Rakoczy, 2008; Kunter & Voss, 2011). Es wird zwischen Subdimensionen der kognitiven Aktivierung, der affektiven konstruktiven Unterstützung, der strukturellen konstruktiven Unterstützung und der Klassenführung unterschieden. Diese Dimensionen werden um die beiden Merkmale fachliche Korrektheit und fachliche Transparenz ergänzt.

Forschungsfragen

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, welche unterschiedlichen Beobachtungsfokusse im Rahmen von Unterrichtsbeobachtungen anhand angefertigter Hospitationsnotizen von angehenden Physiklehrkräften identifiziert werden können. Das Projekt Level, in dessen Rahmen dieser Beitrag entstand, beschäftigt sich darüber hinaus mit den darauf aufbauenden Teilprozessen professioneller Wahrnehmung und insbesondere mit der Reflexion in kollegialen Beratungen (Szogs, Krüger & Korneck, in diesem Band).

Methode

Die Stichprobe umfasst 50 Physik-Lehramtsstudierende und -referendare. Das Forschungsprojekt ist an ein Microteaching-Seminar gekoppelt, in dem Studierende vorab geplante sog. Unterrichtsminiaturen gestalten. Diese Unterrichtsminiaturen zeichnen sich durch eine Komplexitätsreduktion hinsichtlich der Zeit (12 Minuten), der Schüler(innen) (fremde Klassenhälfte) und des Inhalts (Freihandexperiment der Mechanik) aus. Die zentrale Stellung eines Experimentes ermöglicht einen kohärenten inhaltlichen Abschluss, sodass die Miniaturen vom Einstieg bis zur Ergebnissicherung eine repräsentative Raffung von Regelunterricht darstellen können (Korneck, Oettinghaus, Kunter & Redinger, 2016). Die Unterrichtsminiaturen dienen als authentische Beobachtungsanlässe. Jeder Seminarteilnehmer hospitiert bei neun anderen Unterrichtenden. Da alle Teilnehmer zweimalig unterrichten, werden insgesamt 18 verschiedene Unterrichtsminiaturen und somit rund vier Stunden vielfältiger, geraffter Unterricht beobachtet. Die Teilnehmer sind aufgefordert, während des Unterrichts alle Aspekte zu notieren, die sie als lernrelevant einschätzen, um diese in einer anschließenden Beratung rückmelden zu können. Die Notizen dienen daher nicht nur der Erhebung, sondern auch als Instrument für ein konstruktives Peerfeedback.

Die notierten Aspekte werden anschließend anhand eines Kodierschemas unterschiedlichen Merkmalen der Unterrichtsqualität zugeordnet. Als Schema dient ein Videomanual (Szogs, Krüger & Korneck, 2017), das speziell für die Beurteilung der Unterrichtsqualität von Unterrichtsminiaturen entwickelt wurde und 4 bis 6 Merkmale pro Basisdimension sowie zwei zur Fachlichkeit umfasst. Für die nachfolgenden Betrachtungen wurden diejenigen Fälle ausgeschlossen, die zu mindestens drei Miniaturen keine Notizen angefertigt haben. Die Stichprobe umfasst damit noch 41 Teilnehmer.

Erste Ergebnisse

Auf deskriptiver Ebene können pro Teilnehmer über alle 18 Unterrichtsminiaturen im Mittel 75 (SD=27) notierte Unterrichtsqualitätsaspekte identifiziert werden, sodass die Teilnehmer pro Sequenz durchschnittlich 4.2 (SD=1.5) Aspekte festhalten. Die Spannweite insgesamt notierter Aspekte ist sehr breit und reicht dabei von 28 (SD=1.6) bis 141 (SD=7.8).

Für jeden Teilnehmer wurden relativ zur Gesamtanzahl der notierten Unterrichtsqualitätsaspekte die Anteile berechnet, die die unterschiedlichen Unterrichtsqualitätsdimensionen aufweisen (siehe Tabelle 1). Die vier beschriebenen Basisdimensionen teilen sich im Durchschnitt zu sehr ähnlichen Teilen auf und sind jeweils mit etwa einem Viertel (18% bis 29%) vertreten. Die fachlichen Aspekte kommen demgegenüber nur auf durchschnittlich 7%. Die Standardabweichungen von 5% bis 7% sowie die große Bandbreite der Anteile, die zwischen fast gar keiner Beachtung der Dimension (1%) bis fast zur Hälfte aller Aspekte (44%) reicht deuten bereits an, dass individuell sehr unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt werden.

Tab. 1: Übersicht über die unterschiedlichen Anteile der Kodierungen der Basisdimensionen an der Anzahl der Gesamtkodierungen

	M	*SD*	*min*	*max*
Kognitive Aktivierung	.18	.07	.04	.38
Strukturelle konstruktive Unterstützung	.29	.06	.18	.44
Affektive konstruktive Unterstützung	.24	.06	.12	.37
Klassenführung	.21	.06	.09	.35
Fachliches	.07	.05	.01	.19

Das nachfolgende Diagramm (Abb. 1) verdeutlicht diese Beobachtung und zeigt die individuellen Anteile in jeweils einer Säule. Die Sortierung erfolgt absteigend in Bezug auf den Anteil an Aspekte kognitiver Aktivierung.

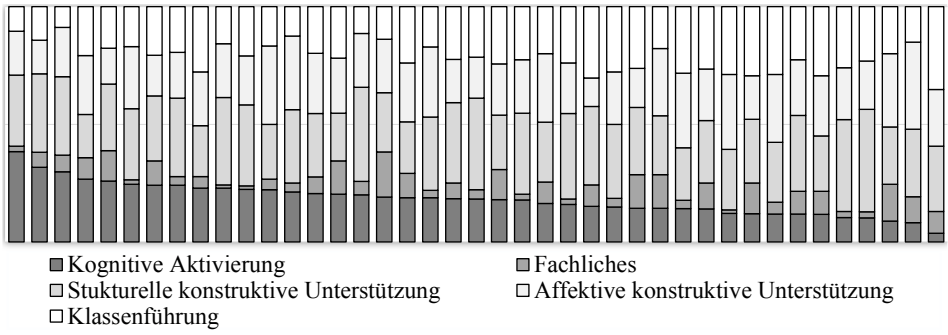


Abb. 1: Übersicht über die unterschiedlichen Anteile der Kodierungen der Basisdimensionen an der Anzahl der Gesamtkodierungen (Anteil kognitive Aktivierung absteigend)

Besonders auffällig sind die beiden Extremfälle. Der Fall mit dem prozentual höchsten Anteil an Notizen zur kognitiven Aktivierung (Abb. 1, erste Spalte) weist gleichzeitig einen der geringsten Anteile an Klassenführung auf, während derjenige mit den wenigsten genannten Aspekten zur kognitiven Aktivierung (Abb. 1, letzte Spalte) die meisten Merkmale zur Klassenführung zeigt. Ergänzt um das Bild der 39 anderen Fälle zeigt sich, dass der Fokus auf kognitive Aktivierung und der Fokus auf Klassenführung weitgehend disjunkt zu sein scheinen, während der Anteil an Notizen zu den anderen drei Dimensionen weniger systematisch schwanken. Eine Analyse bivariater Korrelationen bestätigt diesen Befund, da der Anteil kognitiver Aktivierung mit dem Anteil an Klassenführung substanziell und signifikant mit $r = -.65$ ($p<.001$) korreliert.

Diskussion und Ausblick

Mit dem dargestellten offenen Vorgehen konnte gezeigt werden, dass im Rahmen kollegialer Hospitationen tatsächlich sehr unterschiedliche Aspekte der Unterrichtsqualität notiert werden. Insbesondere der Fokus auf kognitive Aktivierung und der auf Klassenführung scheinen sich in der vorliegenden Stichprobe überwiegend gegenseitig auszuschließen.

Es ist zu erwarten, dass die professionelle Kompetenz, der Ausbildungsstatus sowie soziodemographische Kovariaten der Teilnehmer zur Vorhersage der unterschiedlichen Beobachtungsschwerpunkte beitragen können, sodass solche Variablen, die in einem Prä-Test erhoben wurden, nach dem Abschluss der Kodierungen für insgesamt 65 Teilnehmer als unterschiedliche Dispositionen berücksichtigt werden.

Literatur

Krüger, M. & Korneck, F. (in diesem Band). Professionelle Wahrnehmung im Chemie- und Physikunterricht. Gemeinsamkeiten und Unterschiede aktueller Forschungsvorhaben.

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. Zeitschrift für Psychologie, 223 (1), 3–13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Klieme, E. & Rakoczy, K. (2008). Empirische Unterrichtsforschung und Fachdidaktik. Outcome-orientierte Messung und Prozessqualität des Unterrichts. Zeitschrift für Pädagogik, 54 (2), 222–237.

Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Redinger R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele (S.174-197). Weinheim: Beltz Juventa.

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

Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 85–113). Münster: Waxmann.

Meschede, N. (2014). Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 163). Berlin: Logos Berlin.

Meschede, N., Steffensky, M., Wolters, M. & Möller, K. (2015). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. Unterrichtswissenschaft, 43 (4), 317–335.

Seidel, T., Blomberg, G. & Stürmer, K. (2010). Validierung eines videobasierten Instrumen-ts zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. Zeitschrift für Pädagogik (Beiheft 56), 296–306.

Sherin, M. & van Es, E. A. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. Journal of Teacher Education, 60 (1), 20–37. https://doi.org/10.1177/0022487108328155

Steffensky, M. & Kleinknecht, M. (2016). Wirkungen videobasierter Lernumgebungen auf die professionelle Kompetenz und das Handeln (angehender) Lehrpersonen. Ein Überblick zu Ergebnissen aus aktuellen (quasi-)experimentellen Studien. Unterrichtswissenschaft, 44 (4), 305–321.

Szogs, M., Korneck, F. & Krüger, M. (2017). Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Videoratings. Das Ratingmanual der Φactio-Studie. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg.

Szogs, M., Krüger, M. & Korneck, F. (in diesem Band). Reflexion lernrelevanter Situationen des Physikunterrichts.

Förderhinweis: "Level – Lehrerbildung vernetzt entwickeln" wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Friederike Korneck
Marvin Krüger
Michael Szogs

Goethe-Universität Frankfurt/M

Kompetenz und Unterrichtsqualität von Studierenden des Lehramts für Haupt- und Realschulen (HR) und für Gymnasien (Gym)

Theoretischer und empirischer Hintergrund

Verschiedene Studien zeigen, dass sich insbesondere das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen, aber auch das Wissenschaftsverständnis von gymnasialen und nichtgymnasialen Physik- und Mathematiklehrkräften über alle Phasen der Lehrerausbildung hinweg signifikant und mit mittlerer bis großer Effektstärke unterscheiden (Kirschner, 2013; Riese, 2009; Oettinghaus et al., 2016; Kunter et al., 2011; Blömeke et al., 2008). Die COACTIV-Studie konnte zudem Unterschiede in der von gymnasialen und nichtgymnasialen Mathematiklehrkräften gezeigten Unterrichtsqualität in Bezug auf die Subdimensionen der kognitiven Aktivierung „Mathematische Argumentation“ sowie „Curriculares Niveau der Aufgaben“ mit mittlerer bis hoher Effektstärke nachweisen. In Bezug auf die studiengangspezifischen Unterschiede in den Zusammenhängen zwischen den Kompetenzen und der Unterrichtsqualität berichtet die COACTIV-Studie (Kunter et al., 2013) unter Kontrolle der Schulform von Korrelationen zwischen dem fachdidaktischen Wissen und den Skalen „cognitive level of tasks“ sowie „learning support“. In den Erhebungen von Vogelsang (2014) zeigen sich in einer kleinen Stichprobe nichtgymnasialer Studierender und Referendare negative signifikante Korrelationen des Fachwissens mit der Performanz des Unterrichts sowie negative signifikante Korrelationen des fachdidaktischen Wissens mit der „kognitiven Aktivierung“ und dem „Classroom Management“. Gymnasiale Studierende und Referendare zeigen in dieser Erhebung keine Zusammenhänge zwischen Fachwissen bzw. fachdidaktischem Wissen und der Performanz.

Forschungsfragen, Stichprobe und Erhebungsmethodik

Da insbesondere in der Physik die Stichproben der Studien klein und heterogen und damit die bisherigen Ergebnisse zur Beurteilung der Handlungsrelevanz gemessener Kompetenzen nur begrenzt geeignet sind, ist ein Ziel der ersten Phase des Projekts Φactio, die Erhebungen mit einer homogeneren und größeren Stichprobe durchzuführen sowie ökonomischer zu gestalten. Dazu wurde nur an einem Standort, der Goethe-Universität Frankfurt am Main, im Rahmen eines Pflichtseminars mit Studierenden des Lehramts für Haupt- und Realschulen (HR, n=66) und für Gymnasien (Gym, n=59) erhoben. Dennoch unterscheiden sich die Gym und HR, u. a. aufgrund der verschiedenen Studienordnungen, in Bezug auf ihre absolvierten Fachsemester, die Anzahl der Semesterwochenstunden fachlicher und fachdidaktischer Lerngelegenheiten sowie in ihrer Abiturnote hochsignifikant, wobei die durchschnittlichen Abiturnoten beider Gruppen mit denen anderer Studien vergleichbar sind (Riese, 2009; Oettinghaus, 2016).

In der ersten Phase des Projekt Φactio sollten u.a. folgende Forschungsfragen beantwortet werden: Welche Unterschiede in den Kompetenzen und der Qualität des Unterrichts bestehen zwischen den Studierenden für das Lehramt Gym und HR und welche Kompetenzen sind prädiktiv für ihre Unterrichtsqualität? Lassen sich unterschiedliche Profile in Bezug auf die Dimensionen der Unterrichtsqualität identifizieren?

Die Erhebung findet im Rahmen eines studiengangübergreifenden Seminars statt, das dadurch geprägt ist, dass die Studierenden Unterrichtsminiaturen von 12 Minuten Länge zu einem Frei-

handexperiment aus der Mechanik planen und zweifach mit jeweils einer Klassenhälfte durchführen. Die Auswertung und Reflexion dieser Miniaturen im Seminar und individuell durch die Studierenden erfolgt videogestützt. Die Unterrichtsminiaturen sind inhaltlich abgeschlossen und bestehen in der Regel aus typischen Elementen des Physikunterrichts, wie einem Einstieg, einer Einführung des Experiments, Hypothesenbildung oder Sammlung von Vermutungen, der Durchführung und Auswertung des Experiments sowie einer Erklärung und Ergebnissicherung (Korneck et al., 2016; Sach & Korneck, 2006).

Für die genannten Forschungsfragen wurden die Ergebnisse des Prätests, welcher in der Einführungsveranstaltung des Seminars erfolgt, und die in der ersten Durchführung der Unterrichtsminiatur ermittelte Unterrichtsqualität ausgewertet. Im Rahmen des Prätests wird das Fachwissen der Studierenden im Bereich Mechanik mit einem Kurztest (15 Minuten) erhoben, dessen 13 Items, davon 3 Multiple-Choice, aus dem Instrument von Riese (2009) ausgewählt wurden und die Inhaltsbereiche „Kraftkonzept", „Zentripetalbeschleunigung", „Rotationsbewegungen" sowie „Bewegungsformen" umfassen. Die Skalenreliabilität des Kurztests liegt mit McDonalds ω=.86 für Gym und ω=.78 für HR in einem zufriedenstellenden Bereich. Auch für das fachdidaktische Wissen wurde ein Kurztest (15 Minuten) mit 8 aus dem Instrument von Riese (2009) ausgewählten Items, davon 3 Multiple-Choice, eingesetzt. Er umfasst deklaratives und prozedurales Wissen der Inhaltsbereiche „Interesse, didaktische Rekonstruktion und Experimente", „Elementarisierung" sowie „Schülervorstellungen/Diagnose". Die Entscheidung für einen Kurztest, der dennoch das komplexe Konstrukt des fachdidaktischen Wissens abbilden soll, hat zur Folge, dass die Reliabilität mit ω=.69 für HR und ω=.63 für Gym knapp unterhalb des akzeptablen Wertes von .70 liegt. Jede der drei Dimensionen der Lehrerüberzeugungen (Überzeugung zum selbstständigen und zum transmissiven Lernen sowie zum Wissenschaftsverständnis werden über Selbstauskunft mit 11 bis 12 Items auf einer 5-stufigen Likert-Skala erhoben (Oettinghaus, 2016; Neuhaus, 2004; Seidel et al., 2005; Riese, 2009). Die Reliabilitäten der drei Überzeugungsdimensionen liegen alle mit ω=.81–.91 für beide Studiengänge im zufriedenstellenden Bereich.

Die Qualität der Unterrichtsminiaturen wird über eine hoch-inferente Videoanalyse mit Hilfe eines Ratingmanuals ermittelt, das die vier Basisdimensionen kognitive Aktivierung, strukturelle sowie affektive konstruktive Unterstützung und Klassenführung umfasst. Das Manual basiert auf adaptierten Items bereits existierender Manuale von Lotz et al. (2013), Seidel et al. (2003), Baumert et al. (2009), Vogelsang (2014) und zusätzlich auf Eigenentwicklungen, die durch Analyse der Reflexionsphasen der Lehrveranstaltung generiert wurden (Szogs, 2017). Es umfasst die vier Basisdimensionen mit insgesamt 17 Subdimensionen bzw. 134 Items. Damit wird eine Ratingdauer einer Unterrichtsminiatur von etwa 15 Minuten (+ etwa 12 Minuten Videosichtung) erreicht. In der Videoanalyse mit vier Ratern konnten für Gym und HR zufriedenstellende Reliabilitäten für die interne Skalenkonsistenz (ω=.93–.98) und für die Raterübereinstimmung (ICC(2)=.62–.83) erzielt werden (Korneck et al., 2017).

Ergebnisse

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der ersten Projektphase der Studie analog zu Korneck et al. (2017) beschrieben. Tabellen und detaillierte Analysen sind in der genannten Veröffentlichung zu finden.

Die deskriptiven Statistiken zu den Merkmalen professioneller Kompetenz sowie der Unterrichtsqualität zeigen, dass die Gym sowohl im Fachwissen (d=.74) als auch im fachdidaktischen Wissen (d=.45) im Mittel ein signifikant höheres Fachwissen aufweisen als die HR. In Bezug auf die Lehrerüberzeugungsdimensionen stimmen die Studierenden beider Studiengänge den Items der Überzeugungen zum selbstständigen Lernen eher zu. Unterschiede zeigen

sich bei den Überzeugungen zum transmissiven Lernen (d=-.17), bei denen die HR einen rezeptartig vorstrukturierten Unterricht eher favorisieren als die Gym. Im Bereich des Wissenschaftsverständnisses weisen die Gym im Mittel einen signifikant höheren Wert auf als die HR (d=.44). In Bezug auf die Unterrichtsqualität wurden die Gym in allen vier Dimensionen (mit einer einseitigen Signifikanz) besser beurteilt als die HR, sowohl im Bereich der kognitiven Aktivierung mit einer Effektstärke von d=.59, als auch in der affektiven (d=.33) und in der strukturellen konstruktiven Unterstützung (d=.30). Auch in der Klassenführung zeigen die Gym im Mittel eine signifikant bessere Performanz (d=.37).

Zur Analyse der Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen sowie den Überzeugungen der Studierenden und der Qualität ihres Unterrichts wurden, getrennt für die vier Dimensionen, multiple Regresssionsanalysen mit schrittweisem Variableneinschluss berechnet, wobei der Einfluss der Abiturnote als Hintergrundvariable durch festen Variableneinschluss kontrolliert wurde. In den Regressionsanalysen erweisen sich für die Gym die Überzeugungen als prädiktiv für alle Dimensionen der Unterrichtsqualität. Während die Überzeugungen zum transmissiven Lernen kleine bis mittlere Effekte sowohl auf die kognitive Aktivierung als auch auf die strukturelle konstruktive Unterstützung und die Klassenführung zeigen, sind die Überzeugungen zum selbstständigen Lernen prädiktiv für die affektive konstruktive Unterstützung. Die Überzeugungen können unter Kontrolle der Abiturnote 4 bis 8 Prozent zusätzliche Varianz aufklären. Der schrittweise Variableneinschluss mit definiertem Einschlusskriterium von $p<.10$ führt dazu, dass für die Merkmale der Unterrichtsqualität an dieser Stelle nur jeweils ein einzelner Prädiktor berücksichtigt wird, da alle weiteren Prädiktoren keinen signifikanten Zuwachs an Varianzaufklärung mit sich bringen und zusätzlich zur Abiturnote nur jeweils eine der beiden Überzeugungsdimensionen wirksam ist. Das Professionswissen erweist sich auch ohne Kontrolle der Abiturnote nicht prädiktiv für die Unterrichtsqualität.

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen für die Gruppe der HR zeigen eine völlig andere Struktur. Hier erweist sich durchgehend das Professionswissen als prädiktiv für alle Dimensionen der Unterrichtsqualität. Dabei zeigt das Fachwissen mittlere Effekte für die kognitive Aktivierung, die strukturelle konstruktive Unterstützung und die Klassenführung. Dagegen wird die affektive konstruktive Unterstützung sowohl durch das fachdidaktische Wissen als auch durch das Fachwissen vorhergesagt. Insgesamt können bei den HR mit dem Professionswissen 6 bis 16 Prozent zusätzliche Varianz der Unterrichtsqualität aufgeklärt werden.

Zusammenfassend zeigt sich für die HR das Fachwissen und fachdidaktische Wissen prädiktiv für die Qualität des Unterrichts. Diese beiden Kompetenzmerkmale trennen HR mit hoher und niedriger Unterrichtsqualität. Nur mit adäquaten fachlichen und fachdidaktischen Konzepten sowie entsprechender Flexibilität ist die Gestaltung guten Unterrichts möglich. Für die Gym zeigen sich die Überzeugungen zum transmissiven Lernen und selbstständigen Lernen prädiktiv. Besonders mit entsprechenden Lehrerüberzeugungen ist für diese Gruppe die Gestaltung guten Unterrichts möglich. Damit könnten die Überzeugungen einen Filter zwischen Wissen und Unterrichtsqualität darstellen

.

Weitere Zusammenhangsanalysen, differenziertere Pfad-, Mediationsmodelle und Profilanalysen sind geplant.

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.

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.

Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 161. Berlin: Logos.

Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Redinger, R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen - Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), Videoanalysen in der Unterrichtsforschung - Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele (S. 174–197). Weinheim: Beltz Juventa.

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

Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften - Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 55–68). Münster: Waxmann.

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

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).

Neuhaus, B. (2004). Einstellungsausprägungen von Biologielehrern. Ein bundesdeutscher Vergleich. Disseration. Kassel: Universität Kassel.

Oettinghaus, L., Korneck, F., Krüger, M. & Lamprecht, J. (2016). Lehrerüberzeugungen von Quereinsteigern und Lehramtsabsolventen im Physikreferendariat. Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 9 (1), 76–96.

Oettinghaus, L. (2016). Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen, Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 207. Berlin: Logos.

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 97. Berlin: Logos.

Sach, M. & Korneck, F. (2006): Kooperation zwischen den verschiedenen Phasen der Lehrerbildung im Rhein-Main-Gebiet – Überblick und Beispiel einer gemeinsamen Seminarveranstaltung zu Unterrichtsminiaturen mit Videofeedback. In: Nordmeier, V. & Oberländer A. (Hrsg.): CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft - Kassel 2006. Berlin: Lehmanns Media.

Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (Hrsg.). (2003). Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht". Kiel: IPN.

Seidel, T., Prenzel, M. & Kobarg, M. (2005). How to run a video study: Technical report of the IPN Video Study. Münster: Waxmann.

Szogs, M., Korneck, F. & Krüger, M. (2017). Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Videoratings. Das Ratingmanual der Φactio-Studie. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg.

Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 174. Berlin: Logos.

Elisabeth Hofer
Anja Lembens
Universität Wien

Implementierung von Aspekten Forschenden Lernens in den Chemieunterricht der Sekundarstufe II

Die Implementierung von Forschendem Lernen (FL) wird nicht nur vielfach empfohlen, sondern in den österreichischen Lehrplänen für Chemie auch explizit gefordert (BMB, 2016). Im Rahmen des EU-Projekts TEMI[1] und einer weiterführenden Zusammenarbeit mit ChemielehrerInnen zeigte sich jedoch, dass es LehrerInnen schwerfällt, die in verschiedenen Workshops erfahrenen Methoden und Inhalte auf den eigenen Unterricht zu transferieren. Es besteht also die Notwendigkeit, die LehrerInnen durch eine längerfristige und auf ihre speziellen Bedürfnisse abgestimmte Begleitung dahingehend zu unterstützen, ihr Verständnis von FL zu vertiefen und zu erweitern sowie Unterrichtseinheiten im Sinne des FLs eigenständig zu gestalten und zu implementieren (Hofer, Lembens & Abels, 2016). Um Erkenntnisse für die Konzeption entsprechender Aus- und Fortbildungsangebote zu gewinnen, wurde das im Folgenden vorgestellte Kooperationsprojekt initiiert.

Das Projekt

Das im Dezember 2016 gestartete Projekt findet in Kooperation mit drei Chemielehrerinnen statt und verfolgt zwei Ziele: zum einen sollen Daten aus realen Unterrichtssituationen erhoben und analysiert werden, um Erkenntnisse für die Gestaltung von Aus- und Fortbildungskonzepten zu gewinnen, und zum anderen soll das Projekt als Professionalisierungsmaßnahme für die teilnehmenden Lehrerinnen dienen. Dazu werden im Zeitraum von rund einem Jahr Unterrichtseinheiten im Regelunterricht Chemie in drei Klassen der elften bzw. zwölften Schulstufe[2] an Gymnasien in Wien begleitet. Die Klassen sind divers hinsichtlich ihres sozioökonomischen Hintergrunds sowie ihrer fachlichen Schwerpunktsetzung (Sprachen bzw. Naturwissenschaften) und fassen 16, 21 bzw. 24 SchülerInnen. Die Lehrpersonen haben eine unterschiedlich lange Unterrichtserfahrung und ihre Teilnahme am Projekt ist freiwillig.

Gemeinsam mit den Lehrerinnen werden drei Unterrichtseinheiten im Sinne des FLs geplant, durchgeführt und reflektiert. Die Einheiten umfassen 100 Minuten (das entspricht zwei Unterrichtsstunden) und werden jeweils in allen drei Klassen eingesetzt. Dabei sollen verschiedene Lehr-Lern-Arrangements erprobt und bei dessen Implementierung auftretende Herausforderungen identifiziert werden. In einem nächsten Schritt sollen Verbesserungs- und Lösungsansätze formuliert werden und in eine Überarbeitung der Lehr-Lern-Arrangements einfließen.

Das Untersuchungsdesign

In Anlehnung an das Konzept der Lesson Studies (Stepanek, Appel, Leong, Mangan & Mitchell, 2007) wurde ein fünfphasiger Entwicklungs- und Untersuchungszyklus (Abb. 1) entwickelt. In Phase 1 wird das Thema der Unterrichtseinheit festgelegt. Dabei wird in Abstimmung mit dem Lehrplan ein fachliches Thema in den Mittelpunkt gerückt, welches erfahrungsgemäß Lernschwierigkeiten mit sich bringt. Zu diesem Thema wird eine Fragestellung formuliert, zu welcher dann in Phase 2 eine Unterrichtseinheit geplant und

[1] Das Projekt TEMI (Teaching Enquiry with Mysteries Incorporated) wurde von der Europäischen Union im 7. Rahmenprogramm (FP7-Science -in-Society-2012-1; Grant Agreement N. 321403) unterstützt.
[2] Das Projekt beginnt in Schulstufe 11 und endet in Schulstufe 12.

strukturiert wird. In Phase 3 wird benötigtes Unterrichtsmaterial gestaltet und vorbereitet, in Phase 4 wird die Unterrichtseinheit durchgeführt. Im Anschluss an die Unterrichtseinheit wird diese erst individuell und anschließend gemeinsam reflektiert (Phase 5). Die im Rahmen der ersten Unterrichtseinheit gewonnenen Erkenntnisse werden dazu verwendet, eine zweite Unterrichtseinheit zu gestalten und durchzuführen. Insgesamt wird dieser Entwicklungs- und Untersuchungszyklus drei Mal durchlaufen, wobei als förderlich angesehene Aspekte des Lehr-Lern-Arrangements beibehalten bzw. weiterentwickelt werden, die Themen der Unterrichtseinheiten jedoch variieren.

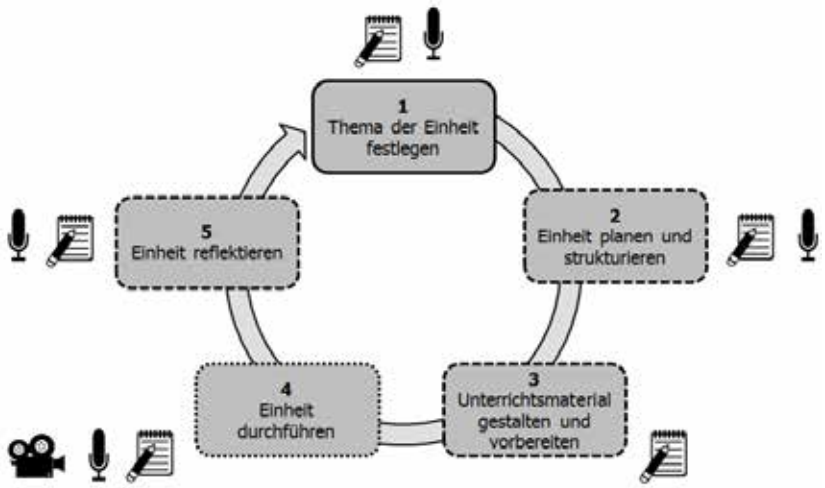


Abb. 1: Die fünf Abschnitte des Entwicklungs- und Untersuchungszyklus'

Wie in Abb. 1 angedeutet, haben die Lehrpersonen in den verschiedenen Phasen – mit Ausnahme von Phase 1 – die Möglichkeit, gemeinsam geplante und entwickelte Ideen und Materialien auf ihre individuellen Bedürfnisse abzustimmen. Die Struktur der Unterrichtseinheiten kann geringfügig verändert und das Unterrichtsmaterial auf die Lernvoraussetzungen der SchülerInnen sowie auf die räumlichen und materiellen Ressourcen angepasst werden. Die Durchführung der Einheiten liegt in der Hand der einzelnen Lehrpersonen: sie überlegen sich, wie der Unterrichtseinstieg gestaltet wird, wie organisatorische Belange gelöst werden und übernehmen die alleinige Verantwortung für die Lernbegleitung während der Unterrichtseinheit.

Um den Entwicklungs- und Untersuchungszyklus mit Methoden der empirischen Sozialforschung untersuchen zu können, wird in allen fünf Phasen Datenmaterial erhoben. Daten in schriftlicher Form, als Feldnotizen, Arbeitsanleitungen oder Aufzeichnungen der Lehrpersonen liegen für alle Phasen vor. Mit Ausnahme von Phase 3 – der Gestaltung und Vorbereitung des Unterrichtsmaterials – stehen außerdem Audiodaten zur Verfügung. Die Durchführung der Einheiten (Phase 4) wird zusätzlich mit Videokameras aus zwei Perspektiven festgehalten.

Erste Ergebnisse

Als vertrauensbildende Maßnahme für die angestrebte Zusammenarbeit fanden im Vorfeld des Kooperationsprojekts Treffen zum näheren Kennenlernen und zur Klärung der Vorstellungen und Ziele auf beiden Seiten (Lehrpersonen und Forschung) statt. Im Rahmen dieser Treffen kristallisierten sich folgende Ansprüche an die geplanten Unterrichtseinheiten heraus:

Ansprüche seitens der Lehrpersonen	Ansprüche seitens der Forschung
Fachlicher Schwerpunkt	Fragestellung als Ausgangspunkt
Praktisches Arbeiten als Bestandteil	konstruktivistische Strukturierung
Ressourcenschonende Gestaltung	Kompetenzorientierung
Möglichkeiten für Adaptionen	Hohe Aktivität der SchülerInnen

Tab. 1: Ansprüche an die Unterrichtseinheiten

Von diesen Ansprüchen ausgehend wurde mit der Planung von Unterrichtseinheit 1 begonnen. Diese Unterrichtseinheit wurde zum Thema ‚Neutralisationsreaktionen' und folgender Fragestellung gestaltet: *Welcher pH-Wert resultiert, wenn eine saure mit einer basischen Lösung reagiert?* Anschließend an eine von der Lehrperson gestalteten Einstiegsphase formulierten die SchülerInnen in Kleingruppen Hypothesen zu dieser Fragestellung und führten in den einzelnen Gruppen verschiedene Untersuchungen durch. Dabei war das Untersuchungsprinzip stets dasselbe: eine basische Lösung wurde zu einer sauren hinzugefügt und anschließend wurde der pH-Wert gemessen. Je nach Gruppe wurden allerdings verschiedene Parameter variiert, wie z. B. die Volumina oder Konzentrationen der Lösungen. Im Anschluss an eine gruppeninterne Auswertungsphase wurden die jeweiligen Ergebnisse dann in Form eines Gruppenpuzzles ausgetauscht und diskutiert. Schlussendlich musste die eingangs gestellte Frage auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse beantwortet werden.

Fazit aus Einheit 1: Die Untersuchungen sowie die strukturelle Gestaltung der Gruppenarbeitsphasen wurden als positiv und gewinnbringend empfunden, wobei Möglichkeiten zur Unterstützung für die Formulierung der Hypothesen überlegt werden sollten. Die Diskussionsphase (Gruppenpuzzle) sollte mit feinmaschigeren Arbeitsaufträgen gestaltet werden, die – nach Wunsch der Lehrpersonen – ebenfalls im Kollektiv geplant werden sollten. Außerdem stellte sich heraus, dass die Lehrpersonen äußerst unterschiedliche Unterstützungsbedürfnisse hatten.

Einheit 2 beschäftigte sich mit dem Thema ‚Elektrochemische Spannungsreihe' und der Fragestellung: *„Was passiert, wenn ein Metall in eine Metallsalzlösung getaucht wird?"* Die Erkenntnisse aus Einheit 1 berücksichtigend wurde Unterstützung im Bereich des Hypothesenbildens angeboten und in der Diskussionsphase waren mehrere kleine Arbeitsaufträge und Fragestellungen zu bearbeiten. Die als gewinnbringend erachtete Struktur aus Einheit 1 (Einstieg – Hypothesen bilden – Untersuchungen durchführen und auswerten – Diskussion im Gruppenpuzzle – Beantwortung der Fragestellung) wurde beibehalten.

Fazit aus Einheit 2: In Einheit 2 gab es deutlich weniger strukturbedingte Probleme, allerdings zeigten sich auf Seiten der SchülerInnen Probleme im Inhaltsbereich (z. B. Unterscheidung von Metall und Metallion) und im Handlungsbereich (z. B. Beobachtung und Interpretation der Ergebnisse). Es ergibt sich also die Notwendigkeit, ein Setting zu entwerfen, welches das Lernen und Anwenden der geforderten Kompetenzen gleichzeitig unterstützt.

Ausblick

Ausgehend von den Erkenntnissen der ersten beiden Entwicklungs- und Untersuchungszyklen wird eine dritte Unterrichtseinheit gestaltet. Nach Abschluss des dritten Zyklus' werden die Erkenntnisse aus allen drei Zyklen zusammengefasst und vor dem Hintergrund einschlägiger Literatur diskutiert. Danach werden alle Unterrichtseinheiten und -materialien überarbeitet. Außerdem werden die Daten hinsichtlich der Wirksamkeit der Professionalisierungsmaßnahme analysiert. Basierend auf den Erkenntnissen aus dem Projekt werden schließlich Implikationen für die Gestaltung von entsprechenden Aus- und Fortbildungsangeboten formuliert.

Literatur

BMB. (2016). *BGBl. II Nr. 219/2016 vom 9. August 2016*.

Hofer, E., Lembens, A. & Abels, S. (2016). Enquiry-based science education in Austrian teacher professional development courses. In Eilks, I., Markic, S. & Ralle, B. (Eds.), *Science education research and practical work: a collection of invited papers inspired by the 23rd Symposium on Chemistry and Science Education held at the TU Dortmund University, May 26-28, 2016* (pp. 271-277). Aachen: Shaker Verlag.

Stepanek, J., Appel, G., Leong, M., Mangan, M. T. & Mitchell, M. (2007). *Leading lesson study: A practical guide for teachers and facilitators*. Thousand Oaks, California: Corwin Press.

Jürgen Paul
Jorge Groß
Universität Bamberg

Mehrdimensionale Lernwege beim Experimentieren und ihre Bedeutung für das Forschende Lernen

Experimentieren und Forschendes Lernen

Beim Forschenden Lernen vollziehen die Lernenden die Tätigkeit eines forschenden Naturwissenschaftlers nach. Dabei sollen sie den Prozess eines Forschungsvorhabens in seinen wesentlichen Phasen – von der Entwicklung der Fragen und Hypothesen über die Wahl und Ausführung der Methoden bis zur Prüfung und Darstellung der Ergebnisse in selbstständiger Arbeit oder in aktiver Mitarbeit – (mit)gestalten, erfahren und reflektieren (Huber, 2009). Das Denken und Handeln der Lernenden soll sich also an dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg orientieren. Forschendes Lernen beinhaltet daher häufig eine an das naturwissenschaftliche Experimentieren angelehnte Vorgehensweise, welche meist, aber nicht notwendigerweise, folgende Arbeitsschritte einschließt (Mayer, 2007; Pfeifer, 2003): (a) Formulierung einer Fragestellung, (b) theoriegeleitete Hypothesenbildung, (c) Planung eines Experiments, (d) Durchführung des Experiments mit Erfassung der Daten, (e) Aufbereitung und Auswertung der Daten, (f) Deutung und Diskussion der Ergebnisse vor dem Hintergrund der Hypothesen sowie Schlussfolgerung, (g) Kommunikation der gewonnenen Erkenntnisse. Diese Schrittfolge wird hierbei nicht als der einzig mögliche Weg angesehen und kann in Abhängigkeit der Aufgaben variieren. Die Rolle des Experimentierens in diesem Sinne zu verstehen, gehört dennoch zum basalen Verständnis des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Einen zentralen Schritt stellt hierbei die Hypothesenprüfung dar (f), weil nur auf ihrer Grundlage ein fachlicher Erkenntnisgewinn zu erwarten ist. Forschendes Lernen gilt als eine vielversprechende Möglichkeit, eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu fördern („scientific literacy“), welche die typischen fachgemäßen Denk- und Arbeitsweisen einschließt (Baumert, 2013). Nachdem Forschendes Lernen aber nur selten im regulären Schulunterricht stattfindet (Bartos & Lederman, 2014; Bolte & Rauch, 2014; Minner, Levy & Century, 2010), bedarf es der Untersuchung besonderer Lerngelegenheiten, die vor allem das Forschende Lernen betonen, um die dabei gewonnenen Erkenntnisse dann auch auf den alltäglichen Schulunterricht übertragen zu können. Die in diesem Sinne von uns ausgewählte Lerngelegenheit ist der bundesweite Nachwuchswettbewerb *Jugend forscht*. Im Rahmen des Wettbewerbs betreiben die Teilnehmenden ihre eigenen kleinen Forschungsprojekte, wobei das Experimentieren meist im Mittelpunkt steht. Wir haben uns der Frage angenommen, inwieweit Forschendes Lernen in diesem Zusammenhang Lernprozesse zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg initiiert. Einen besonderen Fokus legten wir dabei auf die Lernwege zum Experimentieren.

Lernen als Rekonstruktion von Vorstellungen

Unser Verständnis von Lernprozessen basiert auf einem moderaten Konstruktivismus (Widodo & Duit, 2004) und dem revidierten Conceptual Change-Ansatz (Strike & Posner, 1992), der eine situierte Perspektive berücksichtigt, d.h. Lernen auf den Kontext bezieht (Stark, 2003). Wir verstehen Lernende als Individuen, welche ihr Wissen in einem aktiven und selbstgesteuerten Vorgang auf der Grundlage von vorhandenen Vorstellungen konstruieren. Sie nutzen dabei ihre Erfahrungen und daraus resultierende Denkwelten, die häufig lebensweltlichen Ursprungs sind. Vorstellungsänderungen verstehen wir demnach als Rekonstruktion von Vorstellungen (Kattmann 2008), wobei sie kontextbezogen in Abhängigkeit vom Lernenden weiterentwickelt, verändert oder neu gebildet werden können.

Methodischer Rahmen der Studie

Um die Lernprozesse zum Experimentieren zu analysieren, wurde ein qualitatives Untersuchungsverfahren in Form von leitfadengestützten, problemorientierten Einzelinterviews gewählt. Dies ermöglichte eine Reflexion der individuell erlebten Erfahrungen, womit die geäußerten Vorstellungen mit dem zugehörigen Kontext des eigenen Forschungsprojekts der Probanden in Beziehung gesetzt werden konnten. Um eventuelle Vorstellungsänderungen abzubilden wurde die Methode der retrospektiven Befragung zum Lernprozess angewandt (Paul, Lederman & Groß, 2016). Damit können die Vorstellungen, die ein Proband vor einem Treatment besitzt, zusammen mit den Vorstellungen, die nach einem Treatment auftreten, zum gleichen Zeitpunkt erhoben werden. Aus fünf verschiedenen Regionalwettbewerben der Jahre 2013 und 2014 in Bayern und Thüringen wurden nach dem Zufallsprinzip 57 freiwillige Probanden im Alter von 10-18 Jahren für die Interviews ausgewählt (Durchschnittsalter: 14,9 ± 2,6 Jahre; 28 männlich, 29 weiblich; Fachbereiche: 19x Biologie, 18x Chemie, 14x Physik, 2x Technik, 2x Geo- und Raumwissenschaften, 2x Mathematik/Informatik). Die Interviews dauerten jeweils ca. 30 Minuten und starteten in einem Zeitfenster von 30-60 Minuten nach dem Besuch der Wettbewerbsjury, welche die eingereichten Arbeiten der Probanden begutachtet hatte. Die Interviews wurden mittels eines Diktiergeräts aufgezeichnet und anschließend gemäß der Qualitativen Inhaltsanalyse aufbereitet und ausgewertet (Mayring, 2010). Die geordneten Schüleraussagen wurden in Tabellen zusammengefasst, wobei zwischen den retrospektiv benannten Vorstellungen und den aktuellen Vorstellungen unterschieden wurde. Durch den Vergleich dieser Vorstellungen konnten wir auf den Lernprozess in Form eines Konzeptwechsels, einer -änderung oder eines hinzukommenden Konzeptes schließen. Die abgeleiteten Konzepte wurden inhaltlich nochmals geordnet und gruppiert, womit sich fünf Überkonzepte ergaben.

Ergebnisse zu den Lernprozessen

Folgendes Beispiel beinhaltet typische Aussagen von Lernenden, wenn sie über ihren Lernprozess zum Experimentieren reflektieren (Sonja, 15 Jahre): „*Ich hatte vorher auf jeden Fall ein anderes Verständnis für Experimente. Ich fand das früher immer voll lustig, mit Explodieren und sowas. (...) Über die Naturwissenschaften habe ich gelernt, dass Experimente anders sein können, als man sie erwartet, dass Naturwissenschaften nicht immer so theoretisches Zeug sein müssen, sondern dass man eben auch selber Sachen belegen kann, dass es wirklich Spaß machen kann, dass man es verstehen kann. Und dass man noch viel erforschen kann, eben noch nicht alles erwiesen ist.*“ Früher hatte für Sonja ein Experiment Show- und Unterhaltungscharakter. Nach ihren Angaben ist ihr im Laufe des Wettbewerbs aber deutlich geworden, dass Experimente „anders als erwartet“ verlaufen können und sich mit ihnen „Sachen belegen“ lassen. Sonjas Vorstellungsänderung ist damit ein Ankerbeispiel für den Lernprozess von der Vorstellung, Experimente dienten vor allem der Unterhaltung, hin zu der Vorstellung, dass der Zweck des Experimentierens insbesondere im Erkenntnisgewinn liegt. Insgesamt wird das Experimentieren von den am Wettbewerb teilnehmenden Jugendlichen differenziert betrachtet. Die gefundenen Konzepte konnten wir fünf Überkonzepten zuordnen. Diese lauten: (I) Experimentieren bedarf eines schrittweisen Vorgehens. (II) Experimente haben einen Zweck. (III) Experimente brauchen Materialien. (IV) Ein Experiment erfordert Kontrolle. (V) Experimentieren benötigt Zeit. Vorstellungsänderungen vollzogen sich jeweils nur innerhalb dieser Überkonzepte, nicht zwischen ihnen. Durch das Verknüpfen der Vorstellungsänderungen konnten wir die charakteristischen Lernwege rekonstruieren (Paul, Schanze & Groß, 2016). Betrachtet man die Gesamtheit der Lernprozesse zum Experimentieren, so werden die vorgenannten Überkonzepte damit zu verschiedenen Lernwegdimensionen. Zur Vorgehensweise beim Experimentieren beinhaltet der zugehörige Lernweg beispielsweise fünf Stationen: (1) Naturwissenschaftliches Arbeiten heißt Experten fragen oder in Lehrbüchern nachlesen. (2) Für Experimente braucht man eine

Versuchsvorschrift. (3) Experimentieren bedeutet Varianten auszuprobieren. (4) Experimente denkt man sich selbst aus. (5) Zum Experimentieren gehört das Finden einer Fragestellung.

Mithilfe der retrospektiven Befragung zum Lernprozess konnten wir nicht nur Vorstellungsänderungen identifizieren, sondern auch die zugehörigen Ursache-Wirkungs-Beziehungen der zugrunde liegenden Lernprozesse näher beleuchten. Die Befragten nannten dabei zwei wesentliche Ursachen: Um bei dem Wettbewerb *Jugend forscht* teilzunehmen, mussten sie sich einen eigenen experimentellen Aufbau überlegen oder eine eigene Fragestellung oder ein eigenes Thema suchen. Die Jugendlichen mussten im Wettbewerb viel eigenständiger naturwissenschaftlich denken und handeln als im sonstigen schulischen Kontext, indem sie ihre Experimente nicht nur selbst, sondern auch ohne von außen gegebene Vorschrift durchführten, und dies, um eine bestimmte Frage zu beantworten. Als zweite Ursache benannten die Befragten die Möglichkeit zum individuellen Austausch. Während der Arbeit am eigenen Projekt konnten sich die Jugendlichen vorwiegend mit der betreuenden Lehrkraft sowie am Wettbewerbstag mit gleichgesinnten Teilnehmern, Besuchern oder der Jury über Ihre Arbeit austauschen. Damit hatten sie mehrfach die Möglichkeit, ihre Vorstellungen zu reflektieren und mit anderen zu diskutieren.

Schlussfolgerungen für das Forschende Lernen

Unsere Daten zeigen, dass Forschendes Lernen hauptverantwortlich für die gefundenen Lernprozesse beim Experimentieren und zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg ist. Die Jugendlichen arbeiteten selbstständig an ihrem eigenen Forschungsprojekt mit ihrer eigenen Fragestellung. Dies führte zu dem gewünschten tieferen Verständnis im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. Lernen findet dabei vernetzt auf verschiedenen Lernwegen statt – also multidimensional – mit den fünf Überkonzepten als Lernwegdimensionen. Forschendes Lernen allein ist jedoch nur eine notwendige Bedingung, keine hinreichende. Darüber hinaus erwies sich eine bewusste Reflexion der eigenen Arbeit im Austausch mit anderen als besonders lernförderlich. Hierbei spielen die Betreuungslehrkräfte eine entscheidende Rolle. Auch aus anderen Untersuchungen wissen wir, dass völlig freies Lernen ohne jegliche Instruktion, ohne Feedback oder Reflexion nur sehr bedingt funktioniert (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Welche Schlussfolgerungen können wir für das Forschende Lernen an der Schule ziehen? Experimente haben im naturwissenschaftlichen Unterricht unterschiedliche Funktionen (Barke & Harsch, 2011). Demgemäß sollten verschiedene Varianten von Experimentierformen Anwendung finden. Von der Lehrkraft sollte dabei aber so oft wie möglich die Erfahrung eines ergebnisoffenen Forschungsexperiments gestiftet werden. Die damit angebahnten Lernchancen sind bedeutungsvoll für ein naturwissenschaftliches Grundverständnis. Wir wissen, dass in der Schule nur sehr begrenzt Raum und Zeit für derartiges Forschendes Lernen bleibt. Daher bietet es sich in besonderem Maße an, Synergieeffekte zu nutzen. An zwei Drittel der bei *Jugend forscht* beteiligten Schulen existieren besondere Zusatzkurse, welche die Lernenden auf den Wettbewerb vorbereiten und sie bei ihrem Projekt begleiten (Paul, Carstensen & Groß, 2017). Diese bereits vorhandene Förderkultur an den Schulen sollte weiter ausgebaut werden und verstärkt auch unabhängig von externen Wettbewerben, auch für eine breitere Schülerschaft, genutzt werden. Neben solchen Zusatzkursen sind die in den meisten Bundesländern verankerten Seminar- oder Facharbeiten der gymnasialen Oberstufen eine Hauptquelle für *Jugend forscht* Arbeiten. Indem zusätzlich schulinterne Plattformen für einen Austausch und zur Reflexion der Arbeiten geschaffen werden, beispielsweise in Form einer Postermesse zur Vorstellung der ohnehin vorhandenen Fach- und Seminararbeiten einer Jahrgangsstufe, könnten weitere Synergieeffekte lernförderlich genutzt werden.

Literatur

Barke, H.-D., & Harsch, G. (2011). Chemiedidaktik Kompakt: Lernprozesse in Theorie und Praxis. Springer-Verlag, 111-118.

Bartos, S.A., & Lederman, N.G. (2014). Teachers' knowledge structures for nature of science and scientific inquiry: Conceptions and classroom practice. Journal of Research in Science Teaching, 51(9), 1150-1184.

Baumert, J. (Ed.). (2013). PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Springer-Verlag.

Bolte, C., & Rauch, F. (Eds.). (2014). Enhancing Inquiry-based Science Education and Teachers' Continuous Professional Development in Europe: Insights and Reflections on the PROFILES Project and Other Projects Funded by the European Commission. Freie Universität Berlin.

Huber, L. (2009). Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In L. Huber (Ed.), Motivierendes Lehren und Lernen in Hochschulen: Vol. 10. Forschendes Lernen im Studium: aktuelle Konzepte und Erfahrungen (pp. 9-35). Bielefeld: UVW.

Kattmann, U. (2008). Learning biology by means of anthropomorphic conceptions? In M. Hammann, M. Reiss, C. Boulter & S. D. Tunnicliffe (Eds.), Biology in context: Learning and teaching for the twenty-first century (pp. 7-17). London: Institute of Education.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. Educational psychologist, 41(2), 75-86.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (S. 178-186). Berlin: Springer.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim: Beltz.

Minner, D.D., Levy, A.J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – what is it and does it matter? Journal of research in science teaching, 47(4), 474-496.

Paul, J., Carstensen, C.H., & Groß, J. (2017). Das Förderumfeld bei Jugend forscht und wie Teilnehmende den Wettbewerb beurteilen. MNU-Journal (in press).

Paul, J., Lederman, N.G., & Groß, J. (2016). Learning experimentation through science fairs. International Journal of Science Education, IJSE, 38(15), 2367-2387.

Paul, J., Schanze, S., & Groß, J. (2016). Lernwege zum Experimentieren beim Wettbewerb Jugend forscht. Chemie konkret, CHEMKON, 23(4), 170-180.

Pfeifer, P. (2003): Was heißt „naturwissenschaftliches Arbeiten"? Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 14 (76/77), S. 7–11.

Stark, R. (2003). Conceptual Change: kognitiv oder situiert? Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 17(2), 133-144.

Strike, K.A., & Posner, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice, 147-176.

Widodo, A., & Duit, R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 233-255.

Clemens Hoffmann Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest

Ausbildung für fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht Schwerpunkt: Vorstellungen von der Natur der Naturwissenschaften

Ausgangssituation
Als fächerübergreifend werden alle Formen von Unterricht bezeichnet, die entweder auf Ebene der Fachdisziplinen oder auf Ebene der Stundentafel über die Fachgrenzen hinausgehen und so Inhalte von zwei oder mehr Fächern mit einander verbinden (Labudde, 2003). Betrachtet man die naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen Biologie, Chemie und Physik, ist festzustellen, dass in nahezu allen Ländern der Bundesrepublik Deutschland ein fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht (kurz FNU) im Sinne eines fächerergänzenden bzw. integrierten Unterrichts in der Stundentafel angeboten wird. Einzelne Fächer, die oft den Titel „Naturwissenschaften" tragen, lassen sich dabei in unterschiedlichen Schulformen und Klassenstufen finden.

Wie können Lehramtsstudierende auf diese Situation vorbereitet werden?
Gelingensbedingungen für guten fächerübergreifenden Unterricht generell und speziell in den Naturwissenschaften wurden bereits durch verschiedene Studien mit unterschiedlichen Akteuren (Lehrende, Ausbildende und Studierende) benannt (Stübig et al., 2006; Wilhelm, 2007; Häsing, 2009; Björkman et al., 2013). Daraus ergeben sich vielfältige Empfehlungen, wie diese spezielle Form des Unterrichtens umzusetzen ist und welche Fähigkeiten und Fertigkeiten eine Lehrperson dafür mitbringen muss. Es lassen sich fünf große Kompetenzfelder unterscheiden, die es auch bei der Planung der Ausbildung zu berücksichtigen gilt (Engelmann et al., [im Druck]):
- Kooperationsfähigkeit der Lehrkräfte zu allen naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen
- fachliche Sicherheit in allen Teildisziplinen, die Thema des FNU sind
- fachdidaktische Sicherheit bei der schülerorientierten Ausgestaltung
- ausgeprägte praktische Fähigkeiten für Experimente und Versuche
- adäquate Vorstellungen von der „Natur der Naturwissenschaften" (Höttecke, 2001)

An der Friedrich-Schiller-Universität Jena fand im Rahmen des Projekts ProfJL (Professionalisierung von Anfang an im Jenaer Modell der Lehrerbildung) im Sommersemester 2017 der erste Durchgang eines Seminars statt, das sich an diesen Schwerpunkten orientierte und in dem Lehramtsstudierende verschiedener Fachdisziplinen zusammenarbeiteten. Die Teilnehmenden lernten in dem Seminar FNU als Unterrichtsform mit besonderen Ansprüchen an sie selbst als Lehrperson unter starker Berücksichtigung der Situation in Thüringen kennen (integriertes Fach „Mensch-Natur-Technik" in 5./6. Klasse und ergänzendes Wahlpflichtfach „Naturwissenschaften und Technik" in 9./10. Klasse - näher ausgeführt in Hoffmann et al., (2017)). Vor diesem Hintergrund bekamen sie Wege aufgezeigt, diesen Ansprüchen gerecht zu werden. Dazu wurden Probleme und Chancen von FNU diskutiert, die Basiskonzepte der einzelnen Fachdisziplinen und Beispielmaterialien für die entsprechenden Unterrichtsfächer besprochen. Im Anschluss daran erstellten die Studierenden selbst Material, welches im Austausch mit Lehrerinnen aus der Schulpraxis evaluiert werden konnte. Eine fachliche Vertiefung zu den Disziplinen Biologie, Chemie und Physik wurde in Form von Exkursionen an entsprechende Forschungsinstitute realisiert werden. Während des Seminars setzten sich die Studierenden explizit (Card-Exchange-Game (Cobern, 1991), Concept-Map) und implizit (Exkursionen mit Fachvorträgen) mit ihrem Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften auseinander.

Welches Verständnis von der Natur der Naturwissenschaften haben die Teilnehmenden des Moduls?

Zur Erhebung des Verständnisses der Studierenden von der Natur der Naturwissenschaften wurde eine quantitative Fragebogenstudie durchgeführt. Grundlage für diese Art der Untersuchung stellten die Erhebungsinstrumente von Urhahne et al. (2008) und Bruns (2009) dar. Beide sind rein quantitative Instrumente mit einer fünfstufigen Ratingskala, wurden ebenfalls aus bereits vorliegenden Fragebögen abgeleitet und weisen eine ähnliche Strukturierung der Teilkonstrukte auf, obwohl mit der Natur der Naturwissenschaften ein weites Bedeutungsfeld verbunden ist. Einen guten Überblick über dieses Bedeutungsfeld geben Neumann und Kremer (2013). Sieben der zehn Kerndimensionen wurden weitgehend von Urhahne et al. (2008) übernommen. Da der ursprüngliche Fragebogen für Schülerinnen und Schüler entwickelt wurde, musste bei einzelnen Items die Formulierung angepasst werden. Fehlende Dimensionen und solche, die niedrige Reliabilität aufwiesen, wurden durch Items aus dem Fragebogen von Bruns (2009) ergänzt. So ergab sich ein Fragebogen mit 64 Items auf folgenden zehn Subskalen: Herkunft, Sicherheit, Entwicklung, Rechtfertigung und Einfachheit naturwissenschaftlichen Wissens, Zweck und Methodik der Naturwissenschaften, Bedeutung von Kreativität in den Naturwissenschaften, Beziehung zwischen Theorie und Gesetz und soziokulturelle Einflüsse auf Naturwissenschaften. Das Antwortformat vereinte ebenfalls beide Fragebögen indem die Ratingskala von „stimmt nicht“ bis „stimmt völlig“ durch Zahlenangaben von „-2“ bis „+2“ ergänzt wurden.

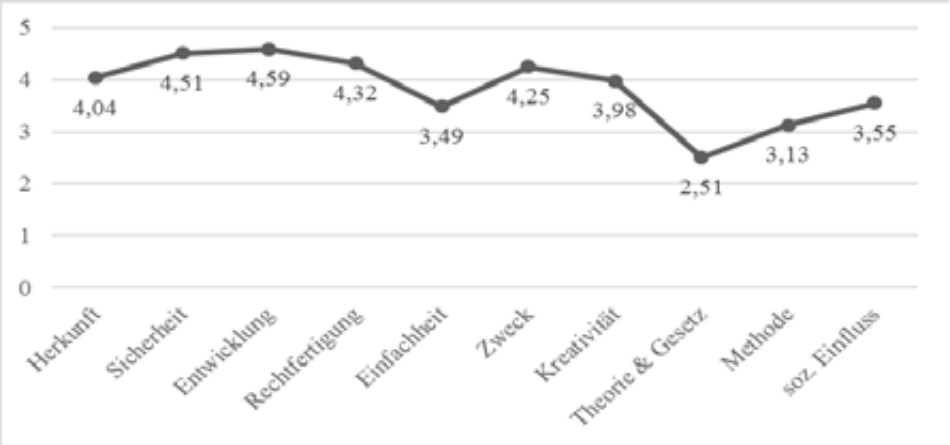


Abb. 1: Vorstellungen der Teilnehmenden am Ausbildungsmodul von der Natur der Naturwissenschaften nach Kerndimensionen getrennt (0 entspricht naiven Vorstellungen während 5 für ein elaboriertes Verständnis steht)

Am Ausbildungsmodul und damit auch an der quantitativen Erhebung nahmen 46 Personen im Alter zwischen 20 und 27 Jahren (M=23,2, SD=1,8) teil, davon waren 23 weiblich. Die Teilnehmenden befanden sich zum Erhebungszeitpunkt im sechsten bzw. achten Fachsemester. Nur vier von Ihnen streben einen Abschluss für das Lehramt an Regelschulen an, während alle anderen für den gymnasialen Zweig ausgebildet werden. Die meisten Teilnehmenden hatten das Praxissemester (Halbjahrespraktikum im fünften oder sechsten Semester) bereits absolviert, nur bei zwei Teilnehmern stand es noch aus. Während sieben Studierende zwei Naturwissenschaften in der Fächerkombination (n(Bio+Che)=7) aufwiesen, belegte der Großteil nur eine Naturwissenschaft (n(Bio)=25, n(Che)=12, n(Phy)=2).

Die Ergebnisse der Befragung sind in Abbildung 1 zu sehen. Der gesamte Fragebogen weist eine Reliabilität von α=.80 auf, wobei die Reliabilität der Subskalen zwischen α=.16 (Theorie & Gesetz) und α=.87 (Kreativität) liegt. Dabei fällt auf, dass die niedrigsten Werte in den Kerndimensionen auftreten, von denen auch das Verständnis der Studierenden am geringsten ausgeprägt ist (Theorie & Gesetz, Methode, Einfachheit). Gerade im Falle der Subskala Theorie & Gesetz ist dennoch zu vermuten, dass hier Defizite in den Vorstellungen der Studierenden vorliegen und Gesetze und Theorien nicht als zwei unabhängige Konzepte in den Naturwissenschaften betrachtet werden. Über alle Teilgruppen der Stichprobe hinweg weist diese Kerndimension die niedrigsten Werte auf. Unterteilt man die Kerndimensionen wie Urhahne et al. (2008, S. 76) in drei Bereiche, deuten sich im Vergleich zu den „Vorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden“ (Zweck, Kreativität, Theorie & Gesetz und Methode) und den „Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung“ (soz. Einfluss) schon adäquate „Vorstellungen über naturwissenschaftliches Wissen“ (Herkunft, Sicherheit, Entwicklung, Rechtfertigung & Einfachheit) an. Dass dies an der Itemformulierung liegen könnte, wird ausgeschlossen, da in diesen Kerndimensionen die meisten Items negativ formuliert waren und so die einzelnen Aussagen bewusst abgelehnt werden mussten um ein adäquates Verständnis zu bescheinigen. Viel mehr weisen die Ergebnisse darauf hin, dass auch im Lehramtsstudium ein adäquates Bild von naturwissenschaftlichem Wissen vermittelt wird. Die niedrigeren Werte in den beiden anderen Bereichen, können mit der Ausrichtung des naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiums begründet werden. Praktika vermitteln häufig durch Bestätigungsexperimente ein naives Bild naturwissenschaftlicher Methoden, welches im Anschluss nicht reflektiert wird, und die Teilhabe an naturwissenschaftlicher Forschung (bspw. durch das Schreiben einer wissenschaftlichen Hausarbeit in der Fachwissenschaft) ist kein verpflichtender Bestandteil. Vergleicht man die einzelnen Teilgruppen der Stichprobe (Geschlecht, Angestrebter Abschluss, Anzahl der Naturwissenschaften in der Fachkombination, Status des Praxissemesters) miteinander, lassen sich dabei kaum signifikante Unterschiede finden. Da diese zumeist in Skalen mit niedriger Reliabilität liegen, soll hier nur ein Beispiel vorgestellt werden. In Abbildung 2 sind die Vorstellungen von der universellen naturwissenschaftlichen Methode dargestellt. Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied (p=.016*) zwischen den Studierenden unterschiedlicher Fächerkombination. Physiklehramtsstudierende scheinen die Vorstellung von einer universell anwendbaren naturwissenschaftlichen Methode, die immer zum Ergebnis führt, eher abzulehnen als ihre Kommilitonen aus der Biologie und Chemie.

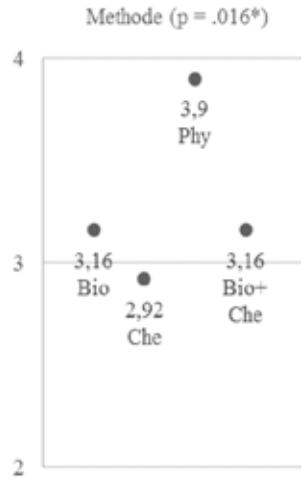


Abb. 2: Vorstellungen von der universellen naturw. Methode aufgeteilt nach Art der Fachkombination der Teilnehmenden

Ausblick

Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen auf Grund der Stichprobengröße und der rein quantitativen Form der Untersuchungen nur Tendenzen auf, welche weiter untersucht werden sollen. Dazu wird der Fragebogen noch einmal angepasst, einer großeren Stichprobe zugänglich gemacht und durch qualitative Methoden ergänzt. Dazu gehören die Auswertung von Concept-Maps (Günther, 2006) und Reflexionstagebucheinträgen. Außerdem wird das Seminar für den Durchgang im Wintersemester 2017/18 weiterentwickelt und durch einen Praktikumsteil ergänzt. Dazu wurde im Projekt ProfJL ein Evaluationsinstrument entwickelt.

Literatur

Björkman, Jaana; Henning, André; Patzwaldt, Kerstin; Musold, Harald; Upmeier zu Belzen, Annette; Tiemann, Rüdiger (2013). Zur MINT-Lehrerausbildung an der HU Berlin. In MNU 66 (7), S. 430–435

Bruns, Jürgen (2009). Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden. Chancen und Grenzen eines kombinierten theoretisch-expliziten und praktisch-reflektierten Ansatzes. Dissertation. Berlin: Logos-Verlag

Cobern, William W. (1991). Introducing teachers to the philosophy of science. The card exchange. In J Sci Teacher Educ 2 (2), S. 45–46

Engelmann, Philipp; Hoffmann, Clemens; Woest, Volker (im Druck). Fächerübergreifende Naturwissenschaften in der Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern. In Andreas Gröschner, Michael May und Iris Winkler (Hg.), Lehrerbildung in einer Welt der Vielfalt. Befunde und Perspektiven eines Entwicklungsprojekts

Günther, Johannes (2006). Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften. Dissertation. Berlin: Logos-Verlag

Häsing, Petra (2009). Fächerübergreifender Unterricht in der gymnasialen Oberstufe aus Sicht der Lehrenden. Eine qualitative Studie. Kassel: Kassel Univ. Press

Hoffmann, Clemens; Woest, Volker; Hoßfeld, Uwe (2017). Konzeption einer Ausbildung in integrierten Naturwissenschaften. In Christian Maurer (Hg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Tagungsband der GDCP-Jahrestagung. Regensburg, S. 644–647

Höttecke, Dietmar (2001). Die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern von der "Natur der Naturwissenschaften". In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 7, S. 7–23

Labudde, Peter (2003). Fächerübergreifender Unterricht in und mit Physik: Eine zu wenig genutzte Chance. In Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1 (2), S. 48–66

Neumann, Irene; Kremer, Kerstin (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 19, S. 209–232

Stübig, Frauke; Ludwig, Peter; Bosse, Dorit; Gessner, Elisabeth, Lorberg, Frank (2006). Bestandsaufnahme zur Praxis fächerübergreifenden Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe im Bundesland Hessen. Kassel: Kassel Univ. Press (Beiträge zur gymnasialen Oberstufe, 7)

Urhahne, Detlef; Kremer, Kerstin; Mayer, Jürgen (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. In Unterrichtswissenschaft 36 (1), S. 71–93

Wilhelm, Markus (2007). Was ist guter Naturwissenschafts-Unterricht? In Chimica et ceterae artes rerum naturae didacticae 33 (98), S. 67–86

Philipp Engelmann Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest

Fächerübergreifende Naturwissenschaften in der Weiterbildung von Lehrkräften

Einführung und Problemstellung

Die Diskussion um eine Vernetzung der Einzeldisziplinen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Deutscher Bildungsrat, 1969, S. 61f.; Kremer & Stäudel, 1997; Küster, 2014; Labudde, 2014) hat in Thüringen - wie auch in vielen weiteren Bundesländern - zur Einführung naturwissenschaftlicher Verbundfächer für die Jahrgangsstufen 5/6 (TMBJS, 2015a) sowie 9/10 (TMBJS, 2015b) geführt. Damit muss die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften der Naturwissenschaften für fächerübergreifendes Unterrichten als ein Kernproblem aktueller naturwissenschaftsdidaktischer Forschung angesehen werden. Im Rahmen des QLb-Projektes *Professionalisierung von Anfang an im Jenaer Modell der Lehrerbildung* (ProfJL)[1] wird an der Friedrich-Schiller-Universität Jena ein Weiterbildungsstudiengang für fächerübergreifende Naturwissenschaften entwickelt (Engelmann, Hoffmann & Woest, in Druck). Im Sinne eines Unterstützungssystems soll der Weiterbildungsstudiengang vor allem auf das fachfremde Unterrichten vorbereiten, das als eines der typischen Probleme beim Unterrichten integrierter Fächer betrachtet wird (Fruböse, Illgen, Kohm & Wollscheid, 2011; Dörges 2001). Dabei liegen die Schwerpunkte auf fachlichen, fachdidaktischen und explizit experimentellen Kenntnissen. Inhaltlich setzt die Weiterbildung in diesem Zusammenhang einen Fokus auf kontextbasierte Themen und Alltagsorientierung in einer fächerübergreifenden Betrachtung.

Forschungsdesign

Die Konstruktion der Weiterbildung orientiert sich am Konzept der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997). Grundlagen zu gelungenen Weiterbildungen, die hier als fachliche Klärung fungieren, wurden beispielsweise bei Lipowsky (2009), Smith und Gillespie (2007), Desimone (2009) und Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann und Blumberg (2006) zusammengefasst. Untersuchungen zu Weiterbildungswünschen von Lehrkräften zeigen, dass ein Fokus auf fachliche und fachdidaktische Themen, umfangreiche Experimentierphasen, ein intensiver Austausch mit Kollegen, Unterrichtsrelevanz und Begleitmaterialien gefordert werden (Melle & Neu, 1998; Zajicek, Hülsken, Wenning & Sandmann, 2015; Ansorge-Grein, Patzke & Bader, 2009). Als weitere Perspektiven der Lehrkräfte, die in der Sprache der didaktischen Rekonstruktion als Lernerperspektiven zu bezeichnen sind, müssen Überzeugungen zu und Probleme mit fächerübergreifendem Naturwissenschaftsunterricht hinzugezogen werden (Fruböse, Illgen, Kohm & Wollscheid, 2011; Küster, 2014; Labudde, Heitzmann, Heiniger & Widmer, 2005; Wilhelm, 2007). Um diese bisherigen Befunde mit der besonderen Situation für fächerübergreifendes Unterrichten in den Naturwissenschaften in Thüringen abzugleichen, wurde im Rahmen der Konstruktion eine Interviewstudie durchgeführt (Erhebung der Lernerperspektive). Im Folgenden werden erste Befunde der Studie dargestellt. Im Weiteren wird am Beispiel des Themas *Regenerative Kraftstoffe* die aus fachlicher Klärung und der Erhebung der Lernerperspektive resultierende didaktische Strukturierung vorgestellt.

[1] ProfJL wird im Rahmen der gemeinsamen *Qualitätsoffensiven Lehrerbildung* von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Für nähere Informationen zum Projekt siehe *https://www.profjl.uni-jena.de/*.

Erhebung der Lernerperspektive: Ergebnisse der Interviewstudie
Durch halbstrukturierte Interviews mit Thüringer Lehrkräften sollte erfragt werden,
- was guten fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht (FNU) aus Sicht der Lehrkräfte ausmacht,
- welche Probleme und Defizite von Seiten der Lehrkräfte beim Unterrichten von FNU gesehen werden und
- welche Merkmale eine gelungene Weiterbildung zu FNU auszeichnen.

Bis zum aktuellen Zeitpunkt (August 2017) wurden 12 Interviews mit Naturwissenschaftslehrkräften aller Schulformen geführt, von denen 8 transkribiert und für die letzte Fragestellung mithilfe der zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2010, S. 48-83) ausgewertet wurden. Da die Studie noch nicht angeschlossen ist, sind die bisherigen Ergebnisse (siehe Abb. 1) noch als vorläufig zu bezeichnen.

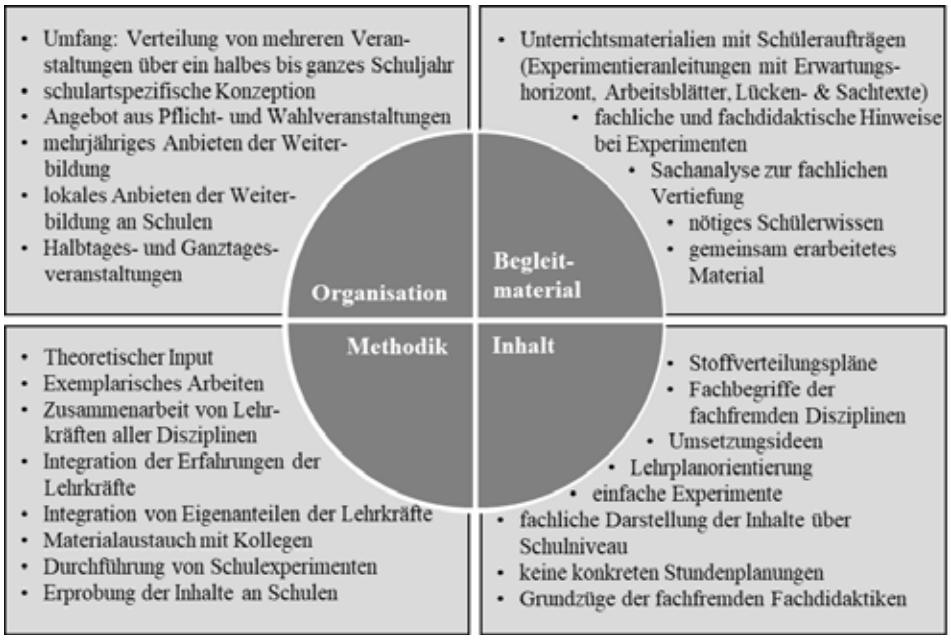


Abbildung 1: Vorläufige Ergebnisse der Interviewstudie zur Frage nach Merkmalen einer gelungenen Weiterbildung für FNU

Das Beispiel der Kugelfallmethode nach Stokes
Die Ergebnisse der Interviewstudie zeigen, dass sich die Lehrkräfte einen vertieften Einblick in die jeweilige fachfremde Disziplin wünschen, sowohl auf fachlicher wie fachdidaktischer Seite. Zudem werden einfache Experimente sowie konkrete Unterrichtsmaterialien und Umsetzungsideen anstelle von fertigen Unterrichtsstunden als attraktiv angesehen. Die Kugelfallmethode nach Stokes liefert dabei die Möglichkeit, in einem fächerübergreifenden Kontext (Regenerative Kraftstoffe: Vergleich der Eigenschaften) Grundzüge physikalischen Arbeitens aufzuzeigen.[2] So kann hier anhand von Gewichts-, Auftriebs- und Reibungskraft

[2] Die Grundlagen des Stokesschen Widerstandsgesetzes und der entsprechenden Messmethodik sind beispielsweise bei Stephani und Kluge (1995, S. 279-282), Schmutzer (1991, S. 545-550) und Demtröder (2006, S. 237f.) aufgeführt.

exemplarisch das Kräftegleichgewicht und deren Darstellung über Kraftpfeile diskutiert werden. In diesem Zusammenhang werden zudem relevante Schülervorstellungen zur Mechanik diskutiert, zum Beispiel die Vorstellung, dass zur Aufrechterhaltung einer geradlinig gleichförmigen Bewegung eine Kraft vonnöten sei (Hericks, 1993, S. 131). Denn bei der Kugelfallmethode nach Stokes fällt eine Kugel unter dem Einfluss der Schwerkraft in einer Flüssigkeit zunächst beschleunigt nach unten. Da die dem entgegen wirkende Reibungskraft jedoch geschwindigkeitsabhängig ist, stellt sich nach einer gewissen Zeit zusammen mit der wirkenden Auftriebskraft ein Kräftegleichgewicht ein. Aufgrund der dabei vorliegenden Randbedingung einer Anfangsgeschwindigkeit bewegt sich die Kugel geradlinig gleichförmig weiter (siehe Abb. 2). Mithilfe des Kräftegleichgewichts und der Messung der Falldauer der Kugel über eine definierte Fallstrecke kann letztlich die Viskosität bestimmt werden.

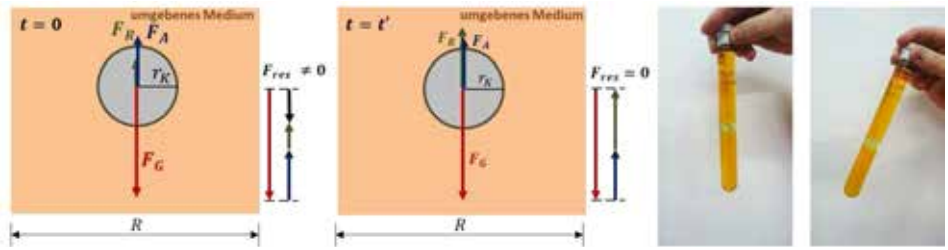


Abbildung 2: Kräftegleichgewicht bei der Kugelfallmethode nach Stokes (links) und experimentelle Umsetzung für die Weiterbildung (rechts)

In der experimentellen Umsetzung für die Weiterbildung werden Murmeln in mit verschiedenen Flüssigkeiten (Benzin, Rapsöl, Ethanol, Diesel, Biodiesel, Wasser) gefüllten Reagenzgläsern fallen gelassen (siehe Abb. 2). Diese Umsetzung entspricht zwar der Forderung nach möglichst einfachen Experimenten, sie widerspricht jedoch zwei Gültigkeitsbedingungen für die Kugelfallmethode nach Stokes ($r_K << R$, laminare Strömung). Da jedoch die Reagenzgläser und die darin befindlichen Murmeln bei jeder Flüssigkeit identisch sind, kann die Viskosität analog zu einem Höppler-Viskosimeter bestimmt werden, bei der etwaige Einflussfaktoren wie Reibungseffekte zwischen Flüssigkeitsschichten mit dem Innenmantel des Fallrohres in einer Kugelkonstanten zusammengefasst werden und auftretende Turbulenzen durch eine Schrägstellung ausgeglichen werden. Die annähernde Freihandvariante der hier dargestellten Umsetzung lässt aus praktisch-experimentellen Gründen jedoch nur einen qualitativen Vergleich der verschiedenen Flüssigkeiten hinsichtlich ihrer Viskosität zu. Im von den Lehrern gewünschten möglichst konkreten Unterrichtsmaterial wird diesem Umstand dadurch Rechnung getragen, dass die Viskositäten der beteiligten Flüssigkeiten vorgegeben sind und die Schülerinnen und Schüler die Reagenzgläser durch den Vergleich der Kugellaufzeiten zuordnen müssen.

Ausblick

Auf die in diesem Beitrag beispielhaft gezeigte Weise wurde die komplette Weiterbildung erstellt, die insgesamt sieben Veranstaltungen umfasst, unter denen sich neben dem Thema Regenerative Kraftstoffe auch Kontexte wie Bionik, Arzneimittel oder Nanomaterialien finden. Von August 2017 bis Juni 2018 wird diese Weiterbildung durchgeführt. Die begleitende Evaluation, die auf dem CIPP-Modell von Daniel Stufflebeam (Döring & Bortz, 2016, S. 1008-1011; Stufflebeam & Shinkfield, 2007) aufbaut, wird zur weiteren Anpassung der Weiterbildung beitragen.

Literatur

Ansorge-Grein, K., Patzke, B. & Bader, H. (2009). Qualitätsentwicklung in der Lehrerfortbildung. Anforderungen und Wirklichkeit. CHEMKON, 16 (3), 119-124.

Demtröder, W. (2006). Experimentalphysik 1. Mechanik und Wärme (4. Aufl.). Berlin: Springer.

Desimone, L. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. Educational Researcher, 38 (3), 181-199.

Deutscher Bildungsrat (1969). Einrichtung von Schulversuchen mit Gesamtschulen. Empfehlungen der Bildungskommission. Bonn: Deutscher Bildungsrat.

Dörges, A. (2001). Erfahrungen mit dem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. MNU, 54 (4), 230-232.

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

Engelmann, P., Hoffmann, C. & Woest, V. (in Druck). Fächerübergreifende Naturwissenschaften in der Aus- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern. In A. Gröschner, M. May, I. Winkler (Hrsg.), Lehrerbildung in einer Welt der Vielfalt. Befunde und Perspektiven eines Entwicklungsprojekts.

Fruböse, C., Illgen, J., Kohm, L., & Wollscheid, R. (2011). Unterricht im integrierten Fach Naturwissenschaften. Erfahrungen aus gymnasialer Sicht. MNU, 64 (7), 433-439.

Hericks, U. (1993). Über das Verstehen von Physik. Physikalische Theoriebildung bei Schülern der Sekundarstufe II. Münster: Waxmann.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. ZfDN, 3 (3), 3-18.

Kremer, A., & Stäudel, L. (1992). Integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht an Gesamtschulen. Zur Renaissance einer Reformidee. Pädagogik, 92 (7-8), S. 56-61.

Küster, J. M. (2014). Integrierter Naturwissenschaftlicher Unterricht. Stand der Diskussion und Desiderate aus heutiger Sicht. MNU, 67 (2), 109–112.

Labudde, P., Heitzmann, A., Heiniger, P. & Widmer, I. (2005). Dimensionen und Facetten des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts: ein Modell. ZfDN, 11, 103-115.

Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Dimensionen, Fakten. ZfDN, 20 (1), 11-19.

Lipowsky, F. (2009). Unterrichtsentwicklung durch Fort- und Weiterbildungsmassnahmen für Lehrpersonen. BzL, 27 (3), 346-360.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Greundlagen und Techniken (11. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Melle, I. & Neu, C. (1998). Die Fortbildung von Chemielehrerinnen und -lehrern. CHEMKON, 5 (4), 181-186.

Möller, K., Hardy I, Jonen A, Kleickmann, T. & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptionellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster, 161-193.

Schmutzer, E. (1991). Grundlagen der Theoretischen Physik mit einem Grundgriß der Mathematik für Physiker in vier Teilen. Teil 1. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.

Smith, C. & Gillespie, M. (2007). Research on professional development and teacher change: Implications for Adult Basic Education. Review of Adult Learning and Literacy, 7 (7), 205-244.

Stephani, H. & Kluge, G. (1995). Theoretische Mechanik. Punkt- und Kontinuumsmechanik. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Stufflebeam, D. L. & Shinkfield, A. J. (2007). Evaluation theory, models, and applications. San Francisco: Jossey-Bass.

TMBJS - Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2015a). Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife. Mensch-Natur-Technik. Abgerufen am 4. Oktober 2017 von https://www.schulportal-thueringen.de/media/detail?tspi=1393

TMBJS - Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2015b). Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife. Wahlpflichtfach Naturwissenschaften und Technik. Erprobungsfassung. Abgerufen am 4. Oktober 2017 von https://www.schulportal-thueringen.de/web/guest/media/detail?tspi=3702

Wilhelm, M. (2007). Was ist guter Naturwissenschafts-Unterricht? chim. etc. did. 33 (98), 67–86.

Zajicek, A., Hülsken, A., Wenning, S. & Sandmann, A. (2015). Online-Befragung zu Einstellungen und Erwartungen von Biologielehrkräften zu biologischen Fortbildungen. In U. Gebhard, M. Hammann & B. Knälmann (Eds.), Abstractband. Bildung durch Biologieunterricht. 20. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO und des Formums Fachdidaktik & Schulbiologie. 143-144.

Johannes Schulz
Burkhard Priemer
Humboldt-Universität zu Berlin

Messung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten

Die Beurteilung der Qualität von Messungen ist essentiell in Naturwissenschaft und Technik. Über die Fachdomänen hinaus ist die Behandlung von Messunsicherheiten aber auch in der Lehre bedeutsam, denn auch hier werden Folgerungen aus empirischer Evidenz gezogen. Um in diesem Bereich Kompetenzen von Schüler*innen valide und reliabel zu erfassen, bedarf es eines geeigneten Testinstrumentes. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse von empirischen Erhebungen zur Entwicklung eines solchen Testinstrumentes mit Schüler*innen für zwei Teilbereiche „Verlässlichkeit der Messung“ und „Vergleich von Messwerten“ des Themenfeldes Messunsicherheiten vorgestellt.

Theoretischer Hintergrund

Daten aus Experimenten lassen sich ohne Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten wissenschaftlich nicht sinnvoll bewerten. Trotzdem wird das Thema Messunsicherheiten in der Schule oft vernachlässigt. Um zukünftige Studien in diesem Bereich durchzuführen, bedarf es eines passenden Testinstrumentes. Auf Basis eines Sachstrukturmodells und einer Reduktion für die Schule (Hellwig, 2012; Priemer & Hellwig, 2016) wollen wir für jedes der darin enthaltenen zehn Konzepte einen Test bereitstellen sowie die Zusammenhänge zwischen einzelnen Konzepten auf Basis unser empirisch erhobenen Daten analysieren (vgl. Tab. 1).

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

Tabelle 1: Auszug aus dem Sachstrukturmodell (Hellwig 2012)

Forschungsfragen

In diesem Beitrag möchten Folgendes für die Konzepte „Verlässlichkeit der Messung und ihres Ergebnisses“ und „Vergleich von Messwerten“ untersuchen:

- Inwiefern lassen sich die Konzepte des Sachstrukturmodells in Form von Teilkompetenzen beschreiben, operationalisieren und messen?
- Welche Qualität haben die entwickelten Skalen auf Basis empirischer Daten einer Pilotierung?

Methode

Für die Entwicklung unseres Tests sind wir wie folgt vorgegangen: 1. Formulierung von Kompetenzen und deren Operationalisierung durch Testitems, 2. Expertenrating zur Validierung der Testitems und 3. empirischer Test der Items mit Schüler*innen.

Formulierung von Kompetenzen und Testitems
Für jedes der zehn Konzepte des Sachstrukturmodells haben wir auf Basis der Beschreibung der Inhalte sowie der Reduktionen aus (Hellwig, 2012; Priemer & Hellwig, 2016) Kompetenzen formuliert. Die Inhalte der zu den Konzepten gehörenden Subkonzepte aus dem oben genannten Modell wurden dabei ebenfalls berücksichtigt. Außerdem wurde darauf geachtet, mögliche Überschneidungen in den Inhalten der Konzepte auszuschließen. Exemplarisch sind in Tab. 2 die Subkonzepte für den Bereich „Verlässlichkeit der Messung" und darunter die zugehörigen Kompetenzen aufgeführt.

Aussagekraft	
Verlässlichkeit der Messung und ihres Ergebnisses	Genauigkeit des Schätzwertes
	Grad des Vertrauens
	Rückschlüsse auf die Messung

Tabelle 2: Konzept „Verlässlichkeit der Messung" aus Hellwig, 2012

Zu dem Konzept „Verlässlichkeit der Messung" wurden die folgenden Kompetenzen formuliert: Die Schüler*innen können…
- stellen eine Unsicherheitsbilanz auf und analysieren diese hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und der Stärke der Einflussfaktoren
- stellen eine Unsicherheitsbilanz auf und analysieren diese hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und der Stärke der Einflussfaktoren
- stellen eine Unsicherheitsbilanz auf und analysieren diese hinsichtlich ihrer Vollständigkeit und der Stärke der Einflussfaktoren

Zu diesen Kompetenzen wurden dann Multiple Choice Testitems konstruiert. Diese enthielten sowohl Single Select als auch Multi Select Antwortmöglichkeiten. Bei den Multi Select Antworten war stets mindestens eine und niemals alle Antwortmöglichkeiten richtig. Die Kodierung erfolgte bei beiden Itemarten dichotom. Fehlende Antworten wurden als Missings angegeben. Insgesamt wurden für jedes der beiden hier diskutierten Konzepte 17 Items formuliert. Bei der Formulierung der Items wurde außerdem darauf geachtet, dass Inhalte verwendet werden, die Schüler*innen aus dem Rahmenlehrplan oder ihre Lebenswelt vertraut sind. Zusätzlich wurde den Items ein maximal einseitiger Informationstext mit den wichtigsten Regeln und Fachbegriffen des jeweiligen Konzeptes vorgestellt, um fehlende fachliche Inhalte bereitzustellen.

Expertenrating
Für das Expertenrating wurden drei Experten aus dem Bereich Messunsicherheiten 52 von insgesamt über 120 Testitems aus allen Konzepten vorgelegt. Diese wurden zufällig ausgewählt mit der Besonderheit, dass aus jedem Konzept mindestens ein Item im Expertenrating vorkommen sollte. Die Experten wurden dann gebeten, die Items den jeweiligen Konzepten auf Basis der formulierten Kompetenzen zuzuordnen. Zusätzlich wurde ein 11-tes Konzept für „nicht passende" Items hinzugefügt. Darüber hinaus konnten die Experten auch einzelne Items direkt mit Kommentaren versehen.

Insgesamt haben die Experten 31 Items dem gleichen Konzept zugeordnet, 14 Items wurden von zwei Experten dem gleichen Konzept zugeordnet und 7 Items wurden in komplett verschiedene Konzepte einsortiert. Als Inter-Rater-Übereinstimmung ergab sich ein Fleiss´ Kappa von $\kappa = 0{,}67$. Für die sechs Items aus den beiden obigen Konzepten ergab sich ein Wert von $\kappa = 0{,}5$. Dies ergibt eine „moderate" bis „substanzielle" Übereinstimmung (nach Landis & Koch, 1977).

Pilotierung mit Schüler*innen

Zur Pilotierung wurden die Testitems insgesamt 143 Schüler*innen der Klassenstufe 8 - 12 aus sechs verschiedenen Berliner Schulen vorgelegt. Für die Bearbeitungsdauer gab es keine Beschränkung, insgesamt benötigte niemand länger als 90 Minuten. Um Ermüdungseffekte zu kompensieren, wurden in der Hälfte aller Testhefte die Reihenfolge der beiden Konzepte getauscht. Vor der Pilotierung wurden außerdem die Items gemäß den Anmerkungen der Experten überarbeitet und Testitems, die im Expertenrating in zwei oder mehr Kategorien fielen, überarbeitet.

Nach der Auswertung der erhobenen Daten mit R und Winsteps mit Hilfe der Item-Response-Theorie ergaben sich folgende EAP-Reliabilitäten: r = 0,54 für das Konzept „Verlässlichkeit der Messung“ und r = 0,8 für das Konzept „Vergleich von Messwerten“. Zur Überprüfung der Rasch-Konformität der Items wurden außerdem die Folgenden Parameter untersucht: MNSQ-Outfits, ICC-Plots, lokale statistische Unabhängigkeit, subgroup Invarianz, Homogenität der Items, Unsicherheiten der einzelnen Parameter. Im Ergebnis sind die Items weitestgehend Rasch-konform. Lediglich der MNSQ-Outfit eines Items lag außerhalb des von Linacre und Wright (1994) empfohlenen Intervalls von 0,7 - 1,3. Da alle Experten in diesem Item jedoch übereinstimmten und es u. E. ebenfalls inhaltskonform ist, haben wir das Item beibehalten. Die Wright-Maps der beiden Konzepte sind in Abb. 1 dargestellt.

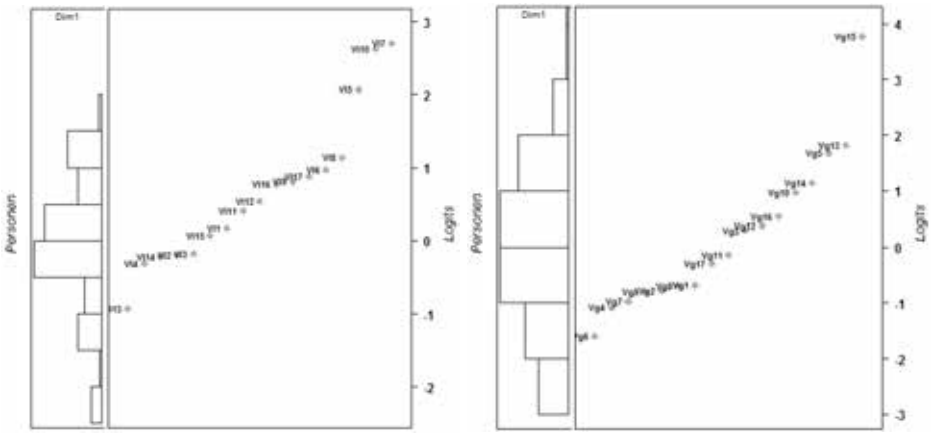


Abb. 1: Wright-Maps für die Konzepte „Verlässlichkeit der Messung“ (links) und „Vergleich von Messwerten“ (rechts)

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Messung der oben genannten Kompetenzen gut funktioniert und der Test in seiner Pilotversion akzeptabel ist. Zwar fehlen noch Items in bestimmten Schwierigkeiten, insgesamt wird jedoch die Fähigkeit der Schüler*innen gut getroffen und klare Unterschiede zwischen leichten und schwierigen Items sind erkennbar. Die Reliabilitäten sind hinreichend gut, wobei hier beachtet werden muss, dass aufgrund der im Sachstrukturmodell vorhandenen Subkonzepte Unterdimensionen auftreten können.

Aufbauend auf diesen Vorarbeiten (und anderen Pilotierungen weiterer Skalen des Modells) soll eine Hauptstudie mit ca. 750 Probanden folgen, um den Test mit allen zehn Dimensionen zu vervollständigen. Das dann erarbeitete Testinstrument soll perspektivisch die Möglichkeit bieten, Lernumgebungen und Instruktionen im Bereich der Messunsicherheiten in Bezug auf ihre Wirksamkeit zu untersuchen und Kompetenzzuwächse von Schüler*innen in den Konzepten des Modells zu erheben.

Literatur

BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP & OIML (1995/2008). Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM). Geneva: International Organization for Standardization.

Buffler, A., Allie, S., Lubben, F. & Campbell, B. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. International Journal of Science Education, 23 (11), 1137-1156.

Day, J. & Bonn, D. (2011). Development of the Concise Data Processing Assessment. Physical review special topics - physics education research 7, 010114. Doi: 10.1103/PhysRevSTPER.7.010114

Deardorff, D. (2001). Introductory physics students' treatment of measurement uncertainty (Diss., North State University, Raleigh, NC). https://www.ncsu.edu/PER/Articles/DeardorffDissertation.pdf

Department for Education and Employment & Qualifications and Curriculum Authority (1999). Science The National Curriculum for England. Retrieved from http://dera.ioe.ac.uk/4402/1/cSci.pdf

Garratt, J., Horn, A. and Tomlinson, J. (2000). Misconceptions about error. University Chemistry Education, 4(2), 54-57.

Hellwig, J. (2012). Messunsicherheiten verstehen – Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik.
Dissertation: http://www-brs.ub.ruhr-unibochum.de/netahtml/HSS/Diss/HellwigJulia

Jacobson, N. S., & Truax, P. (1991). Clinical significance: A statistical approach to defining change in psychotherapy research. Journal of Consulting and Clinical Psychology, 59, 12–19.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. Cognitive Science, 12, 1-48. doi:10.1207/s15516709cog1201_1

KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2004). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss [Science standards for middle school graduation for the school subject physics]. München: Wolters Kluwer.

Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data, Biometrics, 33.

Linacre, J. M. & Wright, B. D. (1994). Reasonable mean-square fit values, http://www.rasch.org/rmt/rmt83b.htm

Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. International Journal of Science Education, 18(8), 955-968.

Masnick, A. M., & Morris, B. J. (2008). Investigating the development of data evaluation: The role of data characteristics. Child Development, 79, 1032-1048. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01174.x.

Munier, V., Merle, H. & Brehelin, D. (2011). Teaching Scientific Measurement and Uncertainty in Elementary School. International Journal of Science Education, iFirst Article, 1-32, doi: 10.1080/09500693.2011.640360

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

Pedaste, Mäeots, Siiman, De Jong, Van Riesen, Kamp et al. (2015). Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. Educational Research Review (14), 47-61, https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Priemer, B. & Hellwig, J. (2016). Learning About Measurement Uncertainties in Secondary Education: A Model of the Subject Matter. International Journal of Science and Mathematics Education. doi:10.1007/s10763-016-9768-0.

Volkwyn, T. S. (2005), First year students' understanding of measurement in physics laboratory work. Dissertation at University of Cape Town.

Sarah Aretz[1,2]
David Buschhüter[2]
Andreas Borowski[2]
Sascha Schmeling[1]

[1]CERN
[2]University of Potsdam

The role of confidence in Ordered Multiple Choice items about the universe's expansion

Motivation

The Big Bang theory being the currently most accepted theory describing the evolution of the universe has, therefore, formed our modern scientific worldview. Imparting this to students through science teaching is a frequent request in science literacy discussion (e.g., American Association for the Advancement of Science, 1993; Schecker et al., 2004). Furthermore, the interest of young people in astrophysical and cosmological topics is above-average, irrespective of their country or gender (Schreiner & Sjøberg, 2004). But apparently, there is a need for better education development concerning better approaches for teaching certain topics in modern physics such as cosmology (Schecker et al., 2004). A common basis hereof is often the prior investigation of students' conceptions (Ausubel, 1968; Anderson, 2007). When teaching cosmology, the expansion of the universe is a very important aspect as one of the three pillars of the Big Bang theory. To assess students' cognitive level of understanding hereof, follow their progression in an efficient and not time consuming way and, thus, to adapt and improve teaching, there is a need for easily applicable and evaluable tests.

Theory: Construct Maps and Ordered Multiple Choice items

To assess students' level of understanding of a concept, Ordered Multiple Choice (OMC) items can be used. The underlying basis for such items is a construct map, which consists of different consecutive levels each representing a certain level of understanding such as for example the model of student understanding of matter (Hadenfeldt & Neumann, 2012) or of force and motion (Alonzo & Steedle, 2009). Assuming that the progression of understanding is following the structure of a construct map, students should be situated in one or else two adjacent levels. On the basis of such a construct map OMC items can be developed – the second principle according to Wilson (2009) of the BEAR Assessment System. In such an item each answer option corresponds to one level of understanding of the underlying construct map. Therefore, a students' answer is not just correct or wrong, but can be classified into a certain cognitive level of understanding. These items have the same time efficiency as conventional MC items, but at the same time can provide more diagnostic information. They were first suggested by Briggs et al. (2006) and could ultimately "help schools and teachers adapt their instructional and intervention strategies" (Lin et al., 2010, p.3). There has been no research yet on OMC items in cosmology or on how the consideration of confidence levels affects their outcome regarding students' assignment to levels of the construct map.

Research Questions

- Can the students be assigned to a certain level or two adjacent levels of understanding by means of OMC items on the basis of the construct map and how does the level distribution look like?
- Which influence does the consideration of students' confidence in their response behaviour have on the students' assignment to the levels of understanding?

Design and Method

On the basis of our developed construct map of the 'expansion of the universe' (Aretz et al., 2017) with five levels plus a level 0 for no answer or idea, we designed OMC items including confidence levels for each item to be chosen by the students. The first intention was to investigate if the developed OMC items work in terms of assigning the majority of students to one level or two adjacent levels of the underlying construct map by means of these items. The second intention was the investigation of the role of the students' confidence in that process. The hypothesis here is that the consideration of the confidence level has an impact on assigning the students properly to certain levels of understanding.

The sample consisted of N=822 high school students (15-20 years) from 20 different German schools in six federal states. All students completed a questionnaire with 20 questions about cosmology and 10 questions about the structure and composition of matter including the four developed OMC items about the expansion of the universe. This was conducted in normal class situations under the supervision of their teacher before any instruction took place (if at all). The test was anonymous and directly sent back by the teacher after its application. In order to test our construct map, we are focussing here on the results of the OMC items about the expansion of the universe. Each OMC item had five possible answer options, in which the students were only allowed to choose one of them. After each question the students should state their confidence of the corresponding answer on a scale from 1 (low confidence) to 5 (high confidence). The data was then analysed with the statistic programme 'R'.

Results

After recoding the answer options of the OMC items according to the levels of the underlying construct map, the data was analysed regarding how many different levels were chosen per student. In the first step the stated confidence levels of these answers were not taken into account yet (see left side of Figure 1). For the assignment along the x-axis, the mean of the achieved levels of understanding was calculated. Subsequently the students were divided into the so-called level range. Hereby '1' in Figure 1 means that students in this category chose answer options in the OMC items referring to the same level of understanding of the construct map. Students, who chose answer options referring to two adjacent levels of the construct map, are in '2' concerning the level range. '1 slip' means that all answer options except for one are referring to the same level of understanding. All other possibilities are represented in '3 and more', for instance having either chosen 3 adjacent levels or 2 levels separated by another one (e.g., levels 1 & 3).

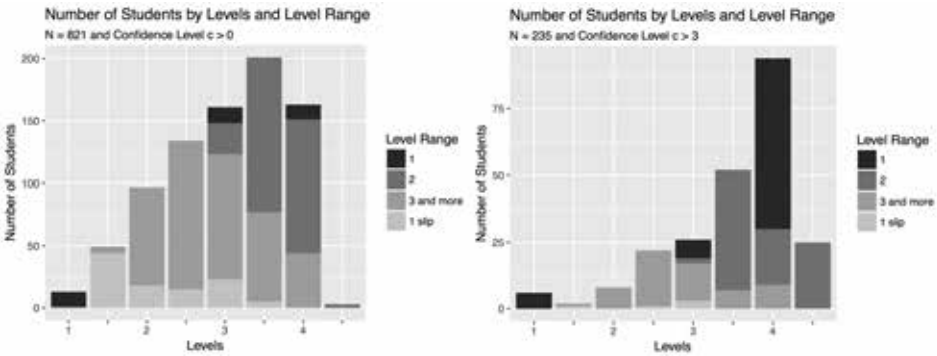


Figure 1: Students' assignment to levels of understanding with (right) and without (left) consideration of their confidence

Looking only at answers of OMC items with stated confidences of 4 or 5 on a scale from 1 to 5, the bar chart on the right in Figure 1 is obtained. For that diagram N=235 students contributed with at least two given answers with confidences of 4 or 5. All other students either had stated lower confidences or only one of four possible answers was left with a confidence of 4 or 5. In the latter case the assignment would have been trivial and, therefore, these students were taken out.

Without consideration of students' confidences about one third can be assigned to one or two adjacent levels of the underlying construct map. These students are mainly situated in levels 3 and 4. Taking the confidence into account, many students drop out, but more than 70% of the remaining students can be assigned properly to the levels of understanding.

Discussion, Conclusion and Outlook

The developed OMC items about the expansion of the universe and our analysis approach seem to work in general quite well regarding the resulting assignment of students to the levels of the underlying construct map, but only if the students' confidence is taken into account. Looking at the left side of Figure 1, 63,7% of the students can't be assigned to one or else two adjacent levels of understanding. If only answers with the highest confidences of 4 or 5 are taken into account (right side of Figure 1), many students drop out, but more than 70% of the remaining students can be situated well into the levels of the construct map. Moreover, it is also evident that teaching has to take into account huge differences in students' conceptions regarding different levels of understanding as well as spontaneous associations, which might occur just at the moment students are confronted with a subject.

The consideration of students' confidence has also an effect on the sample size of the remaining students. Many students drop out because of their low stated confidences. These students seem to have no underlying conceptions fitting into a construct so that the developed construct map with its different consecutive levels cannot apply here. Therefore, these students might just guess every answer and, thus, can't be assigned properly. Here the results suggest that when there is no existing concept, the consideration of confidence can improve the overall outcome.

It is also important that students can be assigned relatively secure with a minimum of items. Obviously the sensitivity of OMC items increases with confidence as shown in Figure 1. The stated confidence levels after each question being taken into account, it is evident that a good assignment of the students into the levels is possible for the majority of the remaining students by means of just a few items. The next step is an item response theoretical approach and the application of a Partial Credit Model for the whole test instrument. The questionnaire has been translated into 18 different languages. Hence, data is collected in parallel and will be analysed from countries all over the world. Furthermore, another possibility is the implementation of an intervention in school and/or university and the analysis of the impact on the results shown above.

Acknowledgement

This study is sponsored by the Wolfgang Gentner Programme of the Federal Ministry of Education and Research, Germany.

References

Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. Science Education, 93(3), 389–421.

American Association for the Advancement of Science (1993). Benchmarks for Science Literacy – Project 2061. Oxford University Press (1993).

Anderson, C. W. (2007). Perspectives on science learning. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp. 3 – 30). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Aretz, S., Borowski, A. & Schmeling, S. (2017). Development and Evaluation of a Construct Map for the Understanding of the Expansion of the Universe. Science Education Review Letters, Volume 2017, pp. 1-8.

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart, and Winston.

Briggs, D. C., Alonzo, A. C., Schwab, C., & Wilson, M. (2006). Diagnostic assessment with ordered multiple-choice items. Educational Assessment, 11(1), 32–63.

Hadenfeldt, J. C., & Neumann, K. (2012). Die Erfassung des Verständnisses von Materie durch Ordered Multiple Choice Aufgaben. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 317–338.

Lin, J., Chu, K., & Meng, Y. (2010). Distractor rationale taxonomy: Diagnostic assessment of reading with Ordered Multiple-Choice items. Paper presented at the annual meeting of American Educational Research Association, Denver, Colorado.

Schecker, H., Fischer, H. E. & Wiesner, H. (2004). Kerncurriculum Physik. In A. Pitton (Eds.), Chemie- und physikdidaktische Forschung und naturwissenschaftliche Bildung (pp. 126–128).

Schreiner, C., Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (the relevance of science education) – a comparative study of students' views of science and science education, Acta Didact. 2004, University of Oslo, Dept. of Teacher Education and School Development.

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.

Wilson, M. (2009). Measuring progressions: assessment structures underlying a learning progression. Journal of Research in Science Teaching, 46(6), 716–730.

Heiko Krabbe[1]
Frederike Förster[1]
Hans E. Fischer[2]

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

Leistungsentwicklung im Physikunterricht der Sekundarstufe I

Ausgangslage

Das Projekt „Ganz In - Mit Ganztag mehr Zukunft. Das neue Ganztagsgymnasium NRW" (Berkemeyer et al., 2010) hat zum Ziel, durch die bedarfsorientierte Entwicklung von Ganztagsangeboten eine allgemeine Verbesserung der Schülerleistungen zu erreichen. Als Monitoring wurde in den Jahren 2010 bis 2014 in einer Längsschnittuntersuchung die Leistungsentwicklung in den Fächern, Deutsch, Englisch, Mathematik, Biologie, Chemie und Physik untersucht. Außerdem wurde der soziokulturelle Hintergrund, Unterrichtsqualität, Unterrichtsentwicklung und Organisationskultur durch Hintergrundfragebögen erfasst.
An dieser Stelle wird nur die Leistungsentwicklung im Fach Physik in Verbindung mit dem soziokulturellen Hintergrund betrachtet. Es stellen sich folgende Fragen:

- Welche Entwicklungsverläufe von Klasse 5 nach Klasse 9 kann man beobachten?
- Welche Zusammenhänge mit den Hintergrundvariablen lassen sich feststellen?
- Wie lässt sich der Leistungsstand der Schülerinnen und Schüler charakterisieren?

Design und Auswertung

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die durchgeführten Erhebungen der ersten Kohorte im Längsschnitt. Für eine zweite Kohorte wurden, um zwei Jahre versetzt, Erhebungen in Klasse 5 und Klasse 7 durchgeführt aber noch nicht ausgewertet.

	9/10 2010	9/10 2012	9/10 2014
Kohorte 1 N=3749	Klasse 5 N = 3244	Klasse 7 N = 2928	Klasse 9 N = 2724
Kohorte 2		*Klasse 5*	*Klasse 7*

Tab. 1: Erhebungszeitpunkte und Stichproben

In Klasse 5, 7 und 9 der ersten Kohorte wurden jeweils ein Fachwissenstest mit 34 Multiple-Choice-Single-Select-Aufgaben durchgeführt, Basis für die Tests waren veröffentlichte Aufgaben von TIMSS (1995, 1999, 2003, 2007, 2011), dem PLUS-Projekt (Ohle, 2010), Aufgaben aus dem Längsschnitt zur Energie von Viering, Fischer & Neumann (2010), Aufgaben aus einem Mechaniktest für Klasse 8 (Zander, 2015) sowie Aufgaben, die in Anlehnung an die Forschung zu Schülervorstellungen entwickelt wurden (Müller, Wodzinski & Hopf, 2007).

	Items je Inhaltsgebiet	MNSQ	EAP/PV Reliabilität	Trennschärfe
Klasse 5	Elektrizitätslehre: 7, Magnetismus: 2 Wärmelehre: 8, Optik: 7, Energie: 6, Mechanik: 4.	[0.92; 1,05]	.59	[0.07; 0,43]
Klasse 7	Elektrizitätslehre: 6, Wärmelehre: 7, Optik: 7. Energie: 7, Mechanik:7.	[0.96; 1,07]	.65	[0.09; 0,27]
Klasse 9	Elektrizitätslehre 6, Wärmelehre 7, Optik 7, Energie 6, Mechanik 8	[0.92; 1.10]	.78	[0.16; 0.49]

Tab. 2: Inhaltsgebiete und Kennwerte der Testaufgaben

Die abgedeckten Inhaltsfelder sind in Tabelle 2 angegeben. Die Aufgaben wurden zunächst für die drei Messzeitpunkte separat Rasch-skaliert. Die zunehmende Reliabilität zeigt, dass sich das breitangelegte Konstrukt „Fachwissen in Physik“ erst im Laufe der Mittelstufe

entwickelt und zuverlässig erfassen lässt. Entsprechend mussten wegen unzureichender Trennschärfen (< .25) 12 Items in Klasse 5, fünf Items in Klasse 7 und ein Item in Klasse 9 ausgeschlossen werden. Dabei handelte es sich hauptsächlich um Items mit Bodeneffekten. Dadurch verblieben von den ursprünglich 13 identischen Aufgaben zwischen den Tests in Klassen 5, 7 und 9 noch sechs Ankeraufgaben.
Zudem ergab sich das Problem, dass die Ankeritems zu unterschiedlichen Inhaltsfeldern gehörten (Elektrizitätslehre 1, Wärmelehre 2, Optik 1, Energie 1, Mechanik 1) und sich im Verlauf des Längsschnitts relativ zueinander verschoben haben. Für die Analysen wurden Between-Group Repeated Measurement ANOVAs gerechnet.

Ergebnisse
Bei den 1952 Schülerinnen und Schülern, für die zu allen drei Messzeitpunkten Daten vorlagen, zeigt sich (Tabelle 3) von Klasse 5 bis Klasse 7 ein signifikanter Lernzuwachs, wogegen sich kein Zuwachs von Klasse 7 bis Klasse 9 ergibt.

	N	M_5	SD_5	M_7	SD_7	M_9	SD_9	$d_{7\text{-}5}$	$d_{9\text{-}7}$
	1952	300	100	377	91	393	113	0,7**	0,2
Mädchen	1051 (53,8%)	286	96	366	87	380	105	0,9**	0,1
Jungen	900 (46,1%)	316	102	391	95	409	121	0,8**	0,2

*Tab. 3: Leistungsentwicklung von Klasse 5 bis Klasse 9. Der mittlere Leistungsstand wurde für Klasse 5 auf 300 mit Standardabweichung 100 normiert. ** bedeutet p < 0.01.*

Zu allen drei Messzeitpunkten schnitten die Mädchen signifikant ($p < 0.01$) schlechter ab als die Jungen, aber die Leistungsentwicklung verläuft parallel.
Mittels latenter Klassenanalysen konnten über den gesamten Zeitverlauf drei Gruppen gebildet werden (siehe Tabelle 4), die sich zu jedem Messzeitpunkt signifikant ($p < 0.01$) in der durchschnittlichen Personenfähigkeit unterscheiden (vgl. auch Krabbe & Fischer, 2012; Krabbe & Fischer, 2014).

Gruppe	*N*	M_5	SD_5	M_7	SD_7	M_9	SD_9	$d_{7\text{-}5}$	$d_{9\text{-}7}$
Stark	432 (22%)	385	81	467	70	531	70	1,1**	0,9**
Mittel	922 (47%)	305	82	376	69	407	58	0,9**	0,5**
Schwach	598 (31%)	231	87	315	82	273	68	1,0**	-0,6**

*Tab. 4: Leistungsentwicklung der drei Entwicklungsgruppen von Klasse 5 bis Klasse 9. Der mittlere Leistungsstand wurde für Klasse 5 auf 300 mit Standardabweichung 100 normiert. ** bedeutet p < 0.01.*

Während sich die Leistungsentwicklung von Klasse 5 nach Klasse 7 zwischen den drei Gruppen nicht signifikant unterscheidet, zeigt sich zwischen Klasse 7 und Klasse 9 eine deutliche andere Entwicklung. Die starke Gruppe weist weiterhin eine ähnlich große Leistungsentwicklung auf wie zwischen Klasse 5 und Klasse 7, wogegen die Entwicklung für die mittlere Gruppe nur noch etwa halb so groß ist. Die schwache Gruppe verschlechtert sich sogar.
Hinsichtlich der Hintergrundvariablen (Tabelle 5) zeigte sich beim kulturellen Kapital (Bücher im Haushalt) ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen (bis 100 Bücher und ab 100 Bücher) zu allen drei Messzeitpunkten. Die Entwicklung von Klasse 5 nach Klasse 7 verläuft parallel, bis Klasse 9 nimmt der Abstand zu, die Gruppe mit weniger als 100 Büchern zeigt einen geringeren Zuwachs ($p < 0.01$).
Beim ökonomischen Kapital ist die Gruppe mit mehr als 50.000 € Jahresbruttoeinkommen der Eltern ($p < 0.01$) im Leistungsstand signifikant besser als die beiden Gruppen mit geringerem Einkommen. Der Unterschied verschwindet in Klasse 7, aber in Klasse 9 unterscheiden sich alle drei Gruppen signifikant ($p < 0.001$). Je höher das Jahreseinkommen, desto besser ist die Leistungsentwicklung, wobei die Gruppe mit dem geringsten Jahreseinkommen nachlässt.

Kinder, deren beide Elternteile in Deutschland geboren wurden, schneiden durchweg am besten ab. Während die Entwicklung von Klasse 5 bis Klasse 7 für alle Gruppen vergleichbar ist (wenn man von den 26 im Ausland geborenen Jugendlichen absieht), entwickeln sich Schülerinnen und Schüler, deren Eltern beide im Ausland geboren wurden zwischen den Klassen 7 und Klasse 9 schlechter.

	N	M_5	SD_5	M_7	SD_7	M_9	SD_9	d_{7-5}	d_{9-7}
Kulturelles Kapital									
bis 100 Bücher	1051 (53,8%)	287	96	367	89	373	107	0,9**	0,1
ab 100 Bücher	899 (46,1%)	316	102	390	93	418	116	0,8**	0,3
Ökonomisches Kapital									
bis 20000€	189 (9,7%)	276	96	369	95	357	104	1,0**	-0,1
ab 20000€ bis 50000€	586 (30,0%)	291	94	376	89	387	115	0,9**	0,1
ab 50000€	382 (19,6%)	314	102	372	89	405	106	0,6**	0,3
Migrationshintergrund (Geburtsort)									
beide Eltern im Ausland									
Jugendlicher im Ausland	26 (1,3%)	275	101	384	86	387	91	1,2**	0,0
Jugendlicher in Deutschland	370 (19,0%)	286	92	367	89	373	105	0,9**	0,1
ein Elternteil im Ausland	153 (7,8%)	294	107	372	91	395	111	0,8**	0,2
beide Eltern in Deutschland	805 (41,2%)	318	100	391	89	419	114	0,8**	0,3

Tab. 5:Einfluss der Hintergrundvariablen auf den Leistungsstand in Klasse 5, 7 und 9 und den Lernzuwachs.

Es wurde auch versucht, den Leistungsstand der drei Leistungsgruppen in Klasse 9 anhand der Aufgaben zu charakterisieren, die mit mehr als 50% Wahrscheinlichkeit gelöst wurden. Von der schwächsten Gruppe können hauptsächlich Aufgaben gelöst wurden, für die Erfahrungswissen ohne fachliches Verständnis ausreichen. Beispiele sind Aussagen über die gleiche Helligkeit zwei gleicher Lampen in einer Reihenschaltung oder die Reihenfolge, in der Wachsbohnen von einer Metallstange abfallen, die an einem Ende erwärmt wird. Die inhaltliche Unterscheidung der mittleren von der starken Gruppe fällt dagegen schwer. Die mittlere Gruppe ist in der Lage, bei einem Wasserkraftwerk dem Wasser die Energieform Lageenergie zuzuordnen und aus der Bewegungsenergie die mögliche Höhe eines Stabhochsprungs abzuschätzen. Sie scheitert aber an der Definition der Leistung als Energie pro Zeit und dem Vergleich der Arbeit beim Heben von Kartons zwischen verschieden Regalbrettern. Möglicherweise spielen hier unterschiedliche Unterrichtsinhalte eine Rolle

Diskussion und Ausblick

Während in allen betrachteten Variablen zwischen Klasse 5 und Klasse 7 eine weitgehend gleiche Entwicklung zwischen den betrachteten Gruppen festgestellt werden kann, tun sich zwischen Klasse 7 und Klasse 9 deutliche Unterschiede auf. Die gebildeten Leistungsgruppen zeigen, dass ein Drittel der Schülerinnen und Schüler bis Klasse 9 komplett den Anschluss verliert. Da die Gesamtentwicklung bei Jungen und Mädchen parallel verläuft, kann eine pubertätsbedingte Interessensverschiebung kaum als Erklärung dienen. Bezüglich der soziokulturellen Hintergrundvariablen treten die erwarteten Benachteiligungen für Kinder aus bildungsfernen Familien, schwächeren Einkommensgruppen und mit Migrationshintergrund hervor. Offenbar gelingt es den Ganztagsschulen in der Mittelstufe nicht mehr, soziokulturelle Unterschiede auszugleichen. Ein Grund dafür kann sein, dass durch die Schulzeitverkürzung (G8) in der Stundentafel der Mittelstufe kaum Kontingente für Förder- und Lernzeiten übrigbleiben. Die Zusammensetzung der Leistungsgruppe bezüglich der Hintergrundvariablen muss genauer analysiert werden. Ebenso sind DIF-Analysen der Items in Bezug auf die Messzeitpunkte und Leistungsgruppen notwendig.

Literatur

Berkemeyer, N., Bos, W., Holtappels, H. G., Meetz, F. & Rollett, W. (2010). "Ganz In": Das Ganztagsgymnasium in Nordrhein-Westfalen. In Nils Berkemeyer, Wilfried Bos, Heinz Günter Holtappels, Nele McElvany und Renate Schulz-Zander (Hrsg.), Jahrbuch der Schulentwicklung, Band 16. Daten, Beispiele und Perspektiven (S. 131-152). Weinheim: Juventa

Krabbe, H. & Fischer, H. E. (2012). Fachwissen im Bereich Physik beim Übergang auf das Gymnasium. In: S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht (S. 563-565). Münster: LIT-Verlag.

Krabbe, H. & Fischer, H. E. (2015). Leistungsentwicklung im Physikunterricht der gymnasialen Unterstufe. 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. 367-369). Kiel: IPN

Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M. (Hg.) (2007). Schülervorstellungen in der Physik. Köln: Aulis Verlag Deubner

Ohle, A. (2010). Primary School Teachers Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching on Studens Achievements. Berlin: Logos.

TIMSS (1995, 1999, 2003, 2007). http://timss.bc.edu/ (3.4.2010)

Viering, T., Fischer, H. E., & Neumann, K. (2010). Die Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. In E. Klieme (Ed.), Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes. 56. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, Heft 2/2010 (S.Â 92-103). Weinheim [u.a.]: Beltz.

Zander, S. (2015). Schülertest Mechanik Fach Physik. In H. E. Fischer (Hrsg.) *Instrumente fachdidaktischer Unterrichtsforschung Band 1* (27-29). Essen: Forschergruppe und Graduiertenkolleg nwu-essen. http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-39989/Instrumente_fachdidakt_Unterrichtsforschung_Bd_1.pdf.

Kathrin Ziepprecht
Katharina Gimbel
Mareike Frevert
Rebekka Roetger
Jürgen Mayer
David-Samuel Di Fuccia
Rita Wodzinski

Universität Kassel

Aktuelle naturwissenschaftliche Forschung in der Lehrerausbildung – erste Ergebnisse aus dem Projekt Contemporary Science

Im Symposium „Aktuelle naturwissenschaftliche Forschung in der Lehrerausbildung“ wurden erste Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Contemporary Science“ der drei Arbeitsgruppen Didaktik der Biologie, Didaktik der Chemie und Didaktik der Physik der Universität Kassel vorgestellt. „Contemporary Science“ ist Teil des Kasseler Qualitätsoffensiveprojektes „Professionalisierung durch Vernetzung“ (PRONET) (Mayer et al., 2017). Der Leitgedanke der Vernetzung wird in PRONET u.a. durch die inneruniversitäre und phasenübergreifende Verschränkung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Wissens- und Kompetenzbereiche umgesetzt. Ziel ist es hierbei, die entsprechenden Ausbildungsinhalte so miteinander zu verknüpfen, dass sie sich gegenseitig ergänzen und vertiefen, um so die Professionsentwicklung angehender Lehrkräfte zu fördern.

In „Contemporary Science“ erfolgt die Vernetzung von fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Studienanteilen am Beispiel moderner naturwissenschaftlicher Forschung im Rahmen von Lernumgebungen für angehende Biologie-, Chemie- und Physiklehrkräfte. Die aktuellen Forschungsgegenstände werden zunächst aus fachwissenschaftlicher Perspektive betrachtet, wobei der Blick auch auf die Praxis naturwissenschaftlicher Forschung gerichtet wird. Auf fachdidaktischer Ebene werden mögliche schulische Zugänge zu Aspekten moderner Naturwissenschaft erarbeitet und diskutiert.

Theoretischer Hintergrund zur professionellen Handlungskompetenz

Die professionelle Kompetenz von angehenden Lehrkräften setzt sich aus dem Professionswissen, den professionellen Überzeugungen, den motivationalen Orientierungen und den selbstregulativen Fähigkeiten zusammen (Baumert & Kunter, 2006). Das Projekt „Contemporary Science“ fokussiert auf die beiden zuerst genannten Kompetenzaspekte.

Im Bereich des Professionswissens liegt der Schwerpunkt auf dem Fachwissen und dem fachdidaktischen Wissen. Das Fachwissen umfasst Wissen und Kenntnisse über Konzepte der Fachwissenschaft und mündet in einem tiefen Verständnis des zu unterrichtenden Schulstoffs. Wissen und Kenntnisse über Schülervorstellungen und deren Bedeutung für den Unterricht sowie darüber, mit welchen Instruktionsstrategien die fachlichen Inhalte vermittelt werden können, bilden Bereiche des fachdidaktischen Wissens (Baumert & Kunter, 2006; Kunter & Pohlmann, 2015; Shulman, 1987).

Als Teile der professionellen Überzeugungen werden u.a. die lehr-lerntheoretischen und die epistemologischen Überzeugungen beschrieben (Baumert & Kunter, 2006). Die lehr-lerntheoretischen Überzeugungen werden in konstruktivistische und transmissive Überzeugungen unterteilt. Personen mit transmissiven Überzeugungen gehen davon aus, dass Wissen von einer Lehrkraft auf die Schülerinnen und Schüler übertragen werden kann,

wohingegen Personen mit konstruktivistischen Überzeugungen der Meinung sind, dass Lernen ein selbstgesteuerter und aktiver Prozess ist (Staub & Stern, 2002). Innerhalb der Naturwissenschaften stellen die Überzeugungen zu Nature of Science das korrespondierende Konstrukt zu den epistemologischen Überzeugungen dar (Neumann & Kremer, 2013). Beide Konstrukte weisen Unterschiede, aber vor allem auf inhaltlicher Ebene auch große Überschneidungen auf. Beispielsweise umfasst der Bereich „Sicherheit des Wissens" der epistemologischen Überzeugungen das, was unter den Nature of Science-Aspekt „Vorläufigkeit" gefasst wird (Neumann & Kremer, 2013). Zusätzlich zu den Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen werden im Bereich Nature of Science Wissen und Vorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden (z.B. es existiert keine universelle naturwissenschaftliche Methode) und über Institutionen und soziale Handhabungen (z.B. die Naturwissenschaften sind durch soziale, technische und historische Umstände beeinflusst) zusammengefasst (Osborne et al., 2003).

Projektspezifische Ausdifferenzierung des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens

Fachliches und fachdidaktisches Wissen sind fachspezifische Komponenten des Professionswissens (Kunter & Pohlmann, 2015) und müssen in verschiedenen Fächern für unterschiedliche Fachinhalte konkretisiert werden (Gimbel, Ziepprecht & Mayer, 2017). In „Contemporary Science" bestehen direkte Kooperationen der Fachdidaktiken mit den Fachwissenschaften. Beispielsweise arbeitet die Didaktik der Biologie mit der Entwicklungsgenetik, die Didaktik der Chemie u.a. mit der physikalischen Chemie und die Didaktik der Physik u.a. mit der Laborastrophysik zusammen. Dementsprechend erfolgt die Ausdifferenzierung des Fachwissens entsprechend des Forschungsschwerpunkts der kooperierenden fachwissenschaftlichen Arbeitsgruppe (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ausdifferenzierung des Fachwissens und des fachdidaktischen Wissens

Beispiele für die Ausdifferenzierung des Fachwissens	**Biologie (Genetik)**	**Chemie (u.a. Physikalische Chemie)**	**Physik (u.a. Laborastrophysik)**
	- Aufbau von DNA & Proteinen - Ablauf einer PCR	- Randomlaser - Synthese optischer Materialien - Organische Multischichten	- Infrarotspektroskopie von Silizium-Kohlenstoff
Beispiele für die Ausdifferenzierung des fachdidaktischen Wissens	**Biologie**	**Chemie**	**Physik**
	- Didaktische Analyse moderner Forschungsgegenstände		
	- Schülervorstellungen - Instruktionsstrategien	- Repräsentationsräume	- naturwissenschaftliche Arbeitsweisen

Beispielsweise werden in der Lernumgebung des Faches Biologie Inhalte der Genetik wie der Aufbau der DNA, der Aufbau von Proteinen oder der Ablauf der PCR thematisiert. In der Lernumgebung der Chemie geht es u.a. um Randomlaser und die Synthese von optischen Materialien. Die Lernumgebung der Physik fokussiert u.a. auf die Infrarotspektroskopie von Silizium-Kohlenstoff. In allen drei Fächern liegt ein Schwerpunkt im Bereich des fachdidaktischen Wissens auf der didaktischen Analyse moderner Forschungsgegenstände. Weitere Schwerpunkte liegen in der Biologie auf Schülervorstellungen beispielsweise zur

Größe und Funktion von Genen. In der Chemie werden über die didaktische Analyse hinaus Repräsentationsräume und in der Physik naturwissenschaftliche Arbeitsweisen thematisiert.

Förderung der professionellen Kompetenz in vernetzte Lernumgebungen
Ziel des Projektes „Contemporary Science“ ist es, das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen zu vernetzen und gleichzeitig die Überzeugungen zu Nature of Science zu fördern. Im Rahmen von PRONET werden über die einzelnen Teilprojekte hinweg verschiedene Modelle für die Vernetzung unterschiedlicher Professionswissensbereiche bzw. Kompetenzaspekte im Rahmen von Lernumgebungen diskutiert. In „Contemporary Science“ wird in allen drei Fächern das Integrationsmodell genutzt (Mayer, Ziepprecht & Meier, 2018, im Druck). In eine fachdidaktische Veranstaltung wird dabei die Vermittlung von Fachwissen integriert. Das Integrationsmodell wird im Projekt umgesetzt, indem in Zusammenarbeit mit Fachwissenschaftlerinnen und Fachwissenschaftlern ausgewählter Fachgebiete bzw. Forschungsgruppen der Universität Kassel aktuelle fachwissenschaftliche Forschungsgegenstände identifiziert werden, die Anknüpfungspunkte für den naturwissenschaftlichen Unterricht bieten. Die Lehramtsstudierenden der Biologie, Chemie und Physik beschäftigen sich mit den ausgewählten Forschungsgegenständen ihres jeweiligen Faches (z.B. mit personalisierter Medizin, interstellaren Molekülen oder organischen Leuchtdioden). Dabei werden sie von Fachwissenschaftlerinnen und Fachwissenschaftlern begleitet, wodurch sie zudem auf methodischer Ebene mit aktuellen Arbeitsweisen der Forschung in Kontakt kommen und Einblicke in die universitären Forschungsgruppen erhalten. Daran anknüpfend entwickeln die Lehramtsstudierenden ausgehend von unterschiedlichen fachdidaktischen Aspekten wie beispielsweise Schülerkognitionen und Instruktionsstrategien Möglichkeiten einer Begegnung mit den Forschungsgegenständen im Unterricht. Diese werden in den Veranstaltungen diskutiert und in Form einer schriftlichen Ausarbeitung konkretisiert.

Ergebnisse in Bezug auf die Professionsentwicklung angehender Biologie-, Chemie- und Physiklehrkräfte werden in den nachfolgenden Beiträgen aus dem Symposium dargestellt. Diese fokussieren auf:

(1) die Zusammenhänge zwischen dem fachlichen Wissen, dem fachdidaktischen Wissen sowie den fachbezogenen Überzeugungen und die Förderung dieser Aspekte durch eine verzahnte Lernumgebung in Biologie (Katharina Gimbel, Kathrin Ziepprecht & Jürgen Mayer: Verzahnung von fachlichem und fachdidaktischem Wissen in der Biologie),

(2) die Förderung des fachlichen und des fachdidaktischen Wissens sowie des Wissenschaftsverständnisses durch den Kontakt mit aktueller Forschung in der Chemie (Mareike Frevert & David-Samuel Di Fuccia: Die Integration aktueller chemischer Forschung in die Lehramtsausbildung)

(3) und den Einfluss der didaktisch geprägten Vorstellungen über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen auf die Wahrnehmung der Forschungspraxis und die Veränderung dieser Vorstellungen durch die Auseinandersetzung mit aktueller Forschung in Physik (Rebekka Roetger & Rita Wodzinski: Wie arbeiten Naturwissenschaftler wirklich?).

Anmerkung
Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

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

Gimbel, K., Ziepprecht, K., & Mayer, J. (2017). Verzahnung von Professionswissen in den Naturwissenschaften: Das PRONET-Projekt Contemporary Science. Journal für LehrerInnenbildung, 3/2017, 29-33.

Kunter, M., & Pohlmann, B. (2015). Lehrer. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (S. 261-281). Berlin: Springer.

Mayer, J., Di Fuccia, D.-S., Wodzinski, R., Ziepprecht, K., Frevert, M., Gimbel, K. & Roetger, R. (2017). P08 Contemporary Science in der Lehrerbildung. In: Zentrum für Lehrerbildung (Hrsg.), *PRONET Professionalisierung durch Vernetzung* (S. 54-55). Universität Kassel: Digital COPYBLITZ.

Mayer, J., Ziepprecht, K., & Meier, M. (2018, im Druck). Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In M. Meier, K. Ziepprecht, & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen*. Münster: Waxmann.

Neumann, I., & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen –Ähnlichkeiten und Unterschiede. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 209-232.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M. & Millar, R. & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. Journal of Research in Science Teaching, 40, 692-720.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard educational review, 57(1), 1-23.

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.

Katharina Gimbel Universität Kassel
Kathrin Ziepprecht
Jürgen Mayer

Verzahnung von fachlichem und fachdidaktischem Wissen in der Biologie

Im Fach Biologie werden Zusammenhänge zwischen den fachspezifisch und fachinhaltsspezifisch ausdifferenzierten Überzeugungs- und Wissensbereichen dargestellt. Zudem wird der Frage nachgegangen, ob eine verzahnte Vermittlung von fachlichen und fachdidaktischen Inhalten im Vergleich zu einer nicht verzahnten förderlicher für die Professionsentwicklung angehender Biologielehrkräfte ist.

Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand

In Anlehnung an das Modell von Baumert und Kunter (2006) wird nicht nur das Fachwissen (FW) und das fachdidaktische Wissen (FDW) für das Fach Biologie und den Fachinhalt Genetik ausdifferenziert, sondern es werden zusätzlich fachspezifische und fachinhaltsspezifische Überzeugungen formuliert (Gimbel, Ziepprecht & Mayer, 2017). Dies geschieht vor dem Hintergrund der theoretischen Annahme, dass sie beispielsweise in Abhängigkeit vom betrachteten Lehr-Lern-Kontext variieren können (Bryan & Atwater, 2002; Kleickmann, 2008; Woolfolk Hoy, Davis & Pape, 2006). Dementsprechend werden im Bereich der lehrlerntheoretischen Überzeugungen (LLÜ) konstruktivistische und transmissive LLÜ zu Biologie und zu Genetik unterschieden. Analog werden Nature of Science-Überzeugungen (NoS) zu Biologie und Genetik betrachtet.

Die professionelle Handlungskompetenz wird als Gesamtkonstrukt, das aus verschiedenen Kompetenzaspekten, Wissens- bzw. Überzeugungsbereichen und –facetten besteht, betrachtet (Baumert & Kunter, 2006). Zwischen diesen bestehen naturgemäß Zusammenhänge, die bereits vielfältig untersucht wurden. Korrelationen zwischen dem fachlichen und fachdidaktischen Wissen liegen in Biologie und Physik in einem mittleren und in Mathematik in einem hohen Bereich (Blömeke & Suhl, 2010; Großschedl, Harms, Glowinski & Waldmann, 2014; Großschedl, Harms, Kleickmann & Glowinski, 2015; Riese & Reinhold, 2012). Innerhalb der Überzeugungen werden mittlere negative Zusammenhänge zwischen den konstruktivistischen und transmissiven LLÜ berichtet u. a. aus den Fächern Mathematik und Politik (Voss, Kleickmann, Kunter & Hachfeld, 2011; Weißeno, Weschenfelder & Oberle, 2013). Gleichzeitig bestehen positive mittlere Korrelationen zwischen den konstruktivistischen LLÜ und den NoS-Überzeugungen (Seidel, Schwindt, Rimmele & Prenzel, 2009). In Bezug auf die Zusammenhänge zwischen Wissen und Überzeugungen ist aus der Mathematik bekannt, dass ein hohes fachliches und fachdidaktisches Wissen positiv mit konstruktivistischen LLÜ zusammenhängt, bei gleichzeitig negativer Korrelation mit transmissiven LLÜ (Krauss et al., 2008). Bezüglich der Überzeugungen zu NoS wird theoretisch angenommen, dass fachliches und fachdidaktisches Wissen eine Grundlage bilden, um Aspekte dieses Konstrukts im Unterricht zu thematisieren (u. a. Wahbeh & Abd-El-Khalick, 2014).

Der Forschungsstand zeigt, dass Zusammenhänge innerhalb der professionellen Handlungskompetenz bisher ausschließlich auf Ebene einzelner Fächer und nicht auf Ebene von Fachinhalten untersucht wurden. Die Zusammenhänge zwischen Überzeugungen und Wissen wurden zudem bislang nicht für die Biologie geprüft. Letztendlich gilt es auch zu klären, inwiefern sich aus den Zusammenhängen die Schlussfolgerung ableiten lässt, dass eine verzahnte Förderung der Kompetenzaspekte bzw. Wissensbereiche z. B. nach dem Integrationsmodell (Mayer, Ziepprecht & Meier, 2018, im Druck) sinnvoll ist.

Forschungsfragen

Es ergeben sich dementsprechend die folgenden Forschungsfragen:

- (F1) Welche Zusammenhänge weisen die Überzeugungen zum Fach Biologie (fachspezifisch) und zum Fachinhalt Genetik (fachinhaltsspezifisch) auf?
- (F2) Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den fach- und fachinhaltsspezifischen Überzeugungen und dem fachlichen und fachdidaktischen Wissen zur Genetik?
- (F3) Inwiefern können das fachliche und fachdidaktische Wissen sowie die fach- und fachinhaltsspezifischen Überzeugungen durch eine fachlich und fachdidaktisch verzahnte Lernumgebung gefördert werden?

Methodik

Die Daten wurden im Rahmen zweier Vorstudien an Lehramtsstudierenden der Biologie erhoben (N = 79; n = 14). Zur Beantwortung von Forschungsfrage 1 wurden geschlossene Fragebögen im paper-pencil-Format zu den LLÜ und NoS-Überzeugungen zur Biologie und Genetik in der Gesamtstichprobe (N = 79) eingesetzt. Etablierte Instrumente von Urhahne, Kremer und Mayer (2008), Riese (2009) sowie Seidel und Meyer (2003) wurden für das Fach Biologie und den Fachinhalt Genetik spezifiziert. Zur Beantwortung der Forschungsfragen 2 und 3 wurde eine verzahnte Lernumgebung nach dem Integrationsmodell (Mayer et al., 2018, im Druck) zum Thema Genetik entwickelt. Die Studierenden erarbeiteten sich im Rahmen der Lernumgebung Forschungsbezüge der modernen Molekulargenetik aus den Themenbereichen personalisierte Medizin und Stammbaumforschung mit dem Ziel diese unter Einbezug aktueller molekularbiologischer Arbeitsweisen für eine mögliche Umsetzung in der Schule aufzubereiten. Relevante fachliche und fachdidaktische Inhalte wurden dazu im Seminar zu den Kontexten „Genetischer Fingerabdruck“ und „Restriktionsanalyse“ erarbeitet und vertieft. Zu jedem Kontext wurden dann fachliche und fachdidaktische Veranstaltungen durchgeführt. Die fachlichen Inhalte und molekularbiologischen Arbeitsweisen eines jeden Kontextes wurden an einem Labortag in Kooperation mit Science Bridge e.V. im Rahmen von schulpraktikablen Versuchen erarbeitet. Im fachdidaktischen Teil fand die Erarbeitung von Schülervorstellungen und Instruktionsstrategien statt. In einer experimentellen Studie im Within-Subject Design mit drei Messzeitpunkten wurden im Rahmen der Lernumgebung eine verzahnte und eine nicht verzahnte Bedingung miteinander verglichen. Die verzahnte Bedingung zeichnet sich dadurch aus, dass an den jeweiligen Seminarterminen gezielt Verknüpfungen zwischen den fachlichen und den fachdidaktischen Inhalten hergestellt wurden, beispielsweise durch Reflexion von Schülervorstellungen zur Genetik aus fachlicher Sicht. In der nicht verzahnten Bedingung wurden die gleichen Inhalte (Schülervorstellungen und Instruktionsstrategien) allgemein, ohne Bezug zu den jeweiligen fachlichen Inhalten thematisiert. Die n = 14 Studierenden durchliefen zum Kontext „Genetischer Fingerabdruck“ entweder die fachlich und fachdidaktisch verzahnte oder nicht-verzahnte Bedingung und zum Kontext „Restriktionsanalyse“ die entsprechend andere. Zu allen drei Messzeitpunkten wurde ein eigens entwickelter fachlicher und fachdidaktischer Wissenstest eingesetzt. Die LLÜ und die NoS-Überzeugungen zur Biologie und Genetik wurden an Messzeitpunkt 1 und 3 erfasst. Alle entwickelten oder angepassten Instrumente wiesen nach Itemreduktion zufriedenstellende Kennwerte auf (α = .66-.91). Die Auswertung erfolgte mittels klassischer Testtheorie (SPSS).

Ergebnisse

(F1) Zwischen analogen Konstrukten auf fachspezifischer und fachinhaltsspezifischer Ebene zeigen sich positive Korrelationen (NoS: $r_{Biologie/Genetik} = .72$, $p \leq 0.01$; konstr. LLÜ: $r_{Biologie/Genetik} = .63$, $p \leq 0.01$; trans. LLÜ: $r_{Biologie/Genetik} = .56$, $p \leq 0.01$). Die konstruktivistischen und transmissiven LLÜ stehen auf fachspezifischer und auf fachinhaltsspezifischer Ebene in einem negativen Zusammenhang (Fach Biologie: $r_{konstr.\ LLÜ/trans.\ LLÜ} = -.23$, $p \leq 0.05$; Fachin-

halt Genetik: $r_{konstr.\ LLÜ/trans.\ LLÜ} = -.55$, $p \leq 0.01$). Sowohl auf Ebene des Fachs als auch auf Ebene des Fachinhaltes stehen die konstruktivistischen LLÜ und die NoS-Überzeugungen zudem in einem positiven Zusammenhang (Fach Biologie: $r_{NoS/konstr.\ LLÜ} = .40$, $p \leq 0.01$; Fachinhalt Genetik: $r_{NoS/konstr.\ LLÜ} = .41$, $p \leq 0.01$).

(F2) Es zeigt sich eine erwartungskonforme Korrelation des fachlichen und fachdidaktischen Wissens zum Thema Genetik ($r_{FW/FDW} = .57$, $p \leq 0.05$). Zudem deuten sich positive Korrelationen zwischen dem Fachwissen zum Thema Genetik und den fachspezifischen konstruktivistischen LLÜ ($r_{FW/kontr.\ LLÜ} = .60$, $p \leq 0.05$) sowie zwischen dem fachdidaktischen Wissen und den transmissiven LLÜ ($r_{FDW/trans.\ LLÜ} = .61$, $p \leq 0.05$) an.

(F3) Ein Vergleich der Experimental- und Kontrollbedingung zeigt, dass durch die verzahnte Vermittlung fachlicher und fachdidaktischer Lerninhalte das fachdidaktische Wissen signifikant stärker gesteigert werden konnte, verglichen mit einer nicht-verzahnten Vermittlung ($Mdn_{Experimentalbedingung} = 8.5$, $Mdn_{Kontrollbedingung} = 2.5$, $p \leq 0.05$, $r = 0.59$). Sowohl die Experimental- als auch die Kontrollbedingungen verzeichneten signifikante Fachwissenszuwächse, unterscheiden sich untereinander jedoch nicht signifikant ($Mdn_{Experimentalbedingung} = 9.0$, $Mdn_{Kontrollbedingung} = 6.5$). Im Pre-Post-Vergleich erweisen sich die fachspezifischen NoS-Überzeugungen sowie die fachspezifischen und fachinhaltsspezifischen LLÜ als stabil, die fachinhaltsspezifischen NoS-Überzeugungen sind an MZP 3 signifikant stärker ausgeprägt ($Mdn_{Pre} = 3.36$, $Mdn_{Post} = 3.42$, $p \leq 0.05$, $r = 0.47$).

Diskussion und Ausblick

Die Zusammenhänge zwischen den LLÜ auf fachlicher und fachinhaltsspezifischer Ebene deuten auf ein konsistentes Überzeugungssystem der Studierenden hin. Die übrigen Korrelationen entsprechen sowohl in der Richtung, als auch in der Höhe den Erwartungen aus der Literatur (Seidel et al., 2009; Voss et al., 2011; Weißeno et al., 2013). Die diversen und thematisch stark variierenden Fachinhalte der Biologie verlangen eine Ausweitung dieser Untersuchung. Daher finden derzeit parallel Erhebungen zu anderen biologischen Fachinhalten (z. B. Evolutionsbiologie) statt. Die aufgezeigten Korrelationen zwischen dem fachlichen und fachdidaktischen Wissen sowie zwischen dem Professionswissen und den LLÜ decken sich ebenfalls mit bekannten Befunden (Großschedl et al., 2014; Großschedl et al., 2015; Krauss et al., 2008; Riese & Reinhold, 2012). Eine Ausnahme bildet die positive Korrelation der transmissiven LLÜ mit dem fachdidaktischen Wissen. Dieser Befund lässt sich unter Umständen durch die theoretische Annahme erklären, dass für das Lernen der Schülerinnen und Schüler eine Mischung aus Konstruktion und Instruktion und daraus resultierend eine Balance zwischen beiden LLÜ vorteilhaft sein kann (Voss et al., 2011; Weißeno et al., 2013). Dies gilt in der vorliegenden Studie besonders, da Experimente im komplexen Bereich Genetik von Schülerinnen und Schülern nur bedingt eigenständig erschlossen und durchgeführt werden können. Die Untersuchung der Lernumgebung zum Thema Genetik gibt Hinweise darauf, dass eine verzahnte Lerninhaltsvermittlung förderlicher für das fachdidaktische Wissen und die fachinhaltsspezifischen Überzeugungen ist, als eine nicht-verzahnte. Diese Befunde werden zurzeit im Rahmen einer Hauptstudie, die sich über mehrere Semester erstreckt, erhärtet.

Anmerkung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

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

Blömeke, S. & Suhl, U. (2010). Modellierung von Lehrerkompetenzen: Nutzung unterschiedlicher IRT-Skalierungen zur Diagnose von Stärken und Schwächen deutscher Referendarinnen und Referendare im internationalen Vergleich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 13*, 473-505.

Bryan, L. A. & Atwater, M. M. (2002). Teacher beliefs and cultural models: A challenge for science teacher preparation programs. *Science Teacher Education, 86*, 821-839.

Gimbel, K., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (2017). Verzahnung von Professionswissen in den Naturwissenschaften: Das PRONET-Projekt Contemporary Science. *Journal für LehrerInnenbildung, 3/2017*, 29-33.

Großschedl, J., Harms, U., Glowinski, I. & Waldmann, M. (2014). Professionswissen angehender Biologielehrkräfte: Das KiL-Projekt. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67*(8), 457-462.

Großschedl, J., Harms, U., Kleickmann, T. & Glowinski, I. (2015). Preservice Biology Teachers' Professional Knowledge: Structure and Learning Opportunities. *Journal of Science Teacher Education, 26*(3), 291-318.

Kleickmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis.* Westfälische Wilhelms-Universität, Münster.

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik, 29*(3/4), 223-258.

Mayer, J., Ziepprecht, K. & Meier, M. (2018, im Druck). Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Hrsg.), *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen*. Münster: Waxmann.

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

Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15*(1), 111-143.

Seidel, T. & Meyer, L. (2003). Kapitel 11 Skalendokumentation Lehrerfragebogen. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht"* (S. 241-273). Kiel.

Seidel, T., Schwindt, K., Rimmele, R. & Prenzel, M. (2009). Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? *Perspektiven der Didaktik*, 259-276.

Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? *Unterrichtswissenschaft, 36*(1), 71-93.

Voss, T., Kleickmann, T., Kunter, M. & Hachfeld, A. (2011). Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 235-257). Münster: Waxmann.

Wahbeh, N. & Abd-El-Khalick, F. (2014). Revisiting the Translation of Nature of Science Understandings into Instructional Practice: Teachers' nature of science pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education, 36*(3), 425-466.

Weißeno, G., Weschenfelder, E. & Oberle, M. (2013). Konstruktivistische und transmissive Überzeugungen von Referendar/-innen. *Lehrer-und Schülerforschung in der politischen Bildung*, 68-77.

Woolfolk Hoy, A., Davis, H. & Pape, S. (2006). Teachers' knowledge, beliefs, and thinking. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 715-737). Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum.

Mareike Frevert Universität Kassel
David-Samuel Di Fuccia

Die Integration aktueller Forschung in das Lehramtsstudium

Einleitung

Die Verbesserung der Lehrerprofessionalisierung ist ein wichtiges Ziel von Innovationen in der universitären Lehrerausbildung. So könnte die Integration moderner chemischer Forschung in die universitäre Ausbildung von Lehramtsstudenten der Chemie ein äußerst wichtiger, innovativer Aspekt sein, da einerseits beispielsweise kontextbasierte Unterrichtsansätze immer häufiger eine Integration von modernen Aspekten der chemischen Wissenschaft, z. B. der Nanowissenschaften, fordern. (Parchmann, 2007). Andererseits scheint die Kenntnis über reale, moderne chemische Forschung wichtig dafür zu sein, dass angehende Lehrkräfte in ihrer späteren Tätigkeit ein angemessenes Bild moderner chemischer Wissenschaft vermitteln können.

Es gibt wenige aktuelle Studien, die den Einfluss von aktueller chemischer Forschung auf Chemielehramtsstudenten untersuchen, das hier beschriebene Forschungsprojekt versucht diese Lücke zu schließen.

Theoretischer Rahmen

Einen Vorschlag zur Differenzierung professioneller Kompetenzen von Lehrern und Lehramtsstudenten stellt das Konzept von Lee S. Shulman dar, welcher verschiedene Formen des Wissens, die zur Lehrerprofessionalisierung gehören, unterscheidet: Einerseits sollten Lehrpersonen Subject Matter Content Knowledge (CK) erwerben. Eine zweite Komponente des professionellen Lehrerwissens ist das Pedagogical Content Knowledge (PCK) (Shulman, 2009).

Während wir Shulman´s Konzept nutzen, um das professionelle Wissen von Lehrenden zu operationalisieren, kann die Wissenschaftsphilosophie von Gaston Bachelard dazu genutzt werden, um das Verständnis von ‘moderner chemischer Forschung’ sowie verschiedenen Ansichten zum Wesen der Naturwissenschaften zu rahmen und zu strukturieren: Bachelard charakterisiert moderne Naturwissenschaft(en) als abstrakte, komplexe, technische, mathematische und pluralistische Disziplinen. Demzufolge kann die Ansicht eines Studierenden zum Wesen der Naturwissenschaften nach dem Ausmaß, in dem dieser auf die genannten Eigenschaften verweist, kategorisiert werden. Auf theoretischer Ebene führt das Zusammenbringen der Charakterisierung der modernen Chemie und die verschiedenen Ansichten zum Wesen der Naturwissenschaften von Bachelard mit Shulman´s Konzept zur Lehrerprofessionalisierung zu einer dialektischen Struktur: Einerseits gibt es (als eine Kategorie) die Abstraktion in der Chemie, die als ein Teil des CK charakterisiert werden kann. Andererseits zeichnet sich ein hohes PCK durch einfache und eben gerade nicht abstrakte Beispiele, sowie mit den Sinnen erfahrbare Eindrücke aus. Da ein Konsens darüber besteht, dass eine professionelle Lehrperson beides benötigt, ein hohes Maß an CK und ein hohes Maß an PCK, wird klar, dass eine professionelle Lehrperson ein hohes Maß an CK-orientierter Abstraktionen, Komplexität und rationalem Denken benötigt und gleichzeitig im Kontext von PCK dazu in der Lage sein muss, Inhalte zu reduzieren, vereinfachte Veranschaulichungen zu finden und direkte Sinneseindrücke zu nutzen - also in der Lage sein muss, sich bewusst und aktiv innerhalb dieses dialektischen Feldes zu bewegen.

Der wichtigste Vorteil des Verwendens von Shulman´s Modell in einer solchen dialektischen Kombination mit Bachelard´s Theorie liegt dementsprechend darin, CK und PCK in ihren grundlegenden Charakteristika zu unterscheiden und somit möglicherweise auch ihre Beziehung zu- und untereinander eingehender zu untersuchen.

Hochschuldidaktisches Setting, Methodologie und Instrumente
Die verwendeten Methoden und Instrumente sind in eine jedes Semester stattfindende Lehrveranstaltung integriert, in welcher die Studierenden zunächst in einer ersten Seminarphase einen Aufenthalt in einem chemischen Forschungslabor absolvieren. In der zweiten Phase erhalten die Studierenden die Aufgabe, Lehrmaterialien zu entwickeln, die auf dem im Labor beobachteten Forschungsinhalten beruhen.

Um die Veränderungen in CK, PCK und den Ansichten zum Wesen der Naturwissenschaften (NoS) zu evaluieren, wird innerhalb eines Mixed Methods-Ansatzes eine Bandbreite von Instrumenten genutzt, wobei der Schwerpunkt auf einem qualitativen Vorgehen liegt:

Um die Veränderung der NoS-Ansichten der Studierenden zu untersuchen, wird ein Pre-Post-Design unter Verwendung von zwei verschiedenen, aus der Literatur bekannten Fragebögen (Riese, 2011; Chen, 2009) genutzt.

Um den Effekt unseres Ansatzes im Bereich von CK und PCK zu evaluieren, liegt der Fokus unserer Methodologie auf der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) von verschiedenen, unten spezifizierten, Datenquellen. Um die qualitative Inhaltsanalyse nutzen zu können, wurden zwei deduktive Kategoriensysteme in Bezug auf die verschiedenen Anforderungen an CK (Abstraktion, Komplexität) und PCK (Erfahrung, Singularität, Reduktion) entwickelt, wobei die Kategorien zur Datenanalyse gemäß dem unter 2. Gesagten auf der Philosophie von Gaston Bachelard beruhen.

Um die Effekte dieses Vorgehens, speziell des beobachtenden Aufenthalts im chemischen Forschungslabor, auf das CK der Studierenden zu ermitteln, wird ein Laborbericht, den die Studierenden nach ihrer Zeit im Labor verfassen, als Datenquelle genutzt.

Zur Evaluation der Effekte dieses hochschuldidaktischen Settings auf das PCK der Studierenden wird eine Pre-Post-Videostudie durchgeführt und qualitativ inhaltsanalytisch ausgewertet: Die Studierenden werden dazu aufgefordert Ansatzpunkte für die Umsetzung eines vorgegebenen, aktuellen Forschungsthemas in Unterrichtsmaterial zu diskutieren. Die Art und Weise ihres Vorgehens und die Argumente, die sie benutzen, während sie über verschiedene Möglichkeiten einer solchen Umwandlung diskutieren, werden sowohl vor als auch nach der Intervention analysiert. Zusätzlich zu diesem Videomaterial wird ein Portfolio als Datenquelle herangezogen, in dem die Studierenden ihren Arbeitsprozess bei der Erstellung des Lehrmaterials zu den von ihnen persönlich im chemische Forschungslabor beobachteten Thema dokumentieren. Dieses Portfolio enthält neben der Dokumentation des Prozesses der Erstellung des Unterrichtsmaterials und der diesbezüglichen Ideen und Gedanken der Studierenden zudem eine abschließende Stellungnahme, die zeigt auf welche Aspekte sich die Studenten gestützt haben und warum sie letztlich ihr Material derartig entwickelt haben. Auf diese Weise bieten die Portfolios eine reiche Datenquelle für das qualitativ inhaltsanalytische Vorgehen in Bezug auf die Entwicklung des PCKs der Studierenden.

Erste Ergebnisse
Durch die Implementation der oben beschriebenen Lernumgebung und durch Nutzung der erwähnten Evaluationsinstrumente konnten die folgenden ersten Ergebnisse erhalten werden: In Bezug auf das CK-Kategoriensystem zeigen die Laborberichte das häufige Vorkommen der Kategorie Technisierung. In ihren Laborberichten beschreiben die Studierenden viele Arbeitsweisen und Techniken, die in den Laboren genutzt wurden, wie zum Beispiel verschiedene Schritte einer organischen Synthese, im Detail. Die Studierenden zeigen außerdem eine Vielfalt fachlich richtiger Argumente sowie ein hohes fachliches Detailwissen, zum Beispiel bei der Erläuterung spezieller Gemische, die genutzt werden, um Solarzellen herzustellen. Im Bereich von PCK konnten wir im Verlauf der Intervention einen Anstieg feststellen: Zu Beginn des Kurses fokussiert sich die Analyse des aktuellen Forschungsinhalts durch die Studierenden maßgeblich auf curriculare Anforderungen. Die Studenten orientieren sich bei der Aufbereitung eines fachlichen Inhalts für den Unterricht demgemäß hauptsächlich daran, diesen durch die Schulcurricula zu legitimieren und führen keine Aspekte an, inwieweit es wichtig sei könnte, ob der Inhalt eine alltägliche Relevanz hat oder für die chemische Wissenschaft oder das Leben der Schüler von Bedeutung sein könnte. Die Videographien am Ende des Kurses zeigen hingegen, dass die Studenten sich nunmehr auf Aspekte wie Alltagsrelevanz und -bezug sowie die fachimmanente Bedeutung stützen. Die Auswertung des Portfolios unterstützt dieses Ergebnis, indem sie eine Steigerung in der Kategorie Kontextualisierung zeigt, was bedeutet, dass die Studenten für die Erstellung ihres Unterrichtsmaterials vielfältige Kontexte nutzen und Ansatzpunkte suchen, mit denen sie durch einen Kontext Aspekte moderner Forschung in ihr Unterrichtsmaterial integrieren können.

Beide Fragebögen, die nach den Einstellungen und Überzeugungen zum Wesen der Chemie sowie der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (NoS) fragte, offenbarten parallel den folgenden ersten Trend, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Studentenzahl, auf die sich die ersten Auswertungen beziehen, eher klein ist, weswegen der Fragebogen hier nicht als quantitatives Erhebungsinstrument genutzt wird, sondern die Ableitung von qualitativen Tendenzen und Trends im Vordergrund steht. Zeigen die Studierenden vor der Intervention eher „extreme“, absolute Einstellungen zum Wesen der Chemie sowie der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, verändert sich dies nach Ende der Intervention dahingehend, dass die Studierenden anschließend abgewogenere und reflektiertere Positionen einnehmen

Anmerkung
Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

Bachelard, G. (1978). Die Bildung des wissenschaftlichen Geistes. Frankfurt am Main: Suhrkampverlag.

Baumert, J. et al. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften, Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9, 469-520.

Chen, S. (2006). Views on Science and Education Questionnaire, Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, Volume 7, Issue 2, Article 11.

Friedrichsen P. J. et al. (2009). Does Teaching Experience Matter? Examining Biology Teachers´ Prior Knowledge for Teaching in an Alternative Certification Program, Journal of Research in Science Teaching, 46, 357 – 383.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim: Beltz-Verlag.

Parchmann, I. et al. (2007). Chemie im Kontext – a symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. International Journal of Science Education 28, 9, 1041-1062.

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

Rebekka Roetger
Rita Wodzinski
Universität Kassel

Wie arbeiten Wissenschaftler wirklich?

Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Forschung und im Physikunterricht

Ein Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts ist es, Schülerinnen und Schüler mit den „spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung“ (KMK, 2005, S.6) der Naturwissenschaften vertraut zu machen. Dazu gehört unter anderem auch, dass sie Vorstellungen aufbauen über Arbeitsmethoden in der (aktuellen) Forschung, über die Rolle von Experimenten beim Erkenntnisprozess oder den Einfluss von Faktoren wie Kreativität und Objektivität, die beim Erkenntnisprozess nicht außer Acht gelassen werden dürfen (vgl. Urhahne, Kremer & Mayer 2008). Diese Aspekte werden in der didaktischen Diskussion als Vorstellungen über Nature of Science verortet. Für eine erfolgreiche Vermittlung von Vorstellungen über Nature of Science ist es wichtig, dass die Lehrkraft selbst über angemessene Vorstellungen verfügt. Verschiedene Studien zeigen jedoch, dass (angehende) Lehrkräfte häufig über wenig ausgeprägte und inkonsistente Vorstellungen zu verschiedenen Bereichen von Nature of Science verfügen (Metaanalyse von Deng et al., 2011; Höttecke & Rieß, 2007). Angehende Lehrkräfte haben insbesondere keine angemessene Vorstellung davon, welche Rolle dem Experiment im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess zugeschrieben wird und wie Experimente in der fachlichen Forschung entwickelt und durchgeführt werden (Deng et al., 2011; Gyllenpalm & Wickmann, 2011; Höttecke & Rieß, 2007). In der Schule erscheint das Experiment oft als „eine Art ‚Antwortmaschine‘“ (Höttecke & Rieß, 2007, S.7), die Gesetze belegt oder Hypothesen überprüft.

In der Fachwissenschaft und der Fachdidaktik haben Experimente unterschiedliche Funktionen. In den Naturwissenschaften dient das Experiment dazu, empirische Belege für Forschungsfragen zu generieren. Das Experiment wird zu diesem Zweck meist in einem längeren Prozess überarbeitet und überdacht (Höttecke & Rieß, 2015).

Auch im Unterricht kann das Experiment dazu dienen, empirische Belege für naturwissenschaftliche Fragen zu gewinnen. Darüber hinaus kann das Experiment abhängig vom Unterrichtsziel aber viele weitere Funktionen erfüllen (Hopf, Schecker & Wiesner, 2011). Zum Beispiel werden Experimente häufig am Anfang eines neuen Themas eingesetzt, um über einen Überraschungseffekt das Interesse und die Motivation der Schülerinnen und Schüler zu wecken. Experimente werden primär als unterstützendes Lernmedium eingesetzt, z.B. um physikalische Zusammenhänge erarbeiten zu lassen. Viele angehende Lehrkräfte sehen das Experiment entsprechend eher als Unterrichtsmethode, um Fachwissen zu vermitteln, und betrachten Experimente weniger aus der Sicht des naturwissenschaftlichen Prozesses (Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017).

Eine wichtige Funktion von Experimenten im Unterricht ist, naturwissenschaftliche Arbeitsmethoden zu verdeutlichen und einzuüben. Schulexperimente können jedoch kein umfangreiches Bild von moderner naturwissenschaftlicher Forschung darstellen, sondern eher elementare Arbeitsschritte des physikalischen Erkenntnisprozesses aufzeigen (Girwidz, 2015). Dies kann dazu führen, dass im Unterricht ein verzerrtes Bild von Wissenschaft entsteht. Um dem zu begegnen, müssen zunächst angemessene Vorstellungen zu Nature of Science bei angehenden Lehrkräften aufgebaut werden. Dazu können authentische Begegnungen mit moderner naturwissenschaftlicher Forschung beitragen.

Beschreibung der Lernumgebung

Ein Ziel der konzipierten Lernumgebung ist es, den Studierenden authentische Einblicke in moderne und aktuelle physikalische Forschung zu geben. Das Seminarkonzept sieht in einer

ersten Phase die Auseinandersetzung mit aktuellen fachlichen Forschungsthemen und aktueller Forschungspraxis vor. Die Studierenden besuchen dafür eine physikalische Forschungsgruppe der Universität Kassel. Während ihres Aufenthalts in den Forschungsgruppen haben sie die Gelegenheit, an aktuellen Experimenten, Arbeitsgruppensitzungen, Laborführungen oder allgemein dem Alltag der Arbeitsgruppe teilzunehmen, um so einen möglichst authentischen Einblick in die Forschungspraxis zu erhalten. Die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Forschungsgruppe und die Studierenden stehen in engem Kontakt miteinander und tauschen sich über verschiedene Bereiche der Forschungspraxis aus. Gleichzeitig haben die Studierenden die Gelegenheit, Fragen zu Nature of Science, wie z.B. „Welche Rolle spielen Experimente im Erkenntnisprozess?“ oder „Wie kommen Wissenschaftler zu neuen Erkenntnissen?“, in der Forschungspraxis fokussiert nachzugehen.
In einer zweiten Phase steht die Generierung möglicher Ideen, wie eine Begegnung mit aktueller Forschung im Unterricht umgesetzt werden kann, im Mittelpunkt. Dazu wählen sich die Studierenden einen inhaltlichen Themenaspekt oder einen Aspekt der Forschungspraxis aus und führen für diesen eine didaktische Analyse durch. Die verschiedenen Ideen werden anschließend im Seminar vorgestellt und diskutiert.
Die Lernumgebung verknüpft fachliches und fachdidaktisches Wissen nach dem Integrationsmodell (Mayer, Ziepprecht, & Meier 2018, im Druck). Beim fachdidaktischen Wissen steht die didaktische Rekonstruktion zu Themen moderner Forschung im Mittelpunkt. Dem Fachwissen sind die fachlichen Grundlagen der inhaltlichen Schwerpunkte der physikalischen Forschungsgruppen zugeordnet. Dazu gehören beispielsweise Elemente aus der Oberflächenphysik oder Laborastrophysik.

Forschungsfragen und Forschungsdesign
Im ersten Seminardurchgang im Sommersemser 2016 mit sieben Studierenden deutete die Analyse der begleitenden Portfolios der Studierenden bereits darauf hin, dass die Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen deutlich von einer verkürzten fachdidaktischen Sicht beeinflusst waren und sich mit den oben beschriebenen Vorstellungen decken. Für den Fortgang des Projektes soll deshalb der Fokus auf der Veränderung der Vorstellungen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten durch die Lernumgebung gelegt werden.
Es soll insbesondere erfasst werden,
- welche Vorstellungen die Studierenden zu Beginn des Seminars zum naturwissenschaftlichen Arbeiten im Kontext aktueller Forschung haben (FF1)
- und inwiefern die Lernumgebung die Vorstellungen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten beeinflusst (FF2).

Dazu werden strukturierte Interviews und ein offener Fragebogen im Prä-Post-Design eingesetzt. Der Fragebogen erhebt die Vorstellungen der Studierenden über Nature of Science in Anlehnung an Höttecke und Rieß (2007). Der Interviewleitfaden greift verschiedene Aspekte von Nature of Science auf. Einen Schwerpunkt bilden dabei die Vorstellungen der Studiereden zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen in der Forschung. Um den Einfluss der Lernumgebung auf die Vorstellungen der Studierenden über Nature of Science detaillierter zu erfassen, führen die Studierenden semesterbegleitend ein Portfolio. In regelmäßigen Abständen werden die Studierenden über Arbeitsaufträge aufgefordert, ihre Erfahrungen, Erwartungen und Vorstellungen zur Forschungspraxis zu reflektieren. Anhand der Portfolios sollen Elemente der Lernumgebung identifiziert werden, die zu einer Veränderung bei den Vorstellungen der Studierenden über Nature of Science führen (FF 2).
Das Datenmaterial wird mit der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) ausgewertet. Dabei wird soll ein induktives Kategoriensystem erstellt werden, welches auf das gesamte Datenmaterial angewendet werden kann.

Einblicke in erste Ergebnisse und Ausblick

Die im Folgenden präsentierten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Portfolios der Studierenden (N=18, 5 w, 13 m) aus dem Sommersemester 2017. Schwerpunkt der Auswertung sind die Vorstellungen zum Experimentieren.

Zu Beginn des Seminars zeigen die Studierenden eine Bandbreite von verschiedenen Vorstellungen. Es wird erwähnt, dass Experimente empirische Daten liefern, aus denen Schlussfolgerungen gezogen werden, oder dass Experimente Aussagen, Hypothesen oder Theorien beweisen oder widerlegen. Neben diesen durchaus angemessenen Vorstellungen stehen weniger angemessene Vorstellungen. Beispielsweise äußert eine Studentin die Vorstellung, dass WissenschaftlerInnen ihre Messdaten per Hand erfassen oder dass WissenschaftlerInnen ein Großteil ihrer Arbeitszeit im Labor stehen. Diese Vorstellungen zum Experimentieren deuten darauf hin, dass die Vorstellungen stark von schulischen oder didaktischen Kontexten geprägt sind

Nach ihrem Aufenthalt in der Forschungsgruppe betrachten Studierende diese Vorstellungen zunehmend kritisch. So betont eine Studentin zu Beginn des Seminars, dass der Ablauf eines Experiments einem gewissen Schema folgt. Nach ihrem Aufenthalt in der Forschungsgruppe gibt sie an, dass der Forschungsprozess nicht „so stark strukturiert und geradlinig abläuft“, sondern in der Realität „eher eine kreisförmige Anordnung“ hat, die „durch eine stetige Änderung und Wiederholung“ gekennzeichnet ist“ (P1705_EW).

Einige Studierende nennen explizit Ursachen für nicht angemessene Vorstellungen. Beispielsweise erklärt die Studentin, die vorher die Vorstellung hatte, dass Wissenschaftler ihre Daten per Hand erfassen, dass ihre Vorstellung „durch die Schule geprägt ist, da in der Schule viele Messwerte per Hand aufgenommenen werden müssen“ und dass sie hier „eine große Diskrepanz zwischen Schulexperimenten und Realität“ erkennt, die „auch zu falschen Vorstellungen führt“ (P1704_EB).

Die Wirkung des Seminars zeigt sich auch dort, wo Studierende Erkenntnisse als besonders überraschend oder neu kennzeichnen. Zum Beispiel betonen zwei Drittel der Studierenden, wie erstaunt sie darüber waren, dass Experimente von den Wissenschaftlern selber entwickelt und gebaut werden. In diesem Zusammenhang wird auch die bedeutsame Rolle der Kreativität bei der Entwicklung der Experimente oder beim Lösen von Herausforderungen hervorgehoben.

Zusammenfassend bestätigt dies, dass die Vorstellungen, mit denen die Studierenden in das Seminar kommen, deutlich an schulische und didaktische Kontexte gebunden sind. Der Aufenthalt in der physikalischen Forschungsgruppe trägt dazu bei, die Vorstellungen der Studierenden zu verändern. Der Großteil der Studierenden empfindet den Aufenthalt in der Forschungsgruppe als sinnvoll, um ein realistisches Bild von den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zu erhalten.

Die bisherige Analyse soll im weiteren mit der Auswertung der Interviews und des offenen Fragebogens ergänzt werden, um den Prozess der Veränderung von Vorstellungen der Studierenden zu den naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen noch detaillierter zu beschreiben.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben „Professionalisierung durch Vernetzung“ (PRONET) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1505 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

Deng, F., Chen, D.-T., Tasi, C.-C. & Chai, C.S. (2011). Students' views of the nature of science: A critical review of research. In: Science Education, 2011, 95(6), S.961-99.

Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch. Wiesbaden: Springer.

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

Gyllenpalm, J. & Wickman, P.-O. (2011). "Experiments" and the Inquiry Emphasis Conflation in Science Teacher Education. In: Science Education, 95(5), S.908-926.

Hopf, M. (Hrsg.), Schecker, H., Wiesner, M. (2011): Physikdidaktik kompakt. Köln: Aulis Verlag.

Höttecke, D., Rieß, F. (2007). Rekonstruktion der Vorstellungen von Physikstudierenden über die Natur der Naturwissenschaften - eine explorative Studie. In: PhyDid A, Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 2007, 1/6, S.1-14.

Höttecke, D., Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 2015, 21, S.127–139.

Mayer, J., Ziepprecht, K. & Meier, M. (2018, im Druck). Theoretische und konzeptionelle Rahmung: Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In Meier, M., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (Hrsg.). Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen. Münster: Waxmann.

Mayring, Philipp (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11., aktualisierte und überarb. Aufl. Weinheim: Beltz (Pädagogik).

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (Hrsg.). (2005). *Bildungsstandards für das Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer.

Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. In: Unterrichtswissenschaft, 2008, 36 (1), S.71-93.

Stefan Sorge IPN Kiel
Melanie Keller
Stefan Petersen
Knut Neumann

Die Entwicklung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte

Zur Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht benötigen Lehrkräfte adäquates Professionswissen (Gess-Newsome, 2015; Shulman, 1987). Insbesondere fachdidaktisches Wissen (engl. *pedagogical content knowledge – PCK*) hat sich dabei als prädiktiv für erfolgreiches Lernen von Schülerinnen und Schülern erwiesen (Keller, Neumann & Fischer, 2017; Kunter et al., 2013; Mahler, Großschedl & Harms, 2017). Den Ideen Shulmans (1986, 1987) folgend ist PCK ein entscheidendes Charakteristikum für die Lehrprofession und umfasst das Wissen, welches Lehrkräfte benötigen, um Fachinhalte den Schülerinnen und Schülern verständlich zu machen. Es ist daher eine zentrale Aufgabe des Lehramtsstudiums die Entwicklung des PCK bestmöglich zu fördern.

Theoretischer Hintergrund

Shulmans (1986, 1987) erste Überlegungen zum Professionswissen von Lehrkräften umfasste eine Vielzahl verschiedener Facetten. In der fachdidaktischen Forschung haben sich primär die Facetten CK (*content knowledge*) und PCK als zentrale Dimensionen des Professionswissens etabliert (Abell, 2007). Bezogen auf das CK fordern Grossman, Schoenfeldt und Lee (2005), dass Lehrkräfte neben den Fachinhalten, die sie im Unterricht behandeln, auch Wissen besitzen, das es ihnen erlaubt, zukünftige Entwicklung in ihrem Fach zu verfolgen und damit Schülerinnen und Schüler auf ein entsprechendes Studium vorzubereiten. Um dieser Zielstellung gerecht zu werden, ist es notwendig, dass Lehrkräfte ihr CK in einer Vielzahl von Themengebieten erwerben (Sorge et al., 2017a). Neben dem notwendigen CK benötigen Lehrkräfte, den Überlegungen Shulmans (1986) folgend, Wissen, wie sich diese Inhalte Schülerinnen und Schülern vermitteln lassen. In der Forschung besteht jedoch eine gewisse Uneinigkeit darüber, welche Bereiche ein solches Wissen umfasst (für einen Überblick siehe Reinhold, Riese & Gramzow, 2017). In ihrer Analyse der verschiedenen Konzeptionen von PCK identifizieren Park und Oliver (2008) vier Bereiche, die die zentralen Komponenten des PCKs darstellen: Wissen über Schülervorstellungen, Instruktionsstrategien, Assessment und Curriculum (siehe auch Magnusson, Krajcik & Borko, 1999). Diese Bereiche formen den Kern des PCK, in dem (angehende) Physiklehrkräfte im Laufe ihres Studiums Wissen erwerben sollten. Dabei umfasst solches PCK öffentliches, explizierbares Wissen, das durch die Forschung und best-practice Unterricht generiert und in formalen Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium vermittelt werden sollte (Gess-Newsome, 2015). Im späteren unterrichtlichen Planungs-, Handlungs- und Reflexionsprozess beziehen sich Lehrerinnen und Lehrer allerdings auf implizite, persönliche Wissensbereiche (*personal PCK*), für die das explizite PCK jedoch eine wichtige Ressource darstellt (Gess-Newsome, 2015; Sorge et al., 2017a).

In bisherigen Untersuchungen des Professionswissens (angehender) Physiklehrkräfte konnte die mehrdimensionale Struktur des Professionswissens wiederholt bestätigt werden (z. B. Kirschner et al., 2016; Riese & Reinhold, 2012; Sorge et al., 2017b). Allerdings liegen nur wenige Erkenntnisse vor, wie sich die Struktur des Professionswissens im Verlauf der Lehramtsausbildung verändert (vgl. Riese & Reinhold, 2012). Zudem ist einschränkend anzumerken, dass bisherige Untersuchungen auf einzelne Bereiche des CKs wie z.B. Mechanik und einzelne Bereiche des PCK (Riese & Reinhold, 2010: Experimente; Kirschner

et al, 2016: Instruktionsstrategien und Schülervorstellungen) rekurrieren. Bisherige querschnittliche Untersuchungen legen nahe, dass die Beziehung zwischen CK und PCK sich im Laufe der Entwicklung der (angehenden) Lehrkräfte ändert (Krauss et al., 2008; Sorge et al., 2017b). Dabei ist in der Literatur wiederholt darauf hingewiesen worden, dass CK eine notwendige Voraussetzung für die weitere Entwicklung PCK darstellt (Kind, 2009; van Driel, de Jong & Verloop, 2002). Zu der Frage, ob darüber hinaus auch PCK eine mögliche Ressource für die Entwicklung von CK sein kann, liegen bisher keine Erkenntnisse vor. Die vorliegende Studie untersucht daher die folgende Forschungsfrage: Welchen Einfluss hat das CK auf die weitere Entwicklung von PCK angehender Physiklehrkräfte und umgekehrt?

Methoden

Zur Untersuchung der Entwicklung des CK und PCK angehender Physiklehrkräfte wurde eine Längsschnittstudie an 20 Universitäten in Deutschland durchgeführt. Die Studie ist Teil des Projekts *Kompetenzentwicklung in mathematischen und naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiengängen* (*KeiLa*), bei der individuelle und institutionelle Bedingungsfaktoren für die Entwicklung des Professionswissens MINT-Lehramtsstudierender untersucht werden. Die Rekrutierung der Probandinnen und Probanden erfolgte durch Vertreter und Vertreterinnen der Fachdidaktik vor Ort. Damit konnten in den Jahren 2014 $N_1 = 49$, 2015 $N_2 = 97$ und 2016 $N_3 = 46$ Lehramtsstudierende der Physik für eine Erfassung ihres CK und PCK gewonnen werden. Für die vorliegende Untersuchung wurden Daten von $N = 68$ Physiklehramtsstudierenden verwendet, von denen Daten zu jeweils zwei Messzeitpunkten vorlagen (2014-2015: 26 Studierende, 2015-2016: 42 Studierende). Die Studierenden waren im Mittel 22,1 Jahr alt ($SD = 3{,}8$ Jahre), 48% von ihnen waren weiblich und 78% strebten eine Berechtigung als Gymnasiallehrkraft an. Die befragten Studierenden waren zu ihrem ersten Messzeitpunkt im 3,4 Semester ($SD = 2{,}14$ Semester).

Die Erhebung dauerte jeweils 4,5 Stunden und beinhaltete zwei 15-minütige Pausen. Die Erfassung des Professionswissens angehender Physiklehrkräfte erfolgte mit den im KiL-Projekt entwickelten und erprobten Instrumenten (Kleickmann et al., 2014; Sorge et al., 2017b). Im Bereich CK wurden 40 Items eingesetzt, die die Inhaltsbereiche Mechanik, Elektrizitätslehre, Optik, Thermodynamik, Festkörperphysik, Atom- und Kernphysik, spez. Relativitätstheorie und Quantenphysik abdecken. Es wurden vorwiegend geschlossene Formate zur Erfassung verwendet (33 MC-Items). Das CK-Instrument zeigt eine gute Passung auf das Rasch-Modell ($0.8 < \text{Infit} < 1.2$) und eine gute WLE/Reliabilität von .85. Für PCK wurden 39 Items eingesetzt, die die vier zentralen PCK-Dimensionen nach Magnusson, Krajcik und Borko (1999) abbilden. Dabei wurde ein Item auf Grund eines unpassenden Modellfits (Infit von 1.25) von den weiteren Analysen ausgeschlossen. Zur Erfassung des PCKs wurden 19 offene, 15 Multiple-Choice, 3 Zuordnungs- und 2 Wahr-Falsch-Items eingesetzt. Das Instrument entspricht ebenfalls zufriedenstellend dem Rasch-Modell und zeigt eine akzeptable WLE/Reliabilität von .71.

Ergebnisse

Zur Analyse der Entwicklung des CK und PCKs und deren wechselseitiger Einflussnahme wurde ein (identifiziertes) Strukturgleichungsmodell mit zwei Regressionen geschätzt. Das Ergebnis dieser Berechnung ist in Abbildung 1 zu sehen.

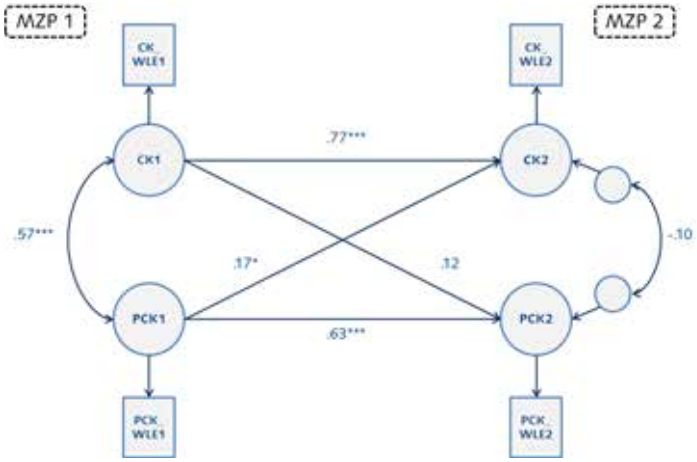


Abb. 1. Strukturgleichungsmodell zum wechselseitigem Einfluss von CK und PCK auf deren weiterer Entwicklung unter Angabe standardisierter Pfadkoeffizienten.

Zunächst ist festzuhalten, dass das Ausgangsniveau von CK und PCK erwartungskonform im mittleren bis hohem Bereich miteinander korrelieren ($r = .57$, $p < .001$). Außerdem zeigt sich, dass das Ausgangsniveau im CK und PCK jeweils positiv und stark die Fähigkeit zum zweiten Messzeitpunkt vorhersagt ($\beta_{CK} = .77$, $\beta_{PCK} = .63$, $p < .001$). Schließlich hat unter Kontrolle des Ausgangsniveaus im CK das PCK einen zusätzlichen positiven Einfluss auf die Entwicklung des CKs ($\beta = .17$, $p = .01$). Der Effekt von CK auf die Entwicklung des PCKs liegt in einer ähnlichen Größenordnung mit $\beta = .12$, war aber statistisch nicht signifikant ($p = .27$).

Diskussion

Es ist eine zentrale Herausforderung des Lehramtsstudiums, die angehenden Lehrerinnen und Lehrer mit dem nötigen Professionswissen auszustatten, um sie für den späteren Lehrberuf vorzubereiten. Im vorliegenden Projekt ist es gelungen, die Entwicklung des Professionswissens über ein Jahr nachzuzeichnen. Dabei zeigt sich, dass die im KiL-Projekt entwickelten Instrumente (Sorge et al., 2017b) geeignet sind, um eine solche Entwicklung auch in seiner Breite zu erfassen. Die Regressionen zeigen zunächst, dass Studierende, die ein hohes CK und PCK besitzen, auch zum zweiten Messzeitpunkt ein hohes CK und PCK aufweisen. Dies unterstützt zusätzlich die Reliabilität und Validität des eingesetzten Instruments. Darüber hinaus konnte ein signifikanter positiver Einfluss von PCK auf die weitere Entwicklung des CKs gefunden werden. Die Idee, dass auch Meta-Wissen die weitere Akquise von Fachwissen unterstützen kann (z. B. Bransford, Brown & Cocking, 2000), sollte daher auch in der Lehrkräftebildung stärker berücksichtigt werden. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse durch die aktuelle Stichprobengröße (weitere Erhebungen laufen) sowie die fehlende Kontrolle von unterschiedlichen Semestern und Universitäten mit Vorsicht zu interpretieren sind und weiterer Bestätigung bedürfen. Weitere Untersuchungen zu individuellen und institutionellen Bedingungsfaktoren für die Entwicklung des Professionswissens sollen schließlich dabei helfen, die angehenden Lehrkräfte auf ihrem Weg zur Durchführung von gutem Unterricht besser zu unterstützen.

Literatur

Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (S. 1105–1149). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn. Brain, Mind, Experience, and School.* Washington, D.C.: National Academy Press.

Gess-Newsome, J. (2015). A Model of Teacher Professional Knowledge and Skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Hrsg.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (S. 28–42). New York: Routledge.

Grossman, P., Schoenfeld, A., & Lee, C. (2005). Teaching Subject Matter. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Eds.), *Preparing Teachers for a Changing World. What Teachers Should Learn and Be Able to Do* (S. 201–231). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Keller, M. M., Neumann, K., & Fischer, H. E. (2017). The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge and Motivation on Students' Achievement and Interest. *Journal of Research in Science Teaching*, *54*(5), 586–614.

Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education, 45*(2), 169–204.

Kirschner, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gess-Newsome, J. & Aufschnaiter, C. v. (2016). Developing and evaluating a paper-pencil test to assess components of physics teachers' pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Edcuation*.

Kleickmann, T., Großschedl, J., Harms, U., Heinze, A., Herzog, S., Hohenstein, F.,. . . Zimmermann, F. (2014). Professionswissen angehender Lehrkräfte mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern: Testentwicklung im Rahmen des Projekts Kil. *Unterrichtswissenschaft*, *42*(3), 280–288.

Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. Journal of Educational Psychology, 100(3), 716–725.

Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional Competences of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development. *Journal of Educational Psychology*, *105*(3), 805–820.

Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Hrsg.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (S. 95–132). Dordrecht: Kluver.

Mahler, D., Großschedl, J. & Harms, U. (2017). Using doubly latent multilevel analysis to elucidate relationships between science teachers' professional knowledge and students' performance. *International Journal of Science Education, 39*(2), 213-237.

Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261–284.

Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.* DOI 10.1007/s40573-017-0059-2.

Reinhold, P., Riese, J. & Gramzow, Y. (2017). Fachdidaktisches Wissen im Lehramtsstudium Physik. In: H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (S. 39-56). Berlin: Logos.

Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenzen von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 167–187.

Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen: Empirische Hinweise für eine Verbesserung des Lehramtsstudiums. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, *15*(1), 111–143.

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

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1–22.

Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S. & Neumann, K. (2017a). Die Modellierung und Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. In: H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (S. 21-37). Berlin: Logos.

Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S. & Neumann, K. (2017b). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*. online first.

van Driel, J. H., Jong, O. de & Verloop, N. (2002). The Development of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Science Education*, *86*(4), 572–590.

Claudia Haagen-Schützenhöfer[1] [1]Karl-Franzens-Universität Graz
Martin Hopf[2] [2]Universität Wien

Design-Based Research: Unterrichtsgang zur Anfangsoptik

Motivation

Die fachdidaktische Forschung der letzten Jahrzehnte liefert zahlreiche Erkenntnisse über Schülervorstellungen und Lernhindernisse in den meisten Inhaltsbereichen der Physik, so auch für den Bereich der Anfangsoptik. Empirische Untersuchungen zeigen allerdings auch, dass eine lernwirksame Umsetzung dieser Erkenntnisse im konventionellen Unterricht nur selten stattfindet bzw. dass derartige Lernhindernisse nur ungenügend Berücksichtigung in Schulbüchern finden. Ein systematischer Theorie-Praxis-Transfer gelingt also kaum (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek, & Parchmann, 2012). Das hier vorgestellte Projekt zielt auf die forschungsgeleitete Entwicklung eines Unterrichtsganges und dessen Implementierung in die Schulpraxis ab.

Ausgangslage und Zielsetzungen

Den Ausgangspunkt dieses Projekts stellten die defizitären Lernstände von SchülerInnen der 8. Schulstufe zu Grundkonzepten des Anfangsoptikunterrichts dar, die im Rahmen einer Erhebung zur Entwicklung der nationalen Bildungsstandards diagnostiziert wurden.

Eine parallel bei den Physiklehrkräften (N=110) der untersuchten SchülerInnen durchgeführte Befragung zur Relevanz und Schwerpunktsetzung verschiedener Grundkonzepte in deren Anfangsunterrichtsgestaltung unterstreicht die Vermutung, dass aus fachdidaktischer Sicht für den Lernfortschritt relevante Konzepte kaum bis nicht adressiert werden. Stellvertretend seien hier die Ergebnisse zum Konzept der Lichtausbreitung als kontinuierlicher Strömungsprozess und dessen Darstellungsform mittels Lichtstrahlenmodell vorgestellt, wie auch das Sender-Empfänger Modell zum physikalischen Sehprozess. Abbildung 1 zeigt, dass diese Konzepte im Unterricht von mehr als 50% der Befragten nicht gesichert thematisiert werden (s. Abb. 1: Kategorien „kommt vor, falls Zeit ist“ oder „kommt nicht vor“).

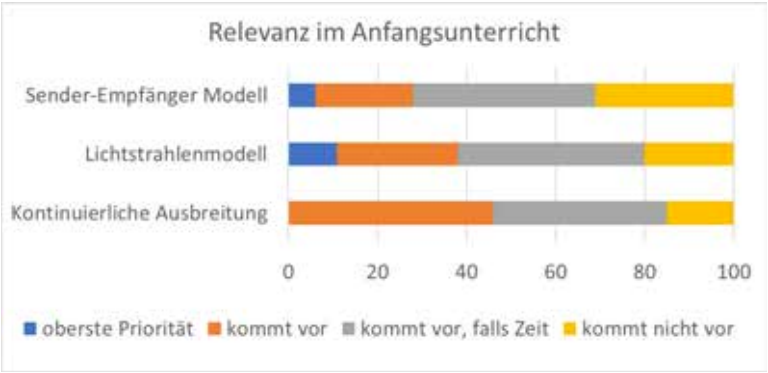


Abb. 1: Lehrkräftebefragung (N=110) zur Adressierung von Konzepten im Anfangsoptikunterricht der 8. Schulstufe in Österreich

Das Ziel des Projektes besteht darin einen lernwirksamen Unterrichtsgang zur Anfangsoptik zu entwickeln, der als Schülermaterialien operationalisiert ist und leicht in die gängige

Schulpraxis implementiert werden kann. Zudem sollte Wissen über domänenspezifische Lernprozesse und Lernhindernisse im Bereich der Anfangsoptik der Schulpraxis niederschwellig zugänglich gemacht werden.

Design-Based Research als Forschungsprogramm

Design-Based Research versteht sich als nutzenorientierte Grundlagenforschung, deren Zielperspektive auf hohen Erkenntnisgewinn bei gleichzeitig hohem praktischem Nutzen ausgelegt ist. Absicht dieses Forschungsansatzes ist es Theorien über bereichsspezifisches Lernen zu entwickeln und gleichzeitig forschungsbasiert Lernumgebungen zu designen, die lernförderlich und gut in schulischen Rahmenbedingungen umsetzbar sind.

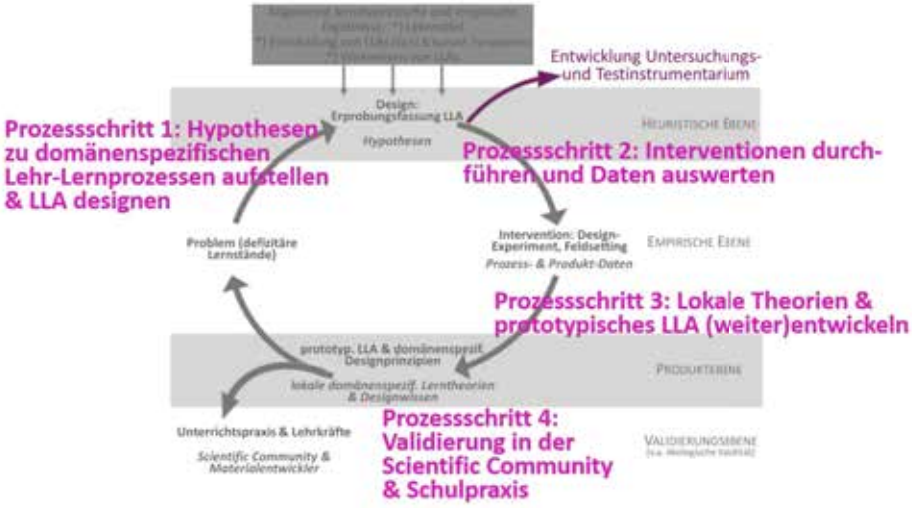


Abb. 2: Modell von Design-Based Research (Haagen-Schützenhöfer, 2016, angelehnt an Ejersbo, 2007) Forschungs- und Produktzyklus in überlagerter Darstellung

Wie Abb. 2 zeigt, liegt der Startpunkt der iterativen Forschungs- und Entwicklungszyklen von Design-Based Research in konkreten Problemstellungen aus der Schulpraxis. Diese beiden Prozessräume, sind über vier Ebenen und zugehörige Arbeitsschritte miteinander verbunden, die jeweils einen Forschungsaspekt (z.B. in Prozessschritt 1 „Hypothesen zu domänenspezifischen Lehr- und Lernprozessen aufstellen“, s. Abb. 2) und einen Entwicklungsaspekt (z.B. in Prozessschritt 1 „Lehr-Lern-Arrangements (LLAs) designen“, s. Abb. 2) beinhalten. Der Forschungszyklus liefert schließlich lokale, domänenspezifische Lerntheorien und wird über typische Mechanismen in der Scientific Community validiert, während der Entwicklungszyklus Artefakte für den Unterricht liefert, die einer ökologischen Validierung durch die Schulpraxis zugeführt werden.

Vorarbeiten: Untersuchungen und Interventionen der Frankfurter Gruppe

Fachdidaktische Forschung im Bereich der Optik zeigt bisher eine Reihe von Ansätzen, die bereits für Schulunterricht erdacht und teilweise auch empirisch überprüft wurden. Ein besonders vielversprechendes Konzept stellt dabei der Lehrgang von Wiesner, Herdt und Engelhard (Wiesner, Engelhardt, & Herdt D., 1995, Wiesner, Engelhardt, & Herdt D., 1996a, Wiesner, Engelhardt, & Herdt D., 1996b) dar, der auch zahlreiche Ideen von Jung (Jung, 1982) enthält. Herdt (Herdt, 1990) berichtet in seiner Evaluierungsstudie ein signifikant besseres Abschneiden der Klassen, in denen nach dem Lehrgang unterrichtet wurde, verglichen mit konventionell unterrichteten Kontrollklassen.

Wesentliche Unterschiede des Lehrgangs zu konventionellem Optikunterricht liegen vor allem in der durchgehenden Verwendung des Sender-Empfänger-Streukonzepts, auf das alle im Lehrgang besprochenen Phänomene zurückgeführt werden. Des Weiteren zeichnet sich der Lehrgang durch eine späte Einführung abstrakter Strahlenkonstruktionen aus und koppelt Strahlenkonstruktionen immer an das beobachtbare Phänomen, indem dem Weg des Lichtes vom Lichtsender (Lichtquelle) über unterschiedliche Wechselwirkungen mit Materie bis hin zum Empfänger (Beobachter) großer Stellenwert eingeräumt wird.

Design des Projekts zur Anfangsoptik

Folgend dem Programm des Design-Based Research wurden in einer ersten Phase allgemeine und domänenspezifische Designprinzipien definiert, die den Rahmen für die Erstellung einer Erprobungsfassung eines Lehr-Lern-Arrangements (LLA) zur Anfangsoptik boten. Teilgegenstandsbereiche dieses LLA wurden in qualitativen Lernprozessstudien mittels Akzeptanzbefragungen beforscht und iterativ weiterentwickelt. Daneben wurden nach großen Überarbeitungsschritten Feldtestungen durchgeführt, bei denen der Lehrgang für ca. 20 Unterrichtsstunden in Schulklassen eingesetzt wurde. Die Wirksamkeit im Feld wurde v.a. mittels Prä-Post-Test-Design (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2014) ermittelt. Die aktuelle Version des LLA wurde in 4 Schulklassen (N=125) der 8. Schulstufe umgesetzt. Parallel dazu wurde eine österreichweite Baseline-Erhebung in Form von Post-Tests mit SchülerInnen (N=393) nach konventionellem Optikunterricht in der 8. Schulstufe durchgeführt, um deren Lernergebnisse mit denen der Interventionsklassen in Beziehung setzen zu können.

Ergebnisse

Die statistischen Analysen der Daten der Interventionsklassen zeigen einen hoch signifikanten intra-individuellen Wissenszuwachs mit einer großen Effektstärke. Ein Vergleich der Post-Test Ergebnisse der Baseline-Gruppe und der Interventionsklassen zeigt ein signifikant besseres Abschneiden der Interventionsklassen ($t(484)=10{,}197$, $p<0.001$); (Levene-Test $F=0{,}329$, $sig=0{,}566$) mit großen Effektstärken.

Zusammenfassen lassen sich die Ergebnisse des Design-Based Research Projektes auf Forschungsebene als eine Weiterentwicklung von Theorien zum Lehren und Lernen der Anfangsoptik bezüglich Lernendenvorstellungen, lernendengerechter Repräsentationsformen und sachstruktureller Überlegunger sowie der Nutzung von Anknüpfungsstrategien für Konzeptwechsel. Eine Begrenztheit der Forschungsergebnisse ergibt sich durch die Wahl des Forschungsansatzes, der auf lokale, domänenspezifische Phänomene fokussiert.

Auf Ebene der Entwicklungsprodukte wurde ein erprobtes Lehr-Lernarrangement operationalisiert als Schülertext entwickelt und über unterschiedliche Kanäle in Unterrichtspraxis implementiert.

Die Erfahrungen in diesem Projekt zeigen, dass Design-Based Research eine gute Möglichkeit bietet Bedürfnisse der Schulpraxis in Forschungsprojekte zu integrieren und durch die Nutzung der Expertise von Lehrkräften die Akzeptanz von Forschungsprodukten für eine nachhaltige Implementierung in die Unterrichtspraxis zu steigern.

Literatur

Duit, R.; Gropengießer, H.; Kattmann, U.; Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science. In: D. Jorde und J. Dillon (Hrsg.): Science education research and practice in Europe. Springer, S.13–37.

Ejersbo, L.; Engelhardt, R.; Frølunde, L.; Hanghøj, T.; Magnussen, R. & Misfeldt, M. (2008). Balancing product design and theoretical insights. In: The handbook of design research methods in education, S. 149-163.

Haagen-Schützenhöfer, C. (20016). Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I. Kumulative Habilitationsschrift. Universität Wien, Fakultät für Physik.

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2014). Testing students' Conceptual Understanding in Geometrical Optics with a Two-Tier Instrument. In Taşar, M. (Hrsg.), Proceedings of World Conference of Physics Education 2012 in Istanbul: Book of Proceedings. Ankara. (S.1327-1336)

Herdt, D. (1990): Einführung in die elementare Optik. Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrgangs. Essen: Westarp-Wissenschaftsverlag.

Jung, W. (1982): Fallstudien zur Optik. In: physica didactica 9, S.199–220.

Wiesner, H.; Engelhardt, P. & Herdt D. (1995). Unterricht Physik, Optik I. Lichtquellen, Reflexion. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.

Wiesner, H.; Engelhardt, P. & Herdt D. (1996a). Unterricht Physik, Optik II. Brechung, Linsen. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.

Wiesner, H.; Engelhardt, P; Herdt, D. (1996b): Unterricht Physik, Opitk III/1. Optische Geräte. Köln: Aulis.

Jan-Philipp Burde
Thomas Wilhelm
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Empirische Befunde zur Lernförderlichkeit des Elektronengasmodells

Motivation

Viele Unterrichtskonzepte zur Elektrizitätslehre legen den Fokus auf den Strom- statt auf den Spannungsbegriff. Es wird vermutet, dass dies möglicherweise ein späteres tieferes Verständnis elektrischer Stromkreise erschwert, da es Lernenden auch in der Sek I oftmals nicht gelingt, ein eigenständiges Spannungskonzept zu entwickeln (Cohen, Eylon & Ganiel, 1983; Rhöneck, 1986). Das Ziel des Unterrichtskonzepts auf Basis des Elektronengasmodells besteht deshalb darin, den Lernenden eine anschauliche und intuitive Vorstellung des Potenzial- und Spannungsbegriffs zu vermitteln, indem das elektrische Potenzial mit dem Luftdruck bzw. dem in Leitern herrschenden „elektrischen Druck" verglichen wird. Ziel ist es dann, in Analogie zu Alltagsbeispielen wie Luftmatratzen oder Fahrradreifen, bei denen Luftdruckunterschiede die Ursache für Luftströmungen darstellen, die elektrische Spannung als „elektrischen Druckunterschied" und somit Ursache und Antrieb des elektrischen Stroms einzuführen (Burde & Wilhelm, 2017).

Beschreibung der Studie und der Stichprobe

Im Rahmen einer mit 790 Schülern durchgeführten Studie wurde das beschriebene Unterrichtskonzept im Schuljahr 2015/16 im Frankfurter Raum empirisch evaluiert. Die quasiexperimentelle Studie folgte einem Prätest-Posttest-Treatment-Kontrollgruppen-Design und verwendete als Testinstrument einen Multiple-Choice-Test (Urban-Woldron & Hopf, 2012). Dieser zweistufige und psychometrisch ausgereifte Test bestand aus 22 Items zu Stromstärke und Widerstand und wurde um vier weitere Items zum Spannungsbegriff erweitert. Der maximal erreichbare Summenscore im Test beträgt damit 26 Punkte. Ziel der Studie war es u.a., den Verständniszuwachs von traditionell unterrichteten Klassen (Kontrollgruppe) mit dem Verständniszuwachs von Klassen zu vergleichen, die nach dem neuen Unterrichtskonzept auf Grundlage des Elektronengasmodells unterrichtet wurden (Treatmentgruppe).

Die Kontrollgruppe umfasste 17 Gymnasialschulklassen bzw. 357 Schülerinnen und Schüler, die von 11 Lehrkräften über durchschnittlich 23,5 Schulstunden unterrichtet wurden. Die etwas größere Treatmentgruppe umfasste 19 Gymnasialschulklassen bzw. 433 Schülerinnen und Schüler, die von 14 Lehrkräften über durchschnittlich 24,3 Schulstunden unterrichtet wurden. Die unterrichteten Klassen verteilten sich in etwa gleichmäßig auf Jahrgangsstufe 7 und Jahrgangsstufe 8, wobei das Thema „Elektrizitätslehre" bei allen teilnehmenden Klassen zum ersten Mal im Unterricht behandelt wurde. Die beiden Gruppen sind also in Hinblick auf die Gruppengröße, die Jahrgangsstufe und die unterrichtete Stundenzahl miteinander vergleichbar.

Um den erzielten Lernzuwachs in Kontroll- und Treatmentgruppe miteinander vergleichen zu können, wird im Folgenden der Nettoeffekt des Treatments betrachtet, d.h. wie viel Punkte im Test die Treatmentgruppe durch den Unterricht im Durchschnitt mehr erzielt hat als die Kontrollgruppe. Dieser Nettoeffekt des Treatments soll exemplarisch mit verschiedenen in der fachdidaktischen Forschung gängigen statistischen Methoden berechnet und deren jeweilige Vor- und Nachteile diskutiert werden. Konkret wird die Betrachtung der Differenzvariablen „Zugewinn" mit einer Kovarianzanalyse und einer Mehrebenenanalyse verglichen.

Vergleich des erzielten absoluten Zugewinns in KG und TG
Im Folgenden wird der in Kontroll- und Treatmentgruppe erzielte absolute Lernzuwachs, definiert als Differenz des arithmetischen Mittelwerts von Post- und Pretest-Ergebnis, miteinander verglichen, um den signifikant unterschiedlichen Pretest-Ergebnissen Rechnung zu tragen. Zur Ermittlung des Nettoeffekts des Treatments gegenüber dem klassischen Unterricht wird von Bortz und Döring (2006, S. 559) vorgeschlagen, den Wert des absoluten Lernzuwachses der Kontrollgruppe (3.5 Punkte) von dem der Treatmentgruppe (6.7 Punkte) abzuziehen. Für den Nettoeffekt des neuen Unterrichtskonzepts ergibt sich somit ein Wert von 3.2 Punkten (SE = 0.5). Eine univariate zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (gemischtes Design) zeigt, dass ein höchst signifikanter Interaktionseffekt zwischen Gruppen- und Messwiederholungsfaktor vorliegt ($p < .001$), sich Kontroll- und Treatmentgruppe also bzgl. des durchschnittlich erzielten absoluten Lernzuwachses höchst signifikant unterscheiden. Die Effektstärke beträgt $d = .62$, was einen mittleren Effekt darstellt.

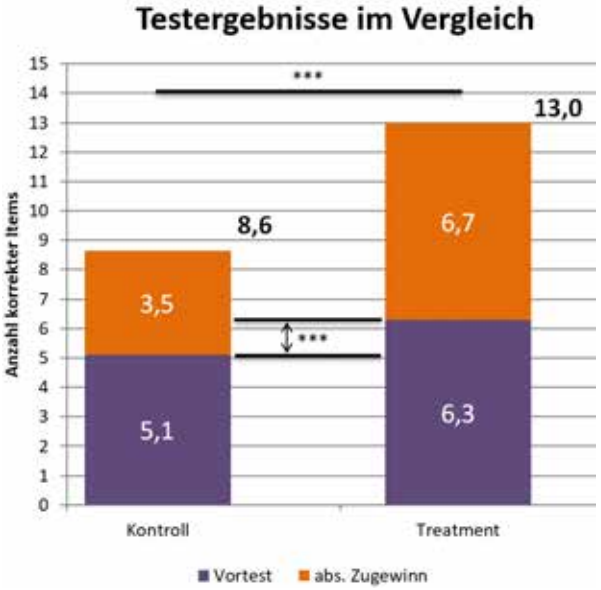


*Abb. 1: Die Testergebnisse im Vergleich (Signifikanzniveau: *** $p < .001$)*

Nach Bortz und Döring (2006, S. 560) ist allerdings davon auszugehen, dass sich die im Vortest gezeigte Diskrepanz zwischen Kontroll- und Treatmentgruppe im Nachtest alleine aufgrund von Regressionseffekten verkleinert. Dies hätte im vorliegenden Fall zur Folge, dass der Nettoeffekt des Treatments tendenziell unterschätzt wird. Unabhängig von der Diskrepanz im Vortest ist die alleinige Betrachtung des Zugewinns nach Todman und Dugard (1995, S. 182) nicht ausreichend, um den Einfluss des Pretest-Ergebnisses zu kontrollieren, da der absolute Zugewinn mit den Pretest-Ergebnissen korreliert. Eine Korrelationsanalyse zeigt, dass in dieser Studie der absolute Zugewinn negativ mit dem Pretest-Ergebnis korreliert ist. Dies bedeutet also, dass der absolute Zugewinn tendenziell umso geringer ausfällt, desto höher das Pretest-Ergebnis ist.

Kontrolle des Pretest-Ergebnisses mittels Kovarianzanalyse
Ein statistisches Verfahren, das diese auf Regressionseffekte zurückgehenden Schwierigkeiten vermeidet, stellt die Kovarianzanalyse (ANCOVA) dar. Der Vorteil der Kovarianzanalyse besteht insbesondere darin, dass das Pretest-Ergebnis der einzelnen Lernenden als Kova-

riate berücksichtigt und somit kontrolliert werden kann, was eine adäquatere Schätzung des Nettoeffekts des Treatments ermöglicht. Da die Kovarianzanalyse das Pretest-Ergebnis kontrolliert, wird der Nettoeffekt des Treatments hier über die Differenz der mittleren Posttest-Ergebnisse von Kontrollgruppe (9.0 Punkte) und Treatmentgruppe (12.7 Punkte) ermittelt. Für den Nettoeffekt des Treatments ergibt sich mit Hilfe einer Kovarianzanalyse somit ein Wert von 3.7 Punkten (SE = 0.5), was einen höchst signifikanten Unterschied darstellt ($p < .001$) und einer mittleren Effektstärke von $d = .75$ entspricht. Da die Kovariate „Pretest" nicht völlig unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit ist, kann allerdings davon ausgegangen werden, dass der so ermittelte Nettoeffekt des Treatments tendenziell zu gering ausfällt, weil die Kovariate ein Teil der Varianz des Posttest-Ergebnisses aufklärt, der eigentlich auf die Gruppenzugehörigkeit zurückgeht (Field, 2011, 397f).

Mehrebenenanalytische Berechnung des Nettoeffekts

Die bisher beschriebenen Verfahren gehen davon aus, dass die einzelnen Messungen statistisch gesehen unabhängig voneinander sind. Diese geforderte statistische Unabhängigkeit ist aber bei fachdidaktischer Feldforschung oftmals nicht gegeben, da die Schülerinnen und Schüler im realen Unterricht gemeinsam in Klassen lernen und sich somit beispielsweise bzgl. ihres Lernerfolges in Folge bestimmter gemeinsamer Einflüsse (wie z.B. dem gemeinsamen Unterricht bzw. dem gleichen Lernklima) überzufällig ähnlich sind (Kuhn, 2014, 297f). In der Terminologie der Mehrebenenanalyse (bzw. der „Hierarchisch Linearen Modellierung") sind die Schüler in Schulklassen „geschachtelt".

Eine bedeutende Konsequenz einer solchen „geschachtelten" Datenstruktur besteht darin, dass ein zusätzlicher Schüler einer bestimmten Klasse aufgrund seiner Ähnlichkeit zu seinen Mitschülern keinen vollständig neuen Informationsbeitrag von 100% zur statistischen Schätzung liefert, sondern nur einen verminderten Informationsbeitrag von beispielsweise 80% (Kreft & Leeuw, 1998, S. 9; Twisk, 2006, S. 33). Je ähnlicher sich die Schülerinnen und Schüler innerhalb einer Klasse sind, je höher also die Korrelation zwischen ihnen ist, desto geringer fällt der zusätzliche Informationsbeitrag eines weiteren Schülers innerhalb einer solchen Klasse aus (Twisk, 2006, 14f). Um wie viel der Informationsbeitrag vermindert ist, hängt von der sogenannten Intraklassenkorrelation („Intraclass Correlation") ab. Da der Standardfehler vom Stichprobenumfang abhängt, der effektive Stichprobenumfang mit steigender Intraklassenkorrelation in Folge des verminderten Informationsbeitrags aber abnimmt, bedeutet eine höhere Intraklassenkorrelation auch immer eine höhere Unsicherheit bzgl. des gefundenen Effekts. Wird die hierarchische Datenstrukturierung wie z.B. bei Kovarianzanalysen vernachlässigt, besteht deshalb die Gefahr einer Alpha-Fehler-Inflation, in deren Folge gewisse Effekte für statistisch signifikant gehalten werden, obwohl sie es tatsächlich nicht sind (Kreft & Leeuw, 1998, 9f). Die adäquate Berücksichtigung der hierarchischen Datenstruktur mittels einer Mehrebenenanalyse ermöglicht somit nicht nur eine genauere Bestimmung der untersuchten Effekte sondern auch eine adäquatere Schätzung ihrer statistischen Unsicherheit (Twisk, 2006, 30ff).

Die Erstellung eines Hierarchisch Linearen Modells mit drei Ebenen (Level-1: Schülerebene; Level-2: Klassenebene; Level-3: Lehrerebene) zeigt, dass lediglich der Level-2-Prädiktor „Gruppenzugehörigkeit" und der Level-1-Prädiktor „Pretest-Ergebnis" nach dem Bayesschen Informationskriterium einen positiven Einfluss auf die Modellgüte haben. Die Mehrebenenanalyse ergibt einen Nettoeffekt des Treatments von 3.9 Punkten (SE = 0.8), was einen höchst signifikanten Unterschied darstellt ($p < .001$) und einem großen Effekt von $d = .93$ entspricht. In dem vergleichsweise großen Standardfehler des Nettoeffekts des Treatments (0.8 Punkte bei der Mehrebenenanalyse vs. 0.5 Punkte bei Zugewinn und ANCOVA) spiegelt sich die adäquatere Schätzung der statistischen Unsicherheit wider.

Literatur

Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Auflage). Berlin: Springer.

Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2017). Die Elektrizitätslehre mit dem Elektronengasmodell. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*.

Cohen, R., Eylon, B. & Ganiel, M. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics, 51* (5), 407-412.

Field, A. (2011). *Discovering Statistics using SPSS. (and sex and drugs and rock 'n' roll)* (3. Aufl.). London: SAGE.

Kreft, I. & Leeuw, J. (1998). *Introducing Multilevel Modeling*. London: SAGE.

Kuhn, J. (2014). Mehrebenenanalyse am Beispiel der Lernwirkung von Aufgaben. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 297-310). Berlin: Springer Spektrum.

Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 34* (13), 10-14.

Todman, J. & Dugard, P. (1995). Analysis of Pre- test- Post- test Control Group Designs in Educational Research. *Educational Psychology, 15* (2), 181-198.

Twisk, J.W.R. (2006). *Applied Multilevel Analysis. A Practical Guide*. Cambridge: Cambridge University Press.

Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, 18,* 201-227. Verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/18_Urbahn.pdf

Helena van Vorst Universität Duisburg-Essen

Unterrichtsstrukturierung und Binnendifferenzierung durch Lernleitern

Differenzierung und Strukturierung von Unterricht

„Jeder junge Mensch hat ohne Rücksicht auf seine wirtschaftliche Lage und Herkunft und sein Geschlecht ein Recht auf schulische Bildung, Erziehung und individuelle Förderung." (§1, MSW NRW, 2016)

Mit der Änderung des Schulgesetzes im Jahr 2005 hat die nordrhein-westfälische Landesregierung erstmals neben dem Recht auf Bildung und Erziehung auch das Recht auf individuelle Förderung in den ersten Paragraphen des Gesetzes aufgenommen und damit der Aktualität der bildungspolitischen Diskussion um Differenzierung und Individualisierung im Unterricht Rechnung getragen. Denn trotz aller Homogenisierungsansätze des deutschen Bildungssystems ist eine zunehmende Heterogenität der Schülerschaft im Klassenzimmer, vor allem an Gymnasien, festzustellen. Gleichzeitig zeigen u. a. Daten der aktuellen PISA-Studie für die naturwissenschaftlichen Fächer in Deutschland, dass mehr als die Hälfte der Fünfzehnjährigen über eine seltene oder gar keine Differenzierung im Unterricht berichtet (Schiepe-Tiska, Schmidtner, Müller, Heine, Neumann & Lüdtke, 2016). Nach wie vor orientieren sich Lehrkräfte in ihrer Unterrichtsplanung häufig am mittleren Leistungsniveau und lassen dabei die besonderen Stärken und Schwächen der einzelnen Schülerinnen und Schüler außer Acht (Bönsch, 2012). Trautmann und Wischer (2007) kritisieren jedoch die nur unzureichende empirische Forschungslage hinsichtlich der Verbreitung und Effektivität von Differenzierung im Unterricht. In ihrem Übersichtsartikel stellen sie vor allem positive Effekte solcher Maßnahmen hinsichtlich affektiver Schülermerkmale fest. Ergebnisse der PISA-Erhebung 2015 bestätigen darüber hinaus auch positive Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Differenzierung und den Schülerleistungen im Bereich der Naturwissenschaften (OECD, 2016). Es ist jedoch davon auszugehen, dass einzelne Differenzierungsmaßnahmen auf verschiedene Schülergruppen unterschiedlich wirken. So zeigen Befunde für leistungsschwache Schülerinnen und Schüler, dass sie durch die häufig offen angelegte Unterrichtsgestaltung, die mit differenzierendem Unterricht meist einhergeht, überfordert sind und stattdessen stärker von einem strukturierten und angeleiteten Unterrichtsgang profitieren (Bohl, Batzel & Richey, 2012).
Insgesamt wird eine sinnvolle Strukturierung des Lernprozesses als wichtige Grundlage für den Aufbau vernetzten Wissens angesehen und gilt damit als ein wesentliches Merkmal von Unterrichtsqualität (Helmke, 2014). Holländer (2010) unterscheidet dabei zwischen *äußerer Strukturierung*, die eine Untergliederung des Unterrichtsgangs und des Methodeneinsatzes meint, sowie einer *inneren Strukturierung*, die sich auf die Unterteilung und Vernetzung des Unterrichtsinhalts bezieht. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht werden in der Literatur zahlreiche Methoden sowohl zur äußeren als auch inneren Strukturierung beschrieben. Eine Möglichkeit, beide Strukturierungsperspektiven zu verbinden, bietet die so genannte *Lernleiter*.

Das Lernleiter-Konzept

Bei dem ursprünglich in Indien entwickelten Lernleiter-Ansatz handelt es sich um eine Strukturierungsform von Unterricht, die sowohl den Unterrichtsgang als auch den Inhalt in einer linearen und hierarchisch angeordneten Abfolge für Schülerinnen und Schüler transparent darstellt (Girg, Lichtinger & Müller, 2012). Dazu wird der Inhalt in einzelne Bausteine zerlegt, die wiederum in sogenannten *Milestones* gebündelt werden. Ein Milestone

stellt dabei eine Leitersprosse dar, in welcher die einzelnen Bausteine in einer festen Abfolge angeordnet sind. Für das hier vorgestellte Projekt wurde dabei folgende Anordnung gewählt (van Vorst, eingereicht):

(1) Aneignung: Erarbeitung neuer fachlicher Inhalte
(2) Basisübung: Erste eigenständige Anwendung des grundlegenden Wissens
(3) Selbsteinschätzung: Eigenständige Beurteilung der erworbenen Kompetenzen mithilfe eines Selbsteinschätzungsbogens
(4) Individuelle Übung: Bearbeitung von Übungsaufgaben auf drei Schwierigkeitsniveaus gemäß dem Ergebnis der Selbsteinschätzung
(5) Evaluation: Leistungskontrolle

Abbildung 1 stellt einen exemplarischen Milestone aus der im Rahmen dieses Projektes entwickelten Lernleiter zum Atombau dar. Symbole in den Bausteinen verdeutlichen die angewandte Methodik bei der Aufgabenbearbeitung, während eine Zahl in der Kopfzeile eines Bausteins die Zugehörigkeit zum Milestone wiedergibt, sodass insgesamt die äußere Struktur des Unterrichts abgebildet wird. Durch eine Nennung der zentralen inhaltlichen Begriffe und Konzepte des jeweiligen Milestones im ersten Baustein wird zudem der innere Strukturierungsansatz des Unterrichts abgebildet.

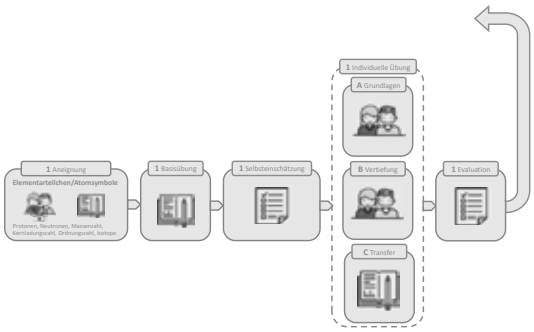


Abb. 1: Exemplarischer Milestone

Zu jedem Baustein steht passendes Arbeitsmaterial bereit, dass aufgrund der Kodierung durch die Symbole und Zahlen durch die Schülerinnen und Schüler selbstständig der Materialsammlung entnommen werden kann.

Forschungsfragen und Studiendesign

Zu der Effektivität der Lernleiter-Methodik als Ansatz zur Strukturierung und Differenzierung von Chemieunterricht liegen noch keine empirischen Ergebnisse vor. Aus diesem Grund steht die folgende Forschungsfrage im Zentrum der hier vorgestellten Untersuchung:

Welchen Einfluss hat Unterricht mit der Lernleiter zum Thema Atombau auf kognitive und affektive Schülerfaktoren im Chemieunterricht?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurde eine quantitative Studie im Prä-Post-Kontrollgruppen-Design durchgeführt. Dazu wurden im Rahmen eines Prä-Tests u. a. die kognitiven Fähigkeiten, das Sach- und Fachinteresse und die Motivation im Fach Chemie sowie die demografischen Daten der Schülerinnen und Schüler erfasst. Mithilfe eines Fachwissenstests wurde zudem das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zum Inhaltsfeld ‚Bohr'sches Atomkonzept' ermittelt. In der Interventionsgruppe begann anschließend der Unterricht mithilfe des Lernleiter-Ansatzes mit einer Gesamtdauer von ca. 20 Einzelstunden, während die Klassen der Kontrollgruppe regulär unterrichtet wurden. Zum Abschluss der Unterrichtsreihe wurde ein Post-Test durchgeführt, der erneut sowohl das Fachwissen als auch die zuvor beschriebenen affektiven Schülervariablen erfasste.

Stichprobenbeschreibung
An der Umsetzung des Lernleiter-Konzepts nahmen insgesamt fünf nordrhein-westfälische Gymnasien mit ihren Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 8 teil. Der Stichprobenumfang der Interventionsgruppe umfasst dabei 329 Probandinnen und Probanden. Vier weitere Gymnasien in Nordrhein-Westfalen bilden die Kontrollgruppe. Hier wurden 214 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 8 vor und nach ihrem Unterricht zum Bohr'schen Atomkonzept befragt.

Ergebnisse
In Abbildung 2 sind die Ergebnisse zum Lernzuwachs der Kontroll- und Interventionsgruppe zusammengefasst.

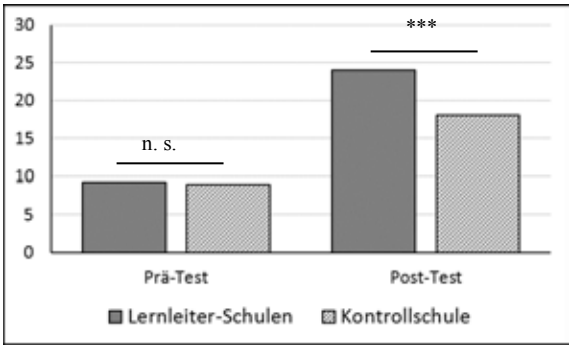


Abb. 2: Ergebnisse zum Lernzuwachs (maximal zu erreichende Punktzahl: 35)

Eine ANOVA mit Messwiederholung bestätigt den hochsignifikanten Lernzuwachs beider Gruppen einerseits ($F(1, 529) = 1914.17$; $p < .001$, $\eta_p^2 = .78$) sowie den signifikanten Unterschied zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe ($F(1, 529) = 109.03$; $p < .001$, $\eta_p^2 = .17$) andererseits. Betrachtet man zudem die Ergebnisse, differenziert nach drei Leistungsniveaus, wird nicht nur ein signifikanter Lernzuwachs für alle Leistungsgruppen erkennbar, Post-Hoc-Analysen zeigen darüber hinaus auch, dass es den leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern der Lernleiter-Klassen gelingt, das Niveau der leistungsstarken Schülerinnen und Schüler der Kontrollklassen zu erreichen ($M_{IGschwach} = 22.19$, $SD = 5.83$; $M_{KGstark} = 23.52$, $SD = 5.69$; $p > .05$, CI [-4.17, 1.51]).
Hinsichtlich des Sach- und Fachinteresses zeigen die Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung einen signifikanten Interaktionseffekt zwischen der Interessenentwicklung und der Zugehörigkeit zur Kontroll- bzw. Interventionsgruppe ($F(1, 479) = 4.30$; $p < .05$, $\eta_p^2 = .01$): Während es zu einem signifikanten Interessenrückgang in der Kontrollgruppe kommt ($M_{KGprä} = 2.65$, $SD = .67$ / $M_{KGpost} = 2.57$, $SD = .70$), kann das Interesse der Lernenden in der Interventionsgruppe aufrecht erhalten werden ($M_{IGprä} = 2.63$, $SD = .64$ / $MI_{Gpost} = 2.67$, $SD = .64$).

Diskussion
Die Zusammenfassung der wesentlichen Studienergebnisse verdeutlicht das Potential der Lernleiter-Methodik als Strukturierungs- und Differenzierungsmaßnahme für den Chemieunterricht. Einschränkend muss hier jedoch festgehalten werden, dass der Unterricht der Kontrollgruppe nicht systematisch kontrolliert und nachvollzogen werden konnte. Da die Interventionsmaßnahme in den einzelnen Klassen durch die Lehrkräfte selbst durchgeführt wurde, können entsprechende Effekte ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Es bedarf folglich weiterer, systematischer Untersuchungen, um die ersten empirischen Effekte der Lernleiter-Methode weiter aufschlüsseln zu können.

Literatur

Bohl, T., Batzel, A. & Richey, P. (2012). Öffnung - Differenzierung – Individualisierung Adaptivität: Charakteristika, didaktische Implikationen und Forschungsbefunde verwandter Unterrichtskonzepte zum Umgang mit Heterogenität. In T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann & B. Wischer (Hg.), *Theorie und Praxis der Schulpädagogik. Binnendifferenzierung. Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht*. Immenhausen bei Kassel: Prolog-Verlag, 40-68.

Bönsch, M. (2012). Strategien zur Lernprozessoptimierung - Innere Differenzierung. In T. Bohl, M. Bönsch, M. Trautmann, & B. Wischer (Hg.), *Theorie und Praxis der Schulpädagogik. Binnendifferenzierung. Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht*. Immenhausen bei Kassel: Prolog-Verlag, 9-23.

Girg, R., Lichtinger, U., & Müller, T. (2012). *Lernen mit Lernleitern: Unterrichten mit der MultiGradeMultiLevel-Methodology (MGML)* (neue Ausg). *Theorie und Praxis der Schulpädagogik: Vol. 10*. Immenhausen, Hess: Prolog-Verlag.

Helmke, A. (2014). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (5. Auflage). *Unterricht verbessern - Schule entwickeln*. Seelze: Klett; Kallmeyer.

Holländer, M. (2010). *Effektivität des Advance Organizers als Strukturierungshilfe im Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. Berlin: Uni-Edition.

Ministerium für Schule und Weiterbildung (2016). Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (Schulgesetz NRW – SchulG). Verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Recht/Schulrecht/Schulgesetz/Schulgesetz.pdf.

OECD. (2016). *PISA 2015 results: Policies and Practices for Successful Schools*. Volume II. Paris: OECD Publishing.

Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Neumann, K. & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann, 133-175.

Trautmann, M. & Wischer, B. (2007). Individuell fördern im Unterricht: Was wissen wir über Innere Differenzierung? *Pädagogik, 59*(12), 44–48.

van Vorst, H. (eingereicht). Zum Bohr'schen Atomkonzept mit der Lernleiter. Ein Ansatz zur Unterrichtsstrukturierung und Differenzierung, nicht nur für den Chemieunterricht. *MNU*.

Marie-Therese Hauerstein Universität Duisburg-Essen
Helena van Vorst

Evaluation von Unterrichtsstrukturierung durch Lernleitern

Theoretischer Hintergrund

Lernleitern als Strukturierungshilfe im Unterricht

Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht muss sich nach wie vor dem Vorwurf stellen, den kumulativen Wissensaufbau zu wenig zu fördern, denn häufig gelingt es den Schülerinnen und Schüler in diesen Fächern nicht, ihr neu erworbenes Wissen an bereits vorhandenem Vorwissen anzuknüpfen und neu zu strukturieren (BLK, 1997; ISB, 2002). In seiner Aptitude-Interaction-Studie konnte Snow (1989) zeigen, dass Lernen insbesondere bei leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern besser gelingt, wenn neue Inhalte strukturiert vermittelt werden. Strukturierung gilt darüber hinaus auch allgemein als wesentliches Merkmal guten Unterrichts (Helmke, 2014; Kounin, 1970; Meyer, 2014). Meyer (2014) unterscheidet zwei Formen der Unterrichtsstrukturierung: (1) eine plausible Untergliederung des Unterrichtsinhalts (Inhaltsstruktur) und (2) eine deutliche Markierung der einzelnen Unterrichtsschritte (Prozessstruktur). In der Literatur werden unterschiedliche Strukturierungsmöglichkeiten vorgestellt, die jeweils eine der beiden Formen realisieren. Ein Beispiel für eine Strukturierungshilfe, die eine Inhaltsstruktur berücksichtigt, ist der auf David Ausubel (1960) zurückgehende Advance Organizer. Dieser wird vor der eigentlichen Wissensvermittlung eingesetzt, mit dem Ziel, die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler durch eine höhere Transparenz der Inhaltsstruktur zu verbessern (vgl. z. B. Holländer, 2010). Auch die Strukturierungshilfe Concept Maps wird den Schülerinnen und Schülern vor dem Wissenserwerb präsentiert. Bei diesen Begriffsnetzen steht die Beziehung zwischen zwei miteinander vernetzter Begriffe im Mittelpunkt und – anders als bei Mind Maps – gibt es in der Regel keinen hierarchischen Ausgangsbegriff. Beide Strukturierungshilfen führen zu positiven Effekten hinsichtlich des Lernerfolgs (z. B. Ausubel, 1960; Holländer, 2010; Fechner, 2009; Haugwitz, 2009; Nesbit & Adesope, 2006). Das Konzept der Lernleiter ist dazu geeignet, sowohl eine Inhalts- als auch eine Prozessstrukturierung des Unterrichts zu realisieren. Bei Lernleitern handelt es sich um eine Strukturierungshilfe, die durch einen linearen, bausteinartigen Aufbau die Lerninhalte sowie den Unterrichtsgang in sinnvolle Abschnitte unterteilt und für Schülerinnen und Schüler transparent darstellt (Girg, Lichtinger & Müller, 2012). Bislang ist jedoch ungeklärt, inwieweit die Lernleiter auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler wirkt.

Binnendifferenzierung nach Leistungsfähigkeit

Neben einem sequenzierten Aufbau zeichnet sich die Lernleiter in dieser Studie zusätzlich durch individuelle Übungsphasen aus, wodurch die Strukturierung mit einer Binnendifferenzierung gekoppelt wird. Die Notwendigkeit einer Differenzierung ergibt sich aus der Heterogenität der Schülerschaft, die sich unter anderem durch Unterschiede im Vorwissen, im Lerntempo und in der kognitiven Begabung äußert. Für einen erfolgreichen Lernprozess der einzelnen Lernenden ist es erforderlich, die verschiedenen Lernvoraussetzungen im Unterricht zu berücksichtigen (Bohl, Bönsch, Trautmann & Wischer, 2012). Eine mögliche Differenzierungsform ist die Einteilung der Schülerschaft nach ihrer Leistungsfähigkeit (Meyer, 2014). Dabei zeigen bisherige Studien zur Binnendifferenzierung nach Leistungsfähigkeit für das Fach Chemie positive Ergebnisse (vgl. z. B. Kallweit, 2014 und Anus, 2015). Während die bisher durchgeführten Studien Selbstlernmaterialien in den Blick nehmen, bei denen die Lehrervariable vernachlässigbar ist und die Untersuchungsteilnehmer für das Studiendesign parallelisiert werden, bleibt bis jetzt

unberücksichtigt, welche Effekte bei dem Einsatz von binnendifferenzierenden Unterrichtsmaterialien in natürlich gruppierten Klassen zu beobachten sind. Weiter ist noch ungeklärt, welche Wechselwirkungen zwischen der Binnendifferenzierung nach Leistungsfähigkeit und der Strukturierung bestehen.

Forschungsprojekt

Forschungsfragen

In dieser Studie sollen die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- **FF1**: Inwieweit wirkt die **Strukturierung** des Unterrichts durch die Lernleiter auf affektive und kognitive Schülervariablen?
- **FF2:** Inwieweit wirkt die **Binnendifferenzierung** nach Leistungsfähigkeit auf affektive und kognitive Schülervariablen?
- **FF3:** Inwieweit wirkt die **Binnendifferenzierung** in Kombination mit der **Strukturierung** durch die Lernleiter auf affektive und kognitive Schülervariablen?

Studiendesign

Es wird eine Prä-Post-Kontrollgruppenstudie im 2x2-Design durchgeführt. Dazu werden drei Interventionsgruppen (**SB**: Lernleiter-Strukturierung & Binnendifferenzierung; **S**: Lernleiter-Strukturierung & keine Binnendifferenzierung; **B**: keine Lernleiter-Strukturierung & Binnendifferenzierung) gebildet. Zusätzlich wird eine Kontrollgruppe (**KG**: keine Lernleiter-Strukturierung & keine Binnendifferenzierung) genutzt, die keine der beiden Interventionsmaßnahmen umsetzt.

SB LL-Strukturierung Binnendifferenzierung	**S** LL-Strukturierung Keine Binnendifferenzierung
B Keine LL-Strukturierung Binnendifferenzierung	**KG** Keine LL-Strukturierung Keine Binnendifferenzierung

Abb. 1: 2x2-Studiendesign (LL: Lernleiter, S: Strukturierung, B: Binnendifferenzierung, KG: Kontrollgruppe)

Testinstrumente

Zum Prä-Messzeitpunkt wird ein Schülerfragebogen als Testinstrument verwendet, welcher die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000), das Fachwissen (z. B. Dollny, 2011; Holländer, 2010) sowie das Fach- und Sachinteresse, die Motivation und das Selbstkonzept der Lernenden (z. B. Fechner, 2009; Haugwitz, 2009; van Vorst, 2013) erfasst. Während der Intervention begleitet ein Implementationstagebuch der Lehrkräfte die Studie. Zum Post-Messzeitpunkt wird erneut der Schülerfragebogen der Prä-Testung (ohne kognitiven Fähigkeitstest) eingesetzt.

Stichprobenbeschreibung

In einer Pilotstudie wurden bereits die Gruppen **SB** und **B** realisiert, um zunächst den Einfluss der Strukturierung zu untersuchen. An dieser Umsetzung nahmen zwei achte Parallelklassen eines nordrhein-westfälischen Gymnasiums teil. Beide Lerngruppen wurden von derselben Lehrperson zum Thema Atombau unterrichtet. In der SB-Gruppe (N = 24, 13-14 Jahre, 54 % weiblich) wurde dieses in die Lernleiter eingebettet und enthielt binnendifferenzierende Aufgaben. Die Unterrichtsgestaltung in der B-Gruppe (N = 20, 13-14 Jahre, 60 % weiblich) erfolgte durch die Lehrkraft, die ausschließlich das binnendifferenzierende Material in ihre Unterrichtsgestaltung integrierte.

Ergebnisse

Zwischen den beiden Gruppen SB und B gibt es zum Prä-Messzeitpunkt hinsichtlich der erhobenen Variablen keine signifikanten Unterschiede.

In Abbildung 2 sind die Ergebnisse zum Fachwissenstest zusammengefasst. Zum Post-Messzeitpunkt zeigen sich in beiden Gruppen signifikante Fachwissenszuwächse mit einer großen Effektstärke (SB: $t(23) = 9.896$, $p < .001$, $d = 2.29$; B: $t(19) = 6.082$, $p < .001$, $d = 1.69$). Ein signifikanter Gruppenunterschied hinsichtlich des Lernzuwachses ist nicht zu beobachten. In Abbildung 3 sind die Lernzuwächse in beiden Gruppen nach Leistungsstärke dargestellt. Deskriptiv betrachtet lernen die leistungsschwachen Schülerinnen und Schüler (Chemienoten 4-6) der SB-Gruppe jedoch mehr dazu (1,17 Punkte). Bei den durchschnittlichen Schülerinnen und Schülern (Chemienote 3) beider Gruppen zeigen sich kaum Unterschiede (0,23 Punkte), während die leistungsstarken Lernenden (Chemienoten 1-2) der SB-Gruppe einen höheren Lernzuwachs haben als die der B-Gruppe (2,44 Punkte). Die deskriptiven Ergebnisse könnten ein Hinweis darauf sein, dass eine Strukturierung durch Lernleitern lernförderlicher ist. Auf Grund der geringen Probandenzahl wird im Herbst 2017 die Hauptstudie an zwölf Gymnasien in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Dabei nehmen pro Schule zwei achte Parallelklassen teil, die von derselben Lehrperson entweder mit oder ohne Lernleiter unterrichtet werden (Gruppen SB + S bzw. B + KG).

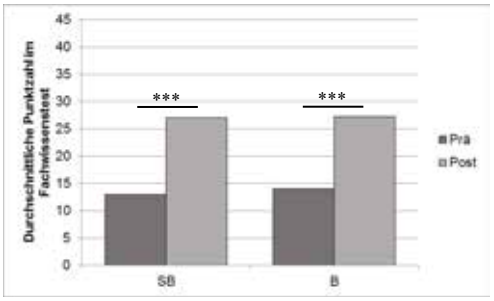


Abb. 2: Ergebnisse des Fachwissenstests (maximal zu erreichende Punktzahl: 45)

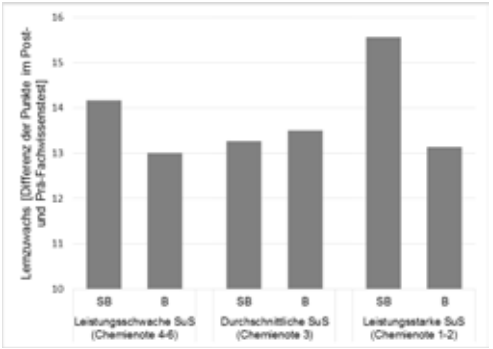


Abb. 3: Lernzuwachs in den einzelnen Leistungsgruppen

Bezüglich des Selbstkonzepts zeigt sich in der Pilotstudie in der SB-Gruppe vom Prä- zum Post-Messzeitpunkt ein signifikanter Unterschied ($t(22) = 2.631$, $p = .015$, $d = .42$), in der B-Gruppe allerdings nicht ($t(14) = 1.980$, $p = .068$, $d = .25$). Sollte sich diese Beobachtung auch bei einer höheren Probandenzahl in der Hauptstudie zeigen, könnte angenommen werden, dass die Lernleiter-Strukturierung durch das Bewusstmachen der (Inhalts-)Strukturierung zu einem höheren Selbstkonzept führt und sich die Schülerinnen und Schüler infolgedessen nach der Intervention fachlich besser einschätzen als vorher.

Vielen Dank an das Projekt Ganz In und die Stiftung Mercator für ihre Unterstützung.

Literatur

Anus, S. (2015). *Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht*. Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion. Berlin: Logos.

Ausubel, D. P. (1960). *The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material.* Journal of Educational Psychology, 51, 267–272.

BLK (1997) (Hrsg.). Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts". Heft 60 der Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung. Bonn: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK).

Bohl, T., Bönsch, M., Trautmann, M., Wischer, B. (2012). Binnendifferenzierung – Ein altes Thema in der aktuellen Diskussion. Zur Einleitung. In: OECD (2013), *PISA 2012 Ergebnisse, Was Schülerinnen und Schüler wissen und können: Schülerleistungen in Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften* (Band I), PISA, W. Bertelsmann Verlag.

Dollny, S. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 127*. Berlin: Logos.

Fechner, S. (2009). *Effects of context oriented learning on student interest and achievement in chemistry education*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 95*. Berlin: Logos.

Girg, R., Lichtinger, U., Müller, T. (2012): *Lernen mit Lernleitern*. Unterrichten mit der MultiGradeMultilevel-Methodology. Immenhausen: Prolog-Verlag.

Haugwitz, M. (2009). *Kontextorientiertes Lernen und Concept-Mapping im Fach Biologie: Eine experimentelle Untersuchung zum Einfluss auf Interesse und Leistung unter Berücksichtigung von Moderationseffekten individueller Voraussetzungen beim kooperativen Lernen [online]*. Verfügbar unter: http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-23401/Dissertation_Haugwitz.pdf [aufgerufen am 31.05.2016]

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

Helmke, A. (2014). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität*. 5. Auflage. Seelze-Velber: Kallmeyer in Verbindung mit Klett.

Holländer, M. (2010). *Effektivität des Advance Organizers als Strukturierungshilfe im Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. Berlin: Uni-Edition.

ISB (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung) (Hrsg.): *Kumulatives Lernen*. URL: http://www.sinus-transfer.de/uploads/media/Kapitel7.pdf [aufgerufen am 13.09.17]

Kallweit, I. (2014) *Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I*. Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen. Berlin: Logos.

Kounin, J. (1970). *Discipline and group management in classrooms*. New York: Holt, Rinehart & Winston.

Meyer, H. (2014): *Was ist guter Unterricht?* 10. Auflage. Berlin: Cornelsen.

Nesbit, J. C. & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept & knowledge maps: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 76(3), S.413-448.

Snow, R. E. (1989). Aptitude, Instruction and Individual Development. *International Journal of Educational Research*, 3(8), 827-948.

van Vorst, H. (2013). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie*. Berlin: Logos.

Kübra Nur Celik Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski

Learning Progressions – Erwerb von fachlichen Kompetenzen im Fach Chemie

Ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler in Deutschland schneiden in Vergleichsstudien im Fach Chemie schlechter ab als es erwünscht ist. Die Ergebnisse des IQB-Ländervergleichs von 2012 haben gezeigt, dass 69,7 % der Schülerinnen und Schüler, die den mittleren Schulabschluss an einer nicht gymnasialen Schule ansteuern, im Fach Chemie nicht die Kompetenzstufe III erreichen (Pant et al., 2013, S. 216). Möglicherweise gelingt es insbesondere leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern nur in geringem Maß vernetztes Wissen zu entwickeln. Die vergleichsweise hierarchische Struktur des Faches Chemie könnte ein Anwachsen der Defizite über die Zeit noch begünstigen. Schülerinnen und Schüler, die im Chemieunterricht einmal den Anschluss verloren haben, haben kaum noch die Möglichkeit im weiteren Verlauf des Unterrichts wieder einen Zugang zu finden. Um diese Schülerinnen und Schüler zukünftig besser unterstützen zu können, ist es wichtig zu untersuchen, inwieweit zentrale chemische Ideen und Konzepte voneinander abhängen, welche Ideen Voraussetzungen für das Verständnis anderer sind und welchen Beitrag die Ideen zu der hierarchischen Struktur leisten, um so eine inhaltliche Strukturierung abzubilden und eine systematische Kompetenzentwicklung zu ermöglichen. Deshalb wurden im Rahmen dieser Studie Learning Progressions zu den chemischen Basiskonzepten „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ (MSW, 2011) für die ersten beiden Unterrichtsjahre entwickelt. Das Ziel ist es, die angenommene logische Reihenfolge und die Abhängigkeiten zwischen den Kernideen empirisch zu überprüfen.

Theoretischer Hintergrund

Theoretisch wird diese Studie gerahmt durch das Konzept der Learning Progression, welches potentielle Lernwege der systematischen Entwicklung von fachlichen Kompetenzen beschreibt und eine bestimmte Abfolge von Fähigkeiten und Wissenselementen annimmt, die von den Schülerinnen und Schülern innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes erworben werden sollen (Abbott, 2014; Corcoran, Mosher & Rogat, 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Diese Sequenzierung wird in einer sogenannten Strand Map dargestellt, welches die Beziehungen zwischen den Kernideen präsentiert.

Forschungsfrage

Können die in den Learning Progressions angenommenen hypothetischen Abhängigkeiten zwischen den Kernideen empirisch nachgewiesen werden?

Vorgehen

Entwicklung einer vorläufigen Strand Map und eines geeigneten Testinstruments

Im Rahmen eine SINUS-Projekts wurden in einem gemeinsamen Arbeitsprozess, an dem neun Lehrkräfte unter fachdidaktischer und ministerieller Mitwirkung gearbeitet haben, eine Strand Map (Wissensnetz) entwickelt, welche die Beziehungen zwischen den Kernideen innerhalb eines Basiskonzeptes, aber auch die Beziehungen zwischen den Kernideen der drei Basiskonzepten darstellt. Auf der Grundlage des Kernlehrplans (MSW, 2011), der Bildungsstandards für das Fach Chemie (KMK, 2005) und Schulbüchern wurden sogenannte fachliche „Kernideen“ beschrieben, die - analog zu AAAS (2007) - in einer hierarchisch-logischen Reihenfolge angeordnet und miteinander vernetzt wurden. Kernideen sind

fachliche Kompetenzbeschreibungen, die die Schülerinnen und Schüler erwerben und anwenden sollen. Insgesamt wurden 57 Kernideen identifiziert, die jeweils durch fachliche Mindesterwartungen weiter ausdifferenziert, von nicht benötigtem Wissen abgegrenzt und durch typische Schülervorstellungen beschrieben wurden.

Pilotstudie
In der Pilotstudie wurde die Reliabilität der Items unter Berücksichtigung der Itemschwierigkeiten und der Itemfit-Werte überprüft. Das Hauptziel der Pilotstudie war es, problematische Items zu identifizieren. Dazu wurden die Items an Gesamtschulen in NRW im ersten und zweiten Unterrichtsjahr im Fach Chemie eingesetzt. Ein Fachwissenstest mit 330 Items im Multiple-Choice single-select Format wurde in einem Quasi-Längsschnitt 787 Schülerinnen und Schülern (50.3 % weiblich) im Multi-Matrix-Design zur Bearbeitung vorgelegt. Zu jeder Kernidee wurden mindestens fünf Items konstruiert. In einem über vollständige Itemsätze zu den Kernideen balancierten Incomplete Block Design wurden durchschnittlich 32 Antworten pro Item erzielt. Die IRT-Analysen zeigen sehr gute Personen- (.828) und Itemreliabilitäten (.911). Die Items sind für die Schülerinnen und Schüler des ersten Unterrichtsjahres signifikant schwieriger als für Schülerinnen und Schüler des zweiten Unterrichtsjahres, $t(328) = -6.798$, $p \leq .001$, $d = .751$. Innerhalb eines Unterrichtsjahres sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Basiskonzepten vorzufinden. Die Itemschwierigkeiten und die Personenfähigkeiten sind normalverteilt, jedoch ist die mittlere Itemschwierigkeit höher als die mittlere Personenfähigkeit, welches erwartungskonform ist, da die Items die Kernideen abbilden sollten und nicht die erreichten Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler darstellen soll.

Hauptstudie
In der Hauptstudie wird der überarbeitete Fachwissentest zu zwei Messzeitpunkten eingesetzt, um die hypothetischen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Kernideen zu untersuchen. Es werden pro Beziehung zwischen zwei Kernideen Testdaten von ca. 100 Schülerinnen und Schülern erhoben. Die Daten der Hauptstudie sollen es ermöglichen, belastbare Aussagen über die angenommenen Abhängigkeiten zu machen, um so auch Defizite diagnostizieren und insbesondere leistungsschwache Schülerinnen und Schülern bei der Aufarbeitung ihrer Defizite unterstützen zu können. Die erstellte Strand Map kann dabei als Orientierungs- und Strukturierungshilfe genutzt werden, um Schülerinnen und Schüler an für den weiteren Wissensaufbau relevanten Schlüsselstellen gezielter fördern zu können.

Für die Auswertung werden die Lösungswahrscheinlichkeiten benachbarter Kernideen im Zusammenhang betrachtet. Geht man davon aus, dass zwischen den Kernideen „A“ und „B“ eine Abhängigkeit besteht (A ist nötig zum Verständnis von B), dann ist zu erwarten, dass idealerweise alle Schülerinnen und Schüler, die die Aufgaben zur Kernidee B richtig lösen, auch die Aufgaben zu Kernidee A korrekt bearbeitet haben. Je größer der Anteil der B-Löser ist, die nicht die Aufgaben zur Kernidee A gelöst haben, desto stärker wird die angenommene Beziehung zwischen den Kernideen widerlegt. Da es kein standardisiertes Verfahren zur Analyse dieser angenommenen Beziehungen gibt, sollen Methoden mit unterschiedlichen Foki, wie der cross-lagged panel Analyse, dem McNemar-Test, der Guttman-Skala und den Bayesschen Netzen zur Auswertung herangezogen werden. Die ersten beiden Methoden sollen das Wissen der Personen über die Kernideen überprüfen. Die cross-lagged panel Analyse ermöglicht es auf Basis des ersten Messzeitpunktes Vorhersagen über das Antwortverhalten zum zweiten Messzeitpunkt zu treffen (Kenny, 1975; Bortz & Döring, 2006). Der McNemar-Test untersucht, ob das Lösen der Items zu Kernidee A zu mehreren Messzeitpunkten schwieriger zu lösen sind als die Items zu Kernidee B (Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2013; Field, 2014). Mit Hilfe der Guttman-Skala können die Items

nach ihrer Lösungswahrscheinlichkeit geordnet werden. Zudem kann aufgezeigt werden, welche Schülerinnen und Schüler auf Grundlage ihrer Personenfähigkeit die Items lösen können (Bortz & Döring, 2006). Die Bayesschen Netze überprüfen die gesamte Strand Map. Sie analysiert, ob die Kernideen aufeinander aufbauen, in dem die bedingten Wahrscheinlichkeiten berechnet werden (Mislevy & Gitomer, 1996 in West et al., 2012).

Fazit und Ausblick

Ziel der Studie ist es, die in den Learning Progressions abgebildeten hypothetischen Abhängigkeiten zwischen den Kernideen empirisch zu überprüfen, um Wissenselemente, die für die Entwicklung des Verständnisses von chemischem Fachwissen ausschlaggebend sind von solchen zu unterscheiden, die für das weitere Verständnis weniger bedeutsam sind. Deshalb sollen mögliche Lernwege in den drei Basiskonzepten der Chemie „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ strukturiert und validiert werden, um so den Lehrkräften die Möglichkeit zu geben, den Chemieunterricht zu optimieren, in dem die Strand Map als Strukturierungs- und Orientierungshilfe genutzt wird, sodass Schülerinnen und Schüler Defizite abbauen und ihr Fachwissen ausbauen können. Die Ergebnisse des Fachwissenstests können daher als Hinweis dafür verwendet werden, um Aussagen über die notwendige oder hinreichende Voraussetzung des Verständnisses einer Kernidee für das Verständnis der nächsten zu treffen. Darüber hinaus erlauben die Ergebnisse Schlüsse über die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler zu ziehen und Defizite zu diagnostizieren, sodass sie gezielter gefördert werden können.

Literatur

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2007). Atlas of Science Literacy. Volume 2. Washington, DC: AAAS.

Bortz, J., & Döring, N. (2006). Forschungsmethoden und Evaluation. Heidelberg: Springer.

Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (Eds.) (2009). Learning Progressions in Science. An Evidence-based Approach to Reform. Philadelphia, PA: CPRE.

Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. (2009). Editorial – Learning Progressions: Aligning Curriculum, Instruction, and Assessment. Journal of Research in Science Teaching, 46 (6), 606-609.

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 Academies Press.

Eid, M., Gollwitzer, M., & Schmitt, M. (2013). Forschungsmethoden. Weinheim: Beltz.

Field, A. (2014). Discovering Statistics using IBM SPSS Statistics. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage Publications.

Kenny, D. A. (1975). Cross-Lagged Panel Correlation: A Test for Spuriousness. Psychological Bulletin, 82 (6), 887-903.

KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005c). Bildungsstandards für das Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

Ministerium Für Schule und Weiterbildung NRW (MSW) (2011). Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik. Frechen: Ritterbach Verlag.

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). The IQB National Assessment Study 2012. Competencies in Mathematics and the Sciences at the End of Secondary Level I. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

West, P., Wise Rutstein, D., Mislevy, R. J., Liu, J., Levy, R., Dicerbo, K. E., Crawford, A., Choi, Y., Chapple, K., & Behrend, J. T. (2012). A Bayesian Network Approach to modelling Learning Progressions. In A. C. Alonzo & A. W. Gotwals (Eds.). Learning Progressions in Science, Current Challenges and Future Directions (pp. 257-292). Rotterdam: Sense Publishers.

Friedrich Holst
Marco Beeken
Universität Osnabrück

Warum Wolken nicht vom Himmel fallen
Stoffdynamik - ein Lehrpfad

Zusammenfassung
Die Protolyse von Essigsäure in Wasser oder die Esterbildung aus Ethansäure und Ethanol gelten als Schlüsselexperimente im gymnasialen Chemieunterricht - Experimente, die spontan ablaufen und der Hinführung bzw. der Anwendung des Massenwirkungsgesetzes dienen. Macht man sich die Mühe und berechnet die Änderung der Standard-Gibbsenthalpie $\Delta G°$ für diese Vorgänge so gelangt man zu der Vorhersage, beide Vorgänge sind endergonisch und sollten nicht spontan ablaufen. In diesem Beitrag wird ein Teilaspekt eines Promotionsvorhabens zum Thema „Vom chemischen Potenzial zum chemischen Gleichgewicht“ vorgestellt, der diesen Widerspruch zum Anlass nimmt, um einen Weg zum Massenwirkungsgesetz ohne kinetische Herleitung aufzuzeigen. Verknüpfen wir Stoffumsatz (x) und Energieumsatz einer chemischen Reaktion und betrachten diese als Prozess, so weist die Gibbsenthalpie ***G(x)*** in Gleichgewichtsreaktionen stets ein Minimum auf. Mit Hilfe von Tabellenkalkulationen lässt sich die Gibbsenthalpie als Funktion ***G(x)*** für die Esterbildung, die Protolyse von organischen Säuren, die Isomerisierung von Butan und weiteren unterrichtsrelevanten Vorgängen darstellen.

Im Hinblick auf die experimentelle Realisierung von Prozessen ist das Maximum-Prinzip der Entropie der Anschauung oft zuträglicher als das Minimum-Prinzip der Energie (Falk 1984). Welche Möglichkeit der Interpretation der Gummielastizität die Gibbs-Helmholtz-Gleichung liefert, wird an einem Experiment (Erwärmen eines überdehnten Gummibandes) diskutiert.
Darüber hinaus wird aufgezeigt, wie die Beschreibung von Zustandsänderungen mit Hilfe der Gibbs-Helmholtz-Gleichung Zugänge zu aktuellen Konzepten wie der Entropiekraft ermöglicht. Ein Blick in die Kernlehrpläne Chemie der Bundesländer NRW und Niedersachsen bietet erste Ansätze einer Evaluation.

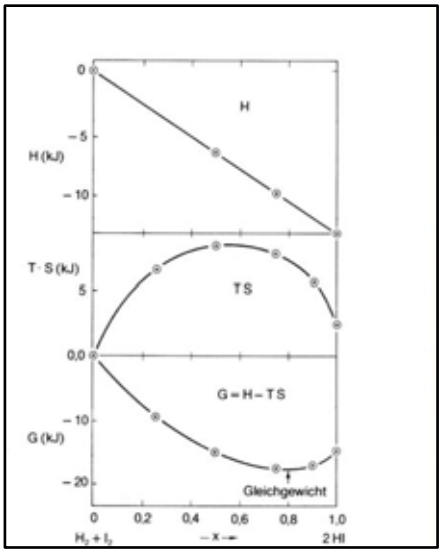


Abb. 1 Funktionaler Verlauf Enthalpie(H), Entropie (TS) und Gibbsenthalpie (G) für die Iodwasserstoffreaktion (Pimentell, Spratley, 1979, S.188)

Anlässe
Das chemische Gleichgewicht im Chemieunterricht der Sekundartstufe II befindet sich ständig auf dem Prüfstand (Tittel, Kremer 2017). Neben der qualitativen Beschreibung des chemischen Gleichgewichts als Zustand gleichzeitigen Vorhandenseins von Edukten und Produkten geht die kinetische Interpretation von einem dynamischen Gleichgewicht mit gleich großen Hin- und Rückreaktionsgeschwindigkeiten aus. Die Reaktionsordnung zur Formulierung der Reaktionsgeschwindigkeit wird dabei aus der Reaktionsgleichung

abgeleitet, obwohl die Reaktionsordnung einer chemischen Reaktion sich in der Regel nicht aus der Reaktionsgleichung ableiten lässt (Atkins 1996, S.818). Ein Chemiebuch der Sekundarstufe II (Asselborn 2009, S. 107) beschreibt das Problem wie folgt „Eine wesentliche Stütze für die Aufstellung des Massenwirkungs-Gesetzes war eine aus heutiger Sicht unzulässige Annahme: Man ging davon aus, dass sich die Geschwindigkeitsgleichung einer Reaktion *immer* direkt aus der Reaktionsgleichung ableiten lässt". Grundlage dieser Annahme war die Arbeit Max Bodensteins zur Bildung und Zersetzung von Iodwasserstoff-Gas (Bodenstein 1894). Ein erster Ansatz, den Prozess der Einstellung eines chemischen Gleichgewichts darzustellen, findet sich bei Pimentell (Abb. 1).

Verfahren

Ludwig Boltzmann beschreibt als Erster die Entropie eines Systems als Zustandsgröße ***S***. Dazu verknüpft er die Entropie mit der thermodynamischen[1] Wahrscheinlichkeit W. Die thermodynamische Wahrscheinlichkeit W gibt dabei die Zahl der Verteilungsmöglichkeiten (Mikrozustände) an, die es für ein System bei gleichbleibendem Gesamtzustand (Makrozustand) gibt. Die Gibbs-Helmholtz-Gleichung in der Form $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ auf die Bildung von Ethansäureethylester angewandt, liefert das Ergebnis $\Delta G > 0$ und führt zu der Vorhersage, diese Reaktion sei endergonisch und könne auf Grund des Vorzeichens der Änderung der Gibbsenthalpie nicht spontan ablaufen. Dieses widerspricht der Beobachtung.

Ein bedeutender Aspekt des Promotionsvorhabens ist die Modellierung der Einstellung des chemischen Gleichgewichts aus stoffdynamischer Sicht (Abb. 2). Dazu wird auf die Möglichkeit mit Hilfe einer Näherungsfunktion (Stirlingformel) die Entropie in der Form ***S(x)*** zu beschreiben zurückgegriffen (Salm 1997, S.51). Für ein Gleichgewicht der Form $A + B \rightleftarrows 2C$ (Abb. 3) lautet dann die Eingabefunktion für die Tabellenkalkulation:

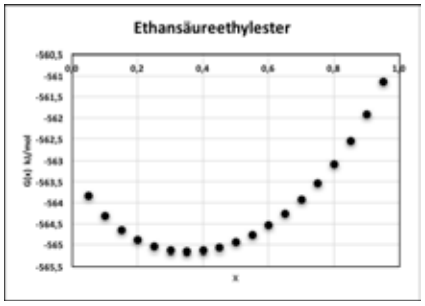


Abb. 2 Funktionaler Verlauf G(x) einer endergonischen Reaktion (Eigene Darstellung)

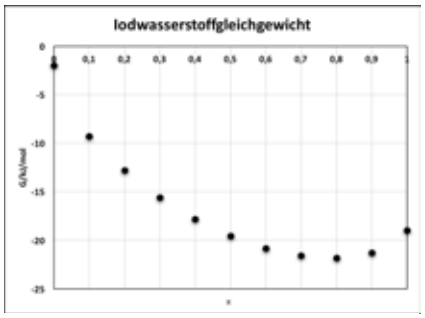


Abb.3 Funktionaler Verlauf G(x) für die Bildung von Iodwasserstoff (Eigene Darstellung)

$$G=(1-x)\,G°A + (1-x)G°B + 2\,x\,G°C + 2\,x\,RT\ln x + 2\,(1-x)\,RT\ln(1-x).$$

Leistungsfähigkeit

Die Einbindung der statistischen Interpretation der Entropie S(x) und die Formulierung der Gibbsenthalpie G als funktionalen Verlauf ***G(x)*** ermöglicht die Vorhersage von chemischen Gleichgewichten, unabhängig davon, ob die vollständige Reaktion als exergonisch oder endergonisch eingestuft wird. Nahezu alle unterrichtsrelevanten Donator-Akzeptor-Gleichgewichte wie Säure-Base oder Red-Ox können so erfasst werden. Die Leistungsfähigkeit dieses Verfahren zeigt sich auch am Beispiel der Autoprotolyse von

[1] Im Gegensatz zur mathematischen Wahrscheinlichkeit nimmt die thermodynamische Wahrscheinlichkeit als kleinsten Wert W=1 an

Wasser (Abb. 4). Das Minimum der des funktionalen Verlaufs von G(x) liegt hier bei $x=10^{-7}$ ($c_{H3O}+ = 10^{-7}$ mol/L).

Weiterhin bietet das Verfahren Interpretationshilfen bei der Erkundung von Stoffeigenschaften wie z.B. der Gummielastizität oder der Saugfähigkeit von Hydrogelen (Abb. 5). Der Quotient ***dG/dl*** entpuppt sich als eine bekannte Größe, nämlich als die einer Kraft. Diese Entropiekraft als Rückstellkraft erklärt sich aus dem Bestreben nach maximaler Entropie und ist erkennbar an dem Minimum der Gibbsenthalpie.

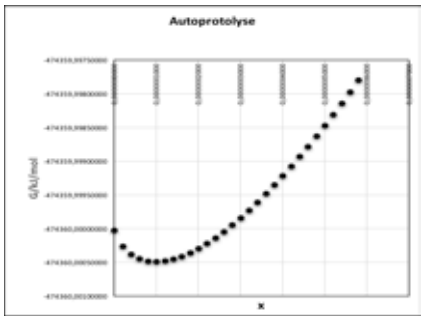


Abb. 4 Funktionaler Verlauf G(x) mit Minimum bei x= 0,0000001 (Eigene Darstellung)

Konzepte zur entropischen Gravitation werden aktuell diskutiert (Verlinde 2010). Das Auseinanderstreben von Teilchen auf Grund der Brownschen Molekularbewegung führt Verlinde auf Entropiekräfte zurück. So erfährt eine Wolke aufgrund des Bestrebens nach maximaler Entropie eine Kraft entgegengerichtet zu der Gewichtskraft $\boldsymbol{F_G}$ und fällt nicht vom Himmel (Abb. 6).

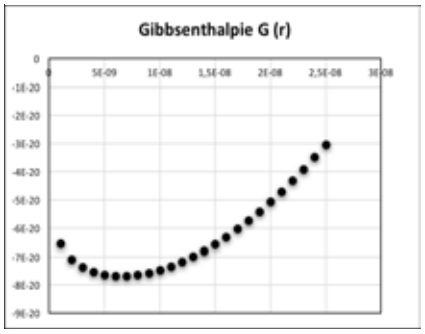


Abb. 5 Funktionaler Verlauf der Gibbsenthalpie G(r) in Abhängigkeit des End zu End Abstandes r eines Makromoleküls (Eigene Darstellung)

Fazit und Ausblick

Der Lehrpfad Stoffdynamik „Chemisches Gleichgewicht“ kann als Vermittler zwischen universitären Fachwissen und erforderlichen Professionswissen eines Chemielehrers gelten. Die Abkehr von der Zustandsbeschreibung mittels der Gibbs-Helmholtz-Gleichung hin zur Beschreibung des Prozesses der Einstellung des chemischen Gleichgewichts macht weitergehende Bilanzierungen möglich. Der funktionale Verlauf der Gibbsenthalpie ***G(x)*** liefert die Lage des Gleichgewichts. Die längenbezogene Änderungsrate ***dG/dl*** beschreibt eine Kraft ***F***, die im Gegensatz zur newtonschen Vorstellung eine Temperaturabhängigkeit aufweist. Die stoffbezogene Änderungsrate ***dG/dn*** liefert das chemische Potenzial $\boldsymbol{\mu}$, welches wiederum temperaturabhängig ist. Dadurch unterschiedet sich auch diese Größe $\boldsymbol{\mu}$ vom physikalischen Potenzial. Eine Entscheidung für die statische Interpretation der Entropie ***S*** im Chemieunterricht von Anfang an (ohne auf Kreisprozesse der Thermodynamik zurückzugreifen) eröffnet Möglichkeiten aktueller Kontextualisierung. Der Wirkungsgrad aus der Gibbs-Helmholtz-Gleichung abgeleitet bietet Anlässe der Bewertung und Interpretation. Prozesse mit hoher Entropieänderung $\Delta\boldsymbol{S}$ (Vollständige Oxidation mit Phasenwechsel) unterscheiden sich im Wirkungsgrad von Prozessen mit geringer Entropieänderung $\Delta\boldsymbol{S}$ (Elektronenübertragungsreaktionen in Primär- und Sekundärelementen) beträchtlich.

$$F = \frac{dG}{dl} = \frac{d(H - TS)}{dl} = \frac{dH}{dl} - \frac{TdS}{dl}$$

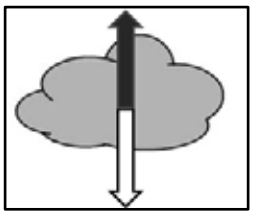


Abb.6 $F_G = F_{Entropie}$ (Eigene Darstellung)

$$\eta = 1 - \frac{T \cdot \Delta S}{\Delta H}$$

Literatur

Asselborn, W. et al (2009). Chemie heute SII Gesamtband. Hannover: Schroedel Verlag

Atkins, P. (2002). Physikalische Chemie. Weinheim: Wiley-VCH

Barke, H. et al (2015). Chemiedidaktik kompakt. Heidelberg: Springer Verlag

Bodenstein, M. (1894). Zersetzung des Jodwasserstoffgases in der Hitze. Leipzig: Wilhelm Engelmann

Demuth, R. (2006). Chemie im Kontext. Berlin: Cornelsen Verlag

Falk, G., Ruppel, W. (1976). Energie und Entropie. Berlin: Springer Verlag

Koltzenburg, S. (2014). Polymere. Berlin: Springer Verlag

Krüger, D. (2014). Methoden in der naturwissenschaftlichs-didaktischen Forschung. Berlin: Springer Verlag

Meschede, D. (2014). Gerthsen Physik. Berlin: Springer Verlag

Nds. Kultusministerium (2017). Kerncurriculum Chemie für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe. Hannover Unidruck

Pimentell,G. Spratley R. (1979). Zum Verständnis der chemischen Thermodynamik. Darmstadt: Steinkopf Verlag

Reiners, Chr. (2017). Chemie vermitteln. Berlin: Springer Verlag

Salm,W. (1997). Entropie und Information. Köln: Aulis Verlag

Verlinde, E. (2011). On the origin of gravity and the laws of Newton Journal of High Energy Physics.

Weber,W. (1981). Chemische Energetik. Köln: Aulis Verlag

Wiberg, E. (1972). Die chemische Affinität. Berlin: Walter de Gruyter

Anna Nowak[1]
Sven Liepertz[1]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam

Reflexionskompetenz von Praxissemesterstudierenden im Fach Physik

Einführung

Erweiterte Praxisphasen sind ein wichtiger Bestandteil der deutschen Lehrerbildung. Die Erwartungen an den Lernzuwachs innerhalb dieser Phasen ist sehr hoch (Rothland & Boecker, 2015), wie hoch er allerdings tatsächlich ist, ist eine langwährende Frage (Gröschner, Schmitt & Seidel, 2013). In zwei deutschen Studien wurde bereits die Selbsteinschätzung der Studierenden in Bezug auf die Kompetenzen Unterrichten, Erziehen, Beraten, Bewerten und Innovieren untersucht und eine leicht verbesserte Einschätzung zum Ende hin gefunden (Schubarth et al. 2012; Gröschner, Schmitt & Seidel, 2013). Helmke (2015) hat Reflexionskompetenz als Schlüsselbedingung für die Verbesserung des eigenen Unterrichts und damit als zentrales Merkmal einer Lehrperson bezeichnet. Ergebnisse vorheriger qualitativer (Interventions)-Studien haben gezeigt, dass Studierende kaum strukturiert und kritisch reflektieren, sondern eher beschreiben (z.B. Hatton & Smith, 1995). Korthagen & Kessels (1999) stellen im Reflexionsmodell ALACT dar, wie das Lernen durch Erfahrung im Referendariatsunterricht geschieht. Auf eine Handlung (Action) wird zurückgeblickt (Looking back on action). Dabei wird sich die reflektierende Person wichtiger Aspekte bewusst (Awareness of essential aspects) und generiert eine Handlungsalternative (Creating alternative methods of action). Der Versuch diese Alternative umzusetzen stellt eine erneute Handlung dar, auf die wieder zurück geblickt wird usw.. Dieses Kreislaufmodell passt auch auf die Situation im Praxissemester Physik der Universität Potsdam, da die Studierenden 25 Stunden selbst unterrichten und dabei in der Schule und in der Universität zum Reflektieren angeregt werden. Im Modell von Windt & Lenske (2015) umfasst eine vollständige Reflexion die Elemente Beschreibung, Bewertung, Begründung, Alternativen und Konsequenzen.

Vorstellung des Modells

Basierend auf den Modellen von Korthagen & Kessels (1999) sowie Windt & Lenske (2016) wurde das Modell in Abb. 1 entwickelt. Grund für die Adaption ist, dass eine „Begründung“ immer zusammen mit anderen Elementen auftritt, daher wurde sie als eine Achse (mit oder ohne Begründung) herausgenommen. Zudem wurde das Element „Rahmenbedingungen“ hinzugefügt, da die theoretische Planung einer Stunde einen Einfluss darauf hat, wie auf die Stunde zurückgeblickt wird. Die dritte Änderung betrifft das Hinzufügen der Achse „Wissensbasis“, vergleichbar zu den Modellen zum Professionswissen (z.B. Borowski et al. 2010) . Die Themen innerhalb der einzelnen Elemente können entweder aus dem Bereich des Fachwissens (FW), Fachdidaktischen Wissens (FDW), Pädagogischen Wissens (PW) oder Sonstigen (Sonst.) basieren, dies wird durch die Achse dargestellt.

Im neuen Modell hat eine Reflexion 5 Elemente. Das erste Element, die Rahmenbedingungen, umfasst u.a. eine Darstellung der Lernziele, des Schülervorwissens oder von strukturellen Gegebenheiten, also des theoretischen Plans der Unterrichtsstunde. Das nächste Element ist eine objektive Beschreibung des tatsächlichen Unterrichtsgeschehens gefolgt von der Bewertung derselbigen. Sollte diese negativ sein, so muss eine alternative Handlung entwickelt werden, andernfalls kann dieselbe Handlung erneut stattfinden (Element Alternativen). In Kontrast zum Element Alternativen sind die Konsequenzen langfristige Ziele für die Lehrperson, die auch losgelöst von der reflektieren

Unterrichtsstunde gefasst werden können, wie bspw. das Ziel, sich grundsätzlich mit Elementarisierung zu beschäftigen.

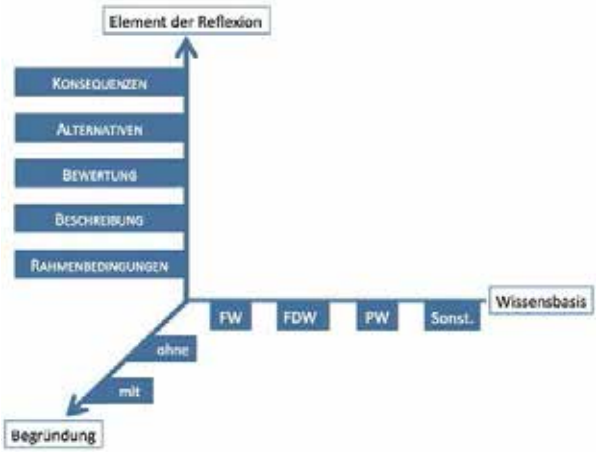


Abb. 1 Reflexionsmodell

Vorstellung der Studie

Die hier vorgestellte Studie findet im Rahmen des Projekts PSI Potsdam (Professionalisierung – Schulpraktische Studien – Inklusion) statt. Untersucht wird die Validität des Modells, indem die Strukturiertheit (sinnlogische Reihenfolge der einzelnen Elemente entsprechend dem Modell) und die Vollständigkeit (alle Elemente müssen enthalten sein) über Qualitative Inhaltsanalyse mittels eines deduktiven Kategoriensystems analysiert werden. Weiterhin wird untersucht, welche Inhalte aus welcher Wissensbasis die Studierenden thematisieren und wie sich der Fokus im Laufe des Praxissemesters verändert.
Datengrundlage sind schriftliche Reflexionen von Praxissemesterstudierenden. Während des Praxissemesters sind Masterstudierende für vier Monate vier Tage pro Woche an einer Schule. Dabei werden sie auch von universitärer Seite begleitet. Eines der Schlüsselthemen im Physikbegleitseminar ist das Thema Reflexion von Unterricht. Die Praxissemesterstudierenden lernen ein Reflexionsmodell und daran orientierte Leitfragen kennen. Ein Arbeitsauftrag der Studierenden ist es, sechs schriftliche Reflexionen, jeweils zwei zu den Themen Experiment, Aufgabe und Unterrichtseinstieg, zu schreiben. Nach jeder zweiten Reflexion erhalten sie ein schriftliches Feedback. Die hier vorgestellten Daten stammen von sieben Praxissemesterstudierenden aus dem Sommersemester 2017. Insgesamt wurden 42 Reflexionen untersucht.

Ergebnisse und Interpretation

Die Inter-Rater-Reliabilität für die einzelnen Elemente ist jeweils gut (Cohen´s Kappa je Element: Rahmenbedingungen 0.90, Beschreibung 0.865, Bewertung 0.73, Alternativen 0.863, Konsequenzen 0.96). Als Kodiereinheit wurde ein Satzbaustein festgelegt, als Kontexteinheit mehrere Sätze, die sich eindeutig einer Kategorie zuordnen lassen (Mayring, 2010).

Von den 42 Reflexionen sind 69% sehr gut strukturiert. Sehr gut strukturiert meint hierbei, dass ein Element sinnlogisch auf das andere folgt, entsprechend des Modells. Bei einer unstrukturierten Reflexion sind alle Elemente durcheinander gemischt. Vier Studierende schrieben direkt nach der Instruktion durchgängig gut strukturierte Reflexionen. Zwei zeigten gemischte Ergebnisse und ein Studierender schrieb stets unstrukturiert. Die Hälfte

der Reflexionen sind vollständig, umfassen also alle fünf Elemente. Die andere Hälfte ist fast vollständig, hier fehlte jeweils die Konsequenz. Drei Studierende schrieben überwiegend vollständige Reflexionen, der Rest vermehrt fast vollständige. Die Ergebnisse sind ein erster Hinweis darauf, dass es für Studierende möglich ist, strukturiertes und kritisches Reflektieren zu erlernen.

Drei der Studierenden haben über das gesamte Praxissemester hinweg fast ausschließlich pädagogische Themen, wie bspw. Unterrichtsstörungen oder Mitarbeit der Schülerinnen und Schüler, reflektiert. Zwei Studierende haben anfangs hauptsächlich pädagogische Themen reflektiert, im Laufe des Praxissemesters verschob sich der Fokus dann jedoch zu fachdidaktischen Themen, wie bspw. Gelingensbedingungen von Experimenten oder Schülervorstellungen. Zwei weitere Studierende reflektierten von Anfang an hauptsächlich fachdidaktische Themen, wobei ein Studierender bereits vorher als Lehrperson an der Schule gearbeitet hatte. Dies gibt uns erste Hinweise, dass der Fokus im Praxissemester möglicherweise verschoben werden sollte: zu Beginn des Praxissemesters könnten mehr erziehungswissenschaftliche Begleitseminare hilfreich sein, gefolgt von mehr fachdidaktischen Seminaren zum Ende hin. Die hier untersuchte Stichprobe ist mit 7 Studierenden sehr klein, was bedeutet, dass die Generalisierbarkeit eingeschränkt werden muss. Eine Wiederholung der Studie im Wintersemester 2017/18 wird durchgeführt.

Ausblick

Eine weitere Validierung des Modells ist notwendig und geplant. In weiterführenden Untersuchungen soll zudem die Güte der Begründungen und der Alternativen analysiert werden. Aus der Dozentensicht kann das Modell nach entsprechender Validierung als Analyseinstrument genutzt werden, um Reflexionen von Studierenden einzuschätzen und ein theoriegeleitetes Feedback zu geben. Aus der Sicht des Lernenden können das Modell und die zugehörigen Leitfragen als Lerninstrument zum Reflektieren genutzt werden.

Danksagung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1516 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

Borowski, A., Neuhaus, B.J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H.E., Leutner, D., Sandmann, A., & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16*, 341-349.

Gröschner, A., Schmitt, C., & Seidel, T. (2013). Veränderung subjektiver Kompetenzeinschätzungen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 27 (1-2)*, 77-86. doi: 10.1024/1010-0652/a000090.

Hatton, N., & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching and Teacher Education, 11*(1), 33-49. doi: 10.1016/0742-051X(94)00012-U.

Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts.* Seelze: Klett Kallmeyer.

Korthagen, F. A. J., & Kessels, J. P. A. M. (1999). *Linking Theory and Practice: Changing the Pedagogy of Teacher Education*. Educational Researcher, 28(4), 4-17. doi: 10.3102/0013189X028004004.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.

Rothland, M., & Boecker, S. K. (2015). Viel hilft viel? Forschungsbefunde und –perspektiven zum Praxissemester in der Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 8(2)*, 112-134.

Schubarth, W., Speck, K., Seidel, A., Gottmann, C., Kamm, C., Kleinfeld, M., & Krohn, M. (2012). Kompetenz-entwicklung im Praxissemester. Ergebnisse einer Längsschnittanalyse zum „Potsdamer Modell der Lehrerbildung“. In T. Hascher & G. H. Neuweg (Eds.), *Forschung zur (Wirksamkeit der) Lehrer/innen/bildung* (pp. 201-220). Wien: LIT.

Windt, A., & Lenske, G. (2016). Qualität der Sachunterrichtsreflexion im Vorbereitungsdienst. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015.* (S. 284). Universität Regensburg.

Erich Starauschek
Thomas Rubitzko
Matthias Laukenmann

Professional School of Education
Stuttgart-Ludwigsburg

Kumulatives Lehren und Lernen der Mechanik in der Lehramtsausbildung

Ausgangspunkt und Zusammenfassung

Angehende Physiklehrerinnen und -lehrer erlernen unterrichtsrelevante physikalische Grundkonzepte, z.B. den Kraftbegriff, oft erst im Laufe des Referendariats, d.h. insbesondere: nicht in ihrem Physikstudium (Borowski et al., 2011). Aus Sicht einer Professionalisierungsperspektive ist dies nicht effizient, da im Referendariat die Entwicklung von Unterrichtskompetenzen im Zentrum stehen sollte. Um das Erlernen der unterrichtsrelevanten physikalischen Grundkonzepte zu befördern, wurde im Paradigma des *design based research* Ansatzes ein Hochschullehrformat für die Einführung in die Mechanik entwickelt, das sich an den Ideen des kumulativen Lernens von Gagné (1968) orientiert. Der Begriff des kumulativen Lernens ist dabei in der Literatur nicht endgültig geklärt und definiert (Lee, 2012). Daher wurde ein Arbeitsmodell entwickelt (s. John & Starauschek in diesem Band). Unsere Grundidee für kumulatives Lehren und Lernen von physikalischen Grundkonzepten ist die folgende: In ‚kognitiv aktivierenden' Phasen wird wiederholend und anwendungsorientiert auf die Grundkonzepte Kraft, Drehmoment, Impuls, Drehimpuls und Energie auch und insbesondere in schulrelevanten Kontexten fokussiert. Die methodisch-didaktischen Elemente zur ‚kognitiven Aktivierung' orientieren sich an

1) Ergebnissen der Metastudie von Schneider & Preckel (2017), hierin werden Variablen effektiver Hochschullehre identifiziert,
2) Ergebnissen der kognitionspsychologischen Forschung und Entwicklung, z.B. der Wirksamkeit der *worked examples*,
3) Ergebnissen der physikdidaktischen Forschung und Entwicklung, z.B. Elementen der Mazur'schen *peer instruction*.

In einer ersten Evaluation bewerten die Studierenden das Veranstaltungsformat mit einer offenen Befragung. Es zeigt sich, dass in dieser offenen Befragung die benutzten methodisch-didaktischen Elemente einer effizienten Hochschullehre genannt und als lernförderlich eingeschätzt werden.

Das Veranstaltungsformat kumulatives Lehren und Lernen von physikalischen Grundkonzepten in der „Einführung in die Mechanik"

Vorweg: Der Begriff Grundkonzepte unterscheidet sich von den ‚Basiskonzepten' der KMK-Richtlinie (KMK, 2005). Zu den Grundkonzepten der Mechanik zählen das Konzept der Kraft und die damit verbundenen Newton'schen Axiome, die Energie in der Mechanik, das Impuls-, das Drehimpuls- und das Drehmomentkonzept.

Ein neues Veranstaltungsformat für die Einführung in die Mechanik (6 SWS, Vorlesung mit integrierter Übung) soll ein kumulatives Lernen der genannten Grundkonzepte ermöglichen. Wie soll dies erreicht werden? Die beiden Grundideen bestehen in einem ‚vernetzt'-wiederholten Lehrangebot und einer ‚Phasung' der klassischen Vorlesung, in der die ‚kognitiv aktivierenden' Lehrformate genutzt werden. Wir lassen den Begriff der ‚kognitiven Aktivierung' hier undefiniert. Die Prinzipien des neuen Lehr-Lern Formates lassen sich transferieren; sowohl thematisch auf andere physikalische Grundvorlesungen, z.B. Optik oder Elektrodynamik, als auch auf andere Einführungen in die Mechanik. Hierzu wird ein Prototyp der Lehrveranstaltung entwickelt, dokumentiert und evaluiert. Die Dokumentation stellt im Falle einer erfolgreichen Evaluation ein Modell einer Lehrveranstaltung für

kumulatives Physiklehren und -lernen von Grundkonzepten dar, das ganz oder in Teilen kopiert oder auch adaptiert werden kann.
Aus dem verwendeten Arbeitsmodell (s. John & Starauschek, in diesem Band) zum kumulativen Lehren und Lernen lassen sich vier Kriterien zur Gestaltung einer kumulativen Lehrveranstaltung für Lehramtsstudierende der Physik, hier die Einführung in die Mechanik, ableiten. Die Kriterien strukturieren zum einen das Lehrangebot, zum anderen folgt aus ihnen eine inhaltliche Ausrichtung. Konkret heißt dies: Die mechanischen Grundkonzepte werden in der Einführung in die Mechanik und in nachfolgenden Veranstaltungen (Schulexperimente Mechanik, Einführung in die Elektrodynamik) a) strukturiert wiederholt, b) und wiederholt in ‚Aufgaben' angewendet. Weiter werden dabei inhaltlich neben den rein physikalisch-fachlichen c) schulische Kontexte und damit auch d) Schülervorstellungen zur Mechanik berücksichtigt. Diese Maßnahmen sollen bei den Studierenden die folgenden Kompetenzerfahrungen induzieren: Sowohl fachliche – „Ich kann mit den physikalischen Grundkonzepten umgehen" – als auch schulbezogene – „Ich fühle mich vorbereitet, Mechanik in der Schule zu unterrichten".
Damit zum Aspekt der ‚kognitiven Aktivierung': Welche Methoden wurden in den der Vorlesung eingefügten Phasen verwendet? Es sind die folgenden vier didaktisch-methodischen Elemente: i) *worked examples* (z.B. Renkl & Schworm, 2002), ii) *peer discussions* (z.B. Mazur, 1999) oder auch sogenanntes „kooperatives Lernen" (z.B. Springer, Stanne & Donovan, 1999), iii) *multiple choice* Aufgaben, die mit Hilfe von einem funkbasierten Abstimmungssystem individuell und anonym beantwortet und als Verteilung grafisch präsentiert werden (Mazur, 1999), und iv) klassische physikalische Übungsaufgaben mit und ohne Schulbezug bzw. dem Bezug zu Schülervorstellungen. Realiter sind diese Elemente kombiniert; so wird z.B. das Abstimmungsergebnis einer *multiple choice* Aufgabe in einer Zweiergruppe diskutiert und eine erneute Abstimmung folgt, der Dozent kommentiert und diskutiert ggf. die Aufgabe mit den Studierenden. Auch die *worked examples* werden mit *peer discussions* kombiniert. Und werden z.B. in den Übungsaufgaben Schülervorstellungen diskutiert, so werden auch die Studierenden in der Intention eines *conceptual change* ‚kognitiv aktiviert', da sie u.U. mit ihren eigenen Präkonzepten konfrontiert sind.
Ein konkretes Beispiel aus der Einführung in die Mechanik: Physikalisch-inhaltlich erarbeiten sich die Studierenden mit *worked examples* die Methode des Freischneidens. Diese wird dann bei *multiple choice* Aufgaben im schulischen Kontext der Rolle bzw. des Flaschenzuges angewandt.
Die genannten didaktisch-methodischen Elemente passen zu den Ergebnissen von Schneider & Preckl (2017). Dort zeigen in der Hochschullehre „kooperative Lernformen" und „Rückmeldungen" große Effektstärken. Die *peer discussions* fallen in die erste Kategorie. Die Aufgaben werden in den Veranstaltungen besprochen und diskutiert. Dabei erhalten die Studierenden vom Dozenten individuelle Rückmeldungen. Wie wir unten bei der Beschreibung der Stichprobe sehen werden, war die Zahl der Studierenden überschaubar.

Erste Evaluation des Konzepts des Veranstaltungsformats kumulatives Lehren und Lernen von physikalischen Grundkonzepten

Evaluationskriterien der begleitenden Evaluation sollen insbesondere die Entwicklung des physikalischen Fachwissens bzw. Fachkompetenzen, insbesondere in Hinsicht auf die mechanischen Grundkonzepte, und die subjektiven Einschätzungen der Fähigkeit, Physik in der Schule zu unterrichten, sein (vgl. John & Starauschek, in diesem Band). Diese Untersuchungen stehen in ihren Anfängen. Als erstes basales und orientierendes Evaluationskriterium soll die mögliche Wahrnehmung der Interventionselemente durch die Studierenden dienen, sowie deren Einschätzung, ob die Interventionselemente den eigenen Lernprozess unterstützt haben.

Stichprobe: Fünfzehn weibliche und sieben männliche Studierende haben regelmäßig an der sechsstündigen Veranstaltung teilgenommen (etwa 83 % der Zeit im Mittel). Die Stichprobe umfasst Studienanfänger (erstes und zweites Semester) und fortgeschrittene Studierende im höheren Semester, die schon einmal eine Einführung in die Mechanik gehört haben. Sie studieren in unterschiedlichen Studienordnungen, insbesondere unterscheiden sich Hauptfach- und Nebenfachstudierende. Die Stichprobe ist daher als heterogen anzusehen.
Erhebungsmethode: In der Mitte des Semesters (SoSe 2017) wurde im offenen Format gefragt: „Welche Elemente (z.B. methodische oder didaktische Maßnahmen) in der Veranstaltung Mechanik (Vorlesung mit integrierten Übungen) unterstützen oder behindern Ihren Lernfortschritt besonders? Nennen Sie höchstens fünf, und begründen Sie bitte jede Nennung mit einem Satz.“ Die Antworten wurden nach Oberflächenmerkmalen (Wortidentitäten und Synonyme) sortiert und dann nach semantischen Bedeutungen zusammengefasst. Danach wurden die Kategorien gebildet und bezeichnet. Ein Beispiel: Die Nennung „Übersichtliche Folien.“ mit der Begründung „Die Inhalte sind klar dargestellt und sind dementsprechend sehr zugänglich und verständlich“ wird der Kategorie „(bebilderte) Folienpräsentation“ zugeordnet. Aus den Kategorien wurden in einem zweiten Schritt Items mit fünfstufiger Likertskala mit den Polen stimme [gar nicht/völlig] zu gebildet. Sie folgendem Schema „X“ hat mir beim Lernen geholfen, z.B. „Die bebilderte Folienpräsentationen hat mir beim Lernen geholfen.“ Diese Items wurden am Ende des Semesters den Studierenden in schriftlicher Form vorgelegt.
Ausgewählte Ergebnis: Die offenen Antworten ließen sich in zwölf Kategorien ordnen. Tabelle 1 zeigt die dabei genannten Oberflächenmerkmale der Veranstaltung. Darunter finden sich die vier Interventionselemente. Zusätzlich tritt die Kategorie Experimente und Folienrepräsentation auf. Tabelle 1 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen. Der Vortrag des Dozenten wird nicht genannt.

Kategoriename	**M**	**SD**
Experimente	4,9	0,3
MC Abstimmung	4,8	0,5
Folienpräsentation	4,7	0,7
Diskussionen	4,5	0,8
Übungsaufgaben in Vorlesung	4,3	0,9
worked examples	3,9	1,0

Tab. 1: Ist „X“ hilfreich für meinen Lernprozess? (Skala von Eins bis Fünf)

Diskussion: Die Interventionselemente werden in der offenen Befragung von den Studierenden genannt und schließend im geschlossenen Antwortformat mit Deckeneffekten als hilfreich für das eigene Lernen eingeschätzt. Wir schließen daraus, dass unsere theoriegeleitete Intervention zumindest aus der subjektiven Sicht der Studierenden erfolgversprechend ist. Diese Hypothese ist mit objektiven Daten zu untermauern. Als unerwartete Kategorien und hilfreich beim Lernen zeigen sich die Folienpräsentation und die Experimente. Hierzu ist zu sagen: Die Folien orientierten an den Gestaltungskriterien der *cognitive load* Theorie sowie der Multimediatheorie von Mayer (2001). Die Experimente waren mit einem hohen Prozentsatz in eine Problemstellungstellung eingebettet, die nach einer Diskussion zu einer Hypothese führte, die dann überprüft wurde. Das Experiment wurde also in die physikalische Diskussion eingebettet. Dieses Kriterium nennen auch Tesch und Duit (2004) für den lernwirksamen Einsatz im schulischen Physikunterricht.

Danksagung
Die Entwicklung und Evaluation der Lehr-Lern formen zur Unterstützung von kumulativem Lernen von physikalischen Grundkonzepten ist ein Teilprojekt des Verbundvorhabens Lehrerbildung PLUS der PSE Stuttgart-Ludwigsburg. Es wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Borowski, A.; Kirschner, S.; Liedtke, S., & Fischer, H.E. (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1(10), 1-9.

Gagné, R. (1968). Contributions of Learning to Human Development. Psychological Review, 75, 177-191.

John, T., & Starauschek, E. (2017). Kumulatives Physiklehren und -lernen im Lehramtsstudium - Evaluation eines Lehrkonzepts. Tagungsband Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017.

Kultusministerkonferenz (Hrsg.) (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

Lee, J. (2012). Cumulative learning. In N. Seel (Ed.), Encyclopedia of the Sciences of Learning (Vol. 2, pp. 887-893). New York, NY: Springer.

Mazur, E. (1997). Peer Instruction: A User's Manual. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Mayer, R. (2001). Multimedia learning. New York, NY; US: Cambridge University Press.

Renkl, A., & Schworm, S. (2002). Lernen, mit Lösungsbeispielen zu lehren. In: M. Prenzel, & J. Doll [Hrsg.]: Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim: Beltz S. 259-270.

Schneider, M., & Preckel, F. (2017). Variables associated with achievement in higher education: A systematic review of meta-analyses. Psychological Bulletin, 143, 565-600.

Springer, L.; Stanne, E. S., & Donovan, S. (1999) Effects of Small-Group Learning on Undergraduates in Science, Mathematics, Engineering, and Technology: A Meta-Analysis. Review of Educational Research 69 (1), 21-51.

Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; 10, 51-69.

Tilmann John
Erich Starauschek

Professional School of Education
Stuttgart-Ludwigsburg

Kumulatives Physiklehren und -lernen im Lehramtsstudium – Evaluation eines Lehrkonzepts –

Zusammenfassung
Physikalisches schulbezogenes Fachwissen einer Physiklehrkraft gilt als eine notwendige Voraussetzung für gelingenden Unterricht und sollte im Studium erworben werden. Hingegen zeigt die Forschung, dass schulrelevantes Fachwissen zum Teil im Referendariat und in den ersten Berufsjahren erworben wird (Borowski et al., 2011; Schödl & Göhring, 2017). Zudem weisen Lehrkräfte nach Abell (2007) häufig Schülervorstellungen zu physikalischen Konzepten auf. Um diese Probleme anzugehen, wurde ein Lehr-Lern Format für die Hochschullehre im Fach Physik entwickelt (s. Starauschek, Rubitzko & Laukenmann, in diesem Band). Die Intervention basiert auf zwei Grundideen: Erstens soll kumulatives Lernen von physikalischen Grundkonzepten, z.B. dem Kraftkonzept oder dem Drehmoment, durch eine strukturierte Wiederholung dieser Grundkonzepte während der Vorlesung unterstützt werden. Zweitens werden in die Lehrveranstaltungen Phasen zur aktiven Mitarbeit integriert, in denen eine ‚kognitive Aktivierung' der Studierenden z.B. durch *peer discussions* induziert werden soll (s. Starauschek et al., in diesem Band). Dieses Lehr-Lern Format soll evaluiert werden. Ein Problem des Ansatzes: Die Literatur liefert keine konsistente Definition von ‚kumulativem Lernen' und wenig spezifische Anforderungen an die Lehre (Lee, 2012). Wir haben daher ein Arbeitsmodell zum kumulativen Lehren und Lernen für die Lehramtsausbildung Physik erstellt. Folgende Merkmale des Lehrens lassen sich nennen: i) Strukturiertes, ‚intelligentes' Wiederholen der physikalischen Grundkonzepte im Lernprozess über längere Studienzeiten, ii) die wiederholte Anwendung der physikalischen Grundkonzepte über längere Zeiträume unter besonderer Berücksichtigung des iia) Schulbezugs und der iib) Schülervorstellungen.

Stand der Forschung zur fachlich-physikalischen Ausbildung von Physiklehrkräften
Die aktuelle Unterrichtsforschung unterscheidet drei zentrale Facetten des Lehrerprofessionswissens: Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisch-psychologisches Wissen (Baumert & Kunter, 2006). Die Mathematik- und Physikdidaktik nimmt die Notwendigkeit des Fachwissens, ein Teil der fachlichen Kompetenz, als Voraussetzung für den Erwerb fachdidaktischen Wissens als belegt an (Krauss et al., 2008; Riese, 2009). Nach gängigen Modellen werden beim Fachwissen drei Niveaustufen unterschieden: Schulwissen, vertieftes Wissen und universitäres Wissen. Die Wissensniveaus Schulwissen und vertieftes Wissen sind nach Riese (2009) für die Unterrichtstätigkeit relevanter als universitäres Wissen. Daher auch die Forderung nach mehr Schulbezug in der fachlichen Hochschulausbildung (Riese, 2010). Dieser ist in der Regel nicht gegeben, da Lehramtsstudierende der Physik die Fachveranstaltungen mit Vollfachstudierenden belegen (Großmann et al., 2014). Daher erkennen die Lehramtsstudiereden den Schulbezug häufig nicht (Massolt & Borowski, 2017), behalten zum Teil ihre Schülervorstellungen bei (Abell, 2007) und entwickeln ihr Schulwissen im Studium nur rudimentär weiter (Borowski et al. 2011).

Theoretischer Rahmen und ein Arbeitsmodell zum kumulativen Lehren und Lernen
Das Konzept des kumulativen Lernens geht auf Gagné (1968) zurück. Ihm zufolge gibt die Sachstruktur des Faches vor, dass fachliche Lernschritte nacheinander durchlaufen werden müssen und welche. Lernen hat im Gegensatz zum *rote learning* einen breiten kumulativen Effekt, wenn durch einen sukzessiven Aufbau auf das Vorwissen bereits Gelerntes wieder-

holt und mit dem neuen Wissen vernetzt wird. Diese vernetzten Wissenssysteme können mit Gagné mit dem Verstehen komplexer Zusammenhänge in Verbindung gebracht werden. Eine fehlende Sequenzierung der zu lernenden Inhalte erschwert den kumulativen Wissenserwerb. In Anlehnung an Seel (2003) und mit Gagné können wir Physiklernen insbesondere als kumulativ charakterisieren, wenn Studierende stabile physikalische Grundkonzepte (z.B. das Kraft- oder das Energiekonzept) aufbauen, ohne die ‚physikalisches Denken' i.d.R. nicht auskommt, z.B. beim Problemlösen. Sie sind Basis, Voraussetzung und Gerüst für komplexes ‚physikalisches Denken'. Eine Nähe zum *meaningful learning* ist vorhanden. Physikalische Grundkonzepte sind daher im Sinne eines Spiralcurriculums auch in der Schule relevant und werden in der Hochschulausbildung elaboriert. Aus dem Modell des Lernens von Lee (2012) leiten sich Lehr-Maßnahmen zur Unterstützung kumulativen Lernens ab. Wir spezifizieren diesen Ansatz für die Ausbildung von Physiklehrkräften. Folgende zwei Elemente sind mit Lee für die Unterstützung kumulativen Lernens physikalischer Grundkonzepte zentral: *Wiederholen* und *Anwenden*. Hinzu treten der *Schulbezug* in Einklang mit der fachdidaktischen Forschung und die (noch zu begründende) *Kompetenzerfahrung*.
Wiederholen: Im Lernprozess zunehmender Schwierigkeit und Abstraktion wird explizit und strukturiert wiederholend über längere Zeiträume der Bezug zu den Grundkonzepten didaktisch hergestellt. Dies geht insbesondere über die physikalischen Themen hinweg; so ist z.B. das Kraftkonzept in der Einführung in die Elektrodynamik aufzugreifen. *Anwenden*: Die Studierenden erhalten vermehrt, z.B. auch in der Vorlesung, Angebote, in welchen sie die Grundkonzepte anwenden können. *Schulbezug*: Da es in der Physiklehramtsausbildung um die Physiklehrerprofessionalisierung geht, gehört nach unserer Auffassung zum kumulativen Lehren und Lernen die explizite Diskussion der Anwendung der physikalischen Grundkonzepte in der Schule und damit auch der Alltagsvorstellungen dazu. Beides kann mit den Anwendungen der Grundkonzepte verbunden werden. Als viertes Element wollen wir zu unserem Arbeitsmodell des kumulativen Lehrens und Lernens – hier mit dem Schwerpunkt auf dem Lernen – die *Kompetenzerfahrung* hinzufügen. Die wahrgenommene fachliche Kompetenz in Kontexten, die inhaltlich einen Schulbezug aufweisen, und die damit verbundene Erfahrung ist in Anlehnung an Pekrun & Schiefele (1996) und Harms & Bünder (1999), die dies für Schülerinnen und Schüler als Indikator kumulativen Lernens nennen, als weiteres Merkmal kumulativen Lernens anzusehen.

Fragen und Aufbau der Evaluationsstudie

Anhand der Kriterien unseres Arbeitsmodells wurde für die Einführung in die Mechanik an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg (6 SWS Vorlesung mit integrierten Übungen) ein kumulatives Lehr-Lern Format entwickelt: Zum einen werden die Grundkonzepte strukturiert wiederholt und mit Schulbezug angewendet, zum Zweiten werden in die Vorlesung Phasen mit ‚kognitiver Aktivierung' eingebaut (s. Starauschek et al., in diesem Band).
Entwickeln die Studierenden mit diesen Interventionsmaßnahmen ein stabiles Fachwissen zu den physikalischen Grundkonzepten der Mechanik? Geht die schulorientierte Ausrichtung der Fachausbildung mit einem erhöhten ‚Kompetenzerleben' einher? Im Sinne der Evaluationsforschung ist der Evaluationsgegenstand das kumulative Lehr-Lern Format, Evaluationsziel die stabile Vermittlung der mechanischen Grundkonzepte und der ‚Kompetenzerfahrung'. Es liegt eine Veränderungsmessung über mehrere Messzeitpunkte vor. Damit ist der Kern des Evaluationsdesigns gegeben. Evaluationskriterien sind *in concretum*: (i) Wissenszuwachs mechanisches Fachwissen, (ii) physikalisches Selbstkonzept und (iii) Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartungen. Diese werden mit operationalisierten Variablen mit Fragebögen erhoben: a) Schulisches, vertieftes und universitäres Wissen zur Mechanik (Projekt Profile-P+; Vogelsang et al., 2016), b) offene Fragebögen zu den physikalischen Grundkonzepten Kraft und Drehmoment; die Studierenden sollen diese Konzepte erklären, und zu diesen beiden Grundkonzepten passende Aufgaben aus Schulbüchern lösen (z.B. Heepmann

et al. 1996), c) das physikalische Selbstkonzept (adaptiert von Helmke, 1992), d) allgemeine und physikunterrichtsspezifische Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartungen (Pfitzner-Eden, 2014; Kleickmann, 2006). Es liegen Veränderungen dieser Variablen für die lokale Stichprobe über die einzelnen Messzeitpunkte vor. Für das allgemeine Wissen zur Mechanik (Profile-P+) wäre zusätzlich ein Vergleich mit anderen Hochschulstandorten des Profile-Projektes möglich. Es wäre also im Prinzip möglich, mit Einschränkungen die Kausalität der Intervention zu prüfen. Da wir den letztendlichen Stichprobenumfang nicht abschätzen können, sollen die quantitativen Untersuchungen durch qualitative Daten im Sinne eines Mixed-Method Ansatzes ergänzt werden. Daher sind Interviews mit Studierenden geplant.
Stichprobe: Die vorläufige Interventionsstichprobe der ersten Kohorte bilden neun Erstsemesterstudierende des Physiklehramts für die Sekundarstufe I. Es handelt sich hinsichtlich des Vorwissens um eine heterogene Stichprobe, da drei Studierende schon physikalische Inhalte an Universitäten studiert haben. Die Studie soll im Folgejahr wiederholt und beide Datensätze aggregiert werden.
Studienverlauf: Die Studierenden der Intervention durchlaufen die Einführung in die Mechanik (SoSe 17), die Schulversuche zur Mechanik (WiSe 17/18) und die Einführung in die Elektrodynamik (SoSe 18). Alle drei Veranstaltungen folgen den oben ausgewiesenen Prinzipien und Interventionen zum kumulativem Lehren und Lernen. Fachwissen, Selbstkonzept und Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartungen werden zu drei Messzeitpunkten erhoben: vor und nach der Einführung in die Mechanik sowie nach der Einführung in die Elektrodynamik. Die offenen Fragen zu den mechanischen Grundkonzepten werden vor Beginn der Einführung in die Mechanik und vor Beginn der Einführung in die Elektrodynamik erhoben. Die Interviews werden nach der zweiten Erhebung der physikalischen Grundkonzepte geführt.

Erste Ergebnisse
Bislang liegen die Daten des ersten Messzeitpunktes der offenen Aufgaben zu den mechanischen Grundkonzepten vor. Die Probanden haben zu diesem Zeitpunkt noch keine Physikveranstaltungen besucht. Dies bedeutet, dass wir mit diesen Daten die Annahmen aus dem Stand der Forschung für unsere Stichprobe überprüfen können: Verfügen die Studierenden unserer Stichprobe im Gegensatz zum Stand der Forschung über ‚kumulierte' mechanische Grundkonzepte? Oder zeigen sich im Einklang mit Abell (2007) überwiegend Schülervorstellungen? Wir berichten nur kursorisch. In einer offenen Frage wurden die Studierenden gebeten, so ausführlich wie möglich zu erklären, was für sie der physikalische Kraftbegriff ist. In einer zweiten Frage, einer Schulbuchaufgabe, sollten die Studierenden erklären, welche Kräfte auf verschiedene beschleunigte Körper wirken (z.B. einen startenden Sprinter, ein bremsendes Auto). Die Antworten wurden qualitativ-deduktiv nach physikalischen Kriterien in Anlehnung an die Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring, 2010). Es zeigt sich: (1) Nur bei drei Studierenden finden sich Aussagen, die sich nach physikalischen Kriterien klassifizieren lassen, (2) deren Einzelaussagen sind in sich widersprüchlich, (3) das Wechselwirkungsprinzip kommt nur in einer Antwort vor, (4) Bremsen wird nicht mit der Beschleunigung in Verbindung gebracht, (5) das Aktivitätskonzept der Kraft dominiert. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit typischen Schülervorstellungen (z.B. Schecker, 1986; Starauschek, 2001; Abell, 2007). Damit bestätigen sich die Annahmen, mit denen wir unsere Intervention rechtfertigen.

Danksagung
Die Entwicklung und Evaluation der Lehr-Lern Formate zur Unterstützung von kumulativem Lernen von physikalischen Grundkonzepten ist ein Teilprojekt des Verbundvorhabens Lehrerbildung PLUS der PSE Stuttgart-Ludwigsburg. Es wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. Handbook of research on science education, 1105–1149.

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

Borowski, A., Kirschner, S., Liedtke, S., & Fischer, H. E. (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(10), 1–9.

Gagné, R. M. (1968). Contributions of learning to human development. Psychological Review, 75(3), 177–191.

Großmann, S., & Hertel, I. (2014). Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik: Bad Honnef: DPG.

Harms, U., & Bünder, W. (1999). Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen. Erläuterungen zum Modul, 5.

Heepmann, B., Muckenfuß, H., Schröder, W., & Stiegler, L. (1996). Physik Natur und Technik für Realschulen - Baden-Württemberg 10: Cornelsen.

Helmke, A. (1992). Selbstvertrauen und schulische Leistungen: Hogrefe, Verlag für Psychologie.

Kleickmann, T., Möller, K., & Jonen, A. (2006). Die Wirksamkeit von Fortbildungen und die Bedeutung von tutorieller Unterstützung. Jahrbuch Grundschulforschung.

Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. Journal of Educational psychology, 100(3), 716.

Lee, J. (2012). Cumulative learning. In N. Seel (Ed.), Encyclopedia of the Sciences of Learning (Vol. 2, pp. 887-893). New York, NY: Springer.

Massolt, J., & Borowski, A. (2017). Increasing motivation by focussing on school-related content knowledge in university physics courses. ESERA 2017 Conference.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz Deutscher Studien Verlag.

Pekrun, R., & Schiefele, U. (1996). Emotions- und Motivationspsychologische Bedingungen der Lernleistung. Enzyklopädie der Psychologie, Bd. D,1,2, 153-180.

Pfitzner-Eden, F., Thiel, F., & Horsley, J. (2014). An adapted measure of teacher self-efficacy for preservice teachers: Exploring its validity across two countries. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie.

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

Riese, J. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit der universitären Lehrerbildung-Indizien für notwendige Veränderungen der fachlichen Ausbildung von Physiklehrkräften. PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(9), 25–33.

Schecker, H.: Schülerinteressen und Schülervorstellungen zur Mechanik. In: Müller, R., Wodzinski, R., & Hopf, M. (Hrsg.): Schülervorstellungen in der Physik, Köln: Aulis (2004), 140-152.

Schödl, A., & Göhring, A. (2017). FALKO-P: Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. Falko: Fachspezifische Lehrerkompetenzen: Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik. Waxmann-Verlag, 201-243.

Seel, N.M. (2003). Psychologie des Lernens (2. akt. u. erw. Aufl.). München: Ernst Reinhardt (UTB).

Starauschek, E. (2001). Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs - Ergebnisse einer Evaluationsstudie. Berlin: Logos Verlag.

Starauschek, E., Rubitzko, T., & Laukenmann, M., (2017). Kumulatives Lehren und Lernen der Mechanik in der Lehramtsausbildung. Tagungsband Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017.

Vogelsang, C., Riese, J., Kulgemeyer, C., & Borowski, A. (2016) Profile-P+-Professionskompetenz und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik. In C. Maurer (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2016 (S. 752-755). Zürich.

Annette Flechsig
Verena Jannack
Jens-Peter Knemeyer
Nicole Marmé

Pädgogische Hochschule Heidelberg

Entwicklung eines Kompetenzrasters zur Beurteilung wissenschaftlicher Schreibkompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht

Einleitung

Klassische Schreibaufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht sind Versuchsprotokolle oder ausführlichere Berichte über ein Forschungsprojekt. Doch wie lassen sich solche Schreibprodukte objektiv bewerten? Vor allem für eine Lehrkraft mit naturwissenschaftlichen Fächern und ohne den Hintergrund einer philologischen Ausbildung stellt es eine Herausforderung dar, eine exakte Begründung für einen gut oder schlecht verfassten Schülertext zu formulieren. Als Konsequenz daraus resultiert, dass den Schülerinnen und Schülern keine Vorschläge zur Verbesserung ihrer Leistung gemacht werden können, so dass sie auch nicht wissen, woran sie arbeiten müssen, um eine Leistungssteigerung zu erreichen. Darüber hinaus schreiben Schülerinnen und Schüler in der Regel nur für eine Note und nicht, weil sie Anderen etwas mitteilen möchten oder sie besonders motiviert sind. Mit dem Ziel die Motivation der Schreibenden zu erhöhen, ist eine aussagkräftige Rückmeldung umso wichtiger. In diesem Zusammenhang wurde ein Kompetenzraster für die Beurteilung naturwissenschaftlicher Texte konzipiert, dessen Entwicklung, Erprobung und Evaluation im Rahmen eines Dissertationsprojektes erfolgte. Insgesamt konnten bisher 120 naturwissenschaftliche Schülertexte mit Hilfe des Rasters bewertet werden. Im Folgenden wird die Entwicklung des Kompetenzrasters beschrieben.

Einwicklung eines Kompetenzrasters zur Beurteilung naturwissenschaftlicher Texte

Speziell die Messung des Erfolges wissenschaftlicher Schreibkompetenz in der Schule gestaltet sich aufgrund eines fehlenden Messinstruments als sehr schwierig. Eine Abhilfe bietet hier ein Kompetenzraster, wie es auch zur Bewertung von Aufsätzen und anderen Textarten im Deutschunterricht eingesetzt wird. Transparenz, Objektivität sowie Beratung zur Kompetenzförderung können mit solch einem Raster erreicht werden (Becker-Mrotzek & Böttcher 2012, S. 138-139). Um jedoch den Ansprüchen bei der Beurteilung naturwissenschaftlicher Texte gerecht zu werden, müssen bereits vorhandene Raster zur Bewertung von Aufsatzformen, wie sie in der Schule in der Regel geschrieben werden, erweitert und modifiziert werden.

Vor diesem Hintergrund wurden in einem ersten Schritt bereits vorhandene Kompetenzraster analysiert und soweit verändert, dass sie für die Bewertung von wissenschaftlicher Schreibkompetenz bei Schülerinnen und Schülern eingesetzt werden können. Das von Becker-Mrotzek und Böttcher für die Bewertung von Schülertexten im Deutschunterricht (vgl. Becker-Mrotzek & Böttcher, 2012, S. 132) entwickelte Kompetenzraster sowie das Kompetenzraster von Eysel zur Bewertung von Portfolios, die im Rahmen eines Seminars zur Feststellung des Kompetenzerwerbs in komplexen Lernumgebungen erstellt wurden (vgl. Eysel, 2006, S. 13-15), bildeten dabei die Grundlage für die Konzeption. Becker-Mrotzek und Böttcher bedienen sich an einem Basiskatalog nach dem Zürcher Modell, sowie an Vorarbeiten von Baurmann, um Textqualität zu erheben (Becker-Mrotzek & Böttcher, 2012, S. 126-131). Aus den Arbeiten von Becker-Mrotzek und Böttcher (2012, S. 90-94) wurden hauptsächlich die Kompetenzen zum Schreiberwerb und die Überlegungen zur Anzahl der Kategorien für das neue Raster genutzt. In der folgenden Tabelle sind die fünf

Basisdimensionen mit den entsprechenden Kriterien nach Becker-Mrotzek und Böttcher dargestellt (Becker-Mrotzek & Böttcher, 2012, S. 128-131) (vgl. Tabelle 1).

Basisdimensionen nach Becker-Mrotzek & Böttcher	**Kriterien nach Becker-Mrotzek & Böttcher**	**Basiskompetenzen nach Flechsig**	**Subkompetenzen nach Flechsig**
Sprachrichtigkeit	Rechtschreibung und Grammatikalität	Sprachrichtigkeit	Tempus, Grammatik, Orthographie, Zeichensetzung, Schriftsprache
Sprachangemessenheit	Wortschatz und Satzbau		
Inhalt	Gesamtidee, Umfang und Relevanz	Wissenschaftliche Darstellungsform	Zitationen im Text, Quellenverzeichnis, Kohärenz zwischen graphischen Mitteln und Text, äußere Gestaltung
Aufbau	Textmuster, Textaufbau, thematische Entfaltung und Leserführung	Objektivität	Argumentations-stützung und -perspektive
Prozess	Planen/Überarbeiten und Wagnis	Verständlichkeit	Argumentations-struktur, Adressatenbezug Fachsprache (I-III), Problemdefinition (I-IV)

Tabelle 1: Basisdimensionen und Kriterien nach Becker-Mrotzek und Böttcher und Veränderungen nach Flechsig

Im neu entwickelten Kompetenzraster (Flechsig 2017) werden die Basisdimensionen nach Becker-Mrotzek und Böttcher durch den Begriff Basiskompetenzen ersetzt und die Kriterien durch den Begriff Subkompetenzen (vgl. Tabelle 1). Dabei werden die Basisdimensionen *Sprachrichtigkeit* und *Sprachangemessenheit* lediglich unter der Basiskompetenz *Sprachrichtigkeit* zusammengefasst und mit fünf Subkompetenzen stärker ausdifferenziert. Dies lässt sich damit begründen, dass einerseits die Sprachrichtigkeit deutliche Auswirkungen auf die Qualität wissenschaftlicher Texte hat und andererseits die Aufteilung der Sprachrichtigkeit in weitere Kategorien die Transparenz für die Schülerinnen und Schüler erhöht. Darüber hinaus wurden die Basisdimensionen *Aufbau und Inhalt* im neu erstellten Raster durch die Basiskompetenzen *wissenschaftliche Darstellungsform* und *Objektivität* ausgetauscht. In diesem Kontext wurden speziell Subkompetenzen für den Erwerb der wissenschaftlichen Schreibkompetenz bedacht, wie beispielsweise die Verwendung von Quellen und die korrekte Zitation. Eine sehr wesentliche Basiskompetenz im wissenschaftlichen Schreibprozess stellt die Basiskompetenz *Verständlichkeit eines Textes* dar, die ebenfalls in dem neuen Raster ergänzt wurde und durch weitere Subkompetenzen wie *Fachsprache* sowie das *Formulieren einer eindeutigen Forschungsfrage* erweitert wurde. Das Kriterium *Wagnis*, wie bei Becker-Mrotzek und Böttcher aufgeführt, welches insbesondere beim kreativen Schreiben eine Rolle spielt, findet beim wissenschaftlichen Schreibprozess, der sich vor allem durch Präzision und Korrektheit auszeichnet, keine Berücksichtigung und wurde somit nicht mit in das neue Raster aufgenommen. Letztendlich beinhaltet das entwickelte Kompetenzraster mit der *Sprachrichtigkeit*, der *wissenschaftlichen Darstellungsform*, der *Objektivität* und der *Verständlichkeit* vier Basiskompetenzen.

Für die Beschreibung der Kompetenzstufen wurde das von Eysel entwickelte Stufenmodell als Grundlage verwendet. Bei diesem Modell liegt eine Auswertungsmatrix mit vier Reflexionsstufen vor. Für die Beurteilung wissenschaftlicher Texte können diese Stufen genutzt werden, da sie auf den kritischen Diskurs ausgerichtet sind (Eysel, 2006, S. 112-118), der den Ausgangspunkt des wissenschaftlichen Schreibens bildet. Eysel nimmt bei der Auswertung von Portfolios eine Unterscheidung zwischen *Betrachtungstiefe* und *Betrachtungsreichweite* vor. Dabei sind unter Betrachtungstiefe qualitative Unterschiede in der schriftlichen Verarbeitung zu verstehen, die hierarchisch in vier Reflexionsstufen angeordnet sind (Eysel, 2006, S. 112-113). In der folgenden Tabelle (vgl. Tabelle 2) sind die vier Stufen nach Eysel und die Ausführungen für das neue Raster dargestellt.

Eysel	**Flechsig**
Reflexionsstufe 1: Sachbezogene Betrachtung	Kompetenzstufe 1: Keine Kompetenz vorhanden
Reflexionsstufe 2: Handlungsbezogene Betrachtung	Kompetenzstufe 2: Handeln nach Vorgabe
Reflexionsstufe 3: Analytische Abstraktion	Kompetenzstufe 3: Handeln nach Einsicht
Reflexionsstufe 4: Kritischer Diskurs	Kompetenzstufe 4: Begründetes und reflektiertes Handeln

Tabelle 2: Reflexionsstufen nach Eysel und Modifikation nach Flechsig

Die Klassifizierung in der Auswertung mit vier Reflexionsstufen nach Eysel kann für die Bewertung der Schülertexte übernommen werden. Die Betrachtungsreichweite definiert Eysel als eine qualitative Differenzierung der Inhalte. Diese Aufteilung in Abstraktionsebenen erfolgt allerding für jedes Thema individuell neu und bietet sich daher nicht für ein allgemeines Raster zur Bewertung der wissenschaftlichen Schreibkompetenz an (Eysel, 2006, S. 114-117). Das hier entwickelte Raster soll nicht dahingehend kategorisiert werden, welche Schreibkompetenz wichtiger ist als eine andere, sondern es soll ausdrücklich auf das höchste Reflexionsniveau in jeder Kategorie hingearbeitet werden.

Anzumerken ist, dass das Raster primär zur Beurteilung des Schreibproduktes hinsichtlich der Textverständlichkeit und für die Beurteilung des Textinhaltes eingesetzt werden sollte. Demnach wird das Kompetenzraster nicht explizit für die Gesamtbewertung und Benotung des wissenschaftlichen Textes konzipiert, sondern dient in erster Linie dazu, Schülerinnen und Schülern Verbesserungsvorschläge aufzuzeigen und ihnen bei wiederholten Schreibversuchen Erfolge und Fortschritte im Schreibprozess zu verdeutlichen.

Fazit

Abschließend lässt sich festhalten, dass das Kompetenzraster einerseits als Bewertungsmaßstab für die Lehrkräfte und andererseits als Orientierung für die Schüler beim Verfassen eines wissenschaftlichen Textes dienen kann. Die Lehrkraft kann mithilfe des Rasters die wissenschaftliche Schreibkompetenz der Schülerinnen und Schüler bewerten und ein strukturiertes und differenziertes Feedback geben. Die naturwissenschaftliche Lehrkraft kann einen Schülertext kategorisieren und Kompetenzen auf verschiedenen Niveaus konkretisieren. Der Schülerin/ dem Schüler dient das Kompetenzraster als Instrument zur Steuerung des eigenen Lernprozesses, da ihnen sowohl die bereits erworbenen Kompetenzen aufgezeigt und auch die Möglichkeiten zu Verbesserung ihrer Kompetenz transparent gemacht werden. Ihnen wird somit geholfen, längerfristige Ziele zu erkennen, den eigenen Lernstand selbst einzuschätzen und sich stetig zu verbessern, was zu einer Steigerung der Motivation durch Erfolgserlebnisse führen kann.

Literaturverzeichnis

Becker-Mrotzek, M. & Böttcher, I. (2012): Schreibkompetenz entwickeln und beurteilen. [Sekundarstufe I/II]. 4., überarb. Neuaufl. Berlin: Cornelsen.

Eysel, C. (2006): Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. Eine empirische Studie zum Kompetenzerwerb in einer komplexen Lernumgebung. Berlin: Logos Verlag.

Flechsig, A.; Knemeyer, J.-P.; Marmé, N. (2017): Kompetenzraster für die Bewertung wissenschaftlicher Schülertexte. DOI: 10.13140/RG.2.2.19339.39207

Jens Klinghammer
Thorid Rabe
Olaf Krey

Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

Rekonstruktion impliziter Wissensbestände angehender Physiklehrkräfte

Lehrerwissen und Unterrichtshandeln

In der aktuellen physikdidaktischen Forschung zur Lehrerprofessionalisierung wird u. a. versucht, die Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen von (angehenden) Physiklehrkräften und deren Handeln im Physikunterricht sowie dem Fachwissenserwerb ihrer Schülerinnen und Schüler abzubilden (Vogelsang & Cauet, 2017). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das in den Professionswissenstests erfasste explizierbare Wissen wenig handlungsrelevant ist (Cauet, 2016). Vogelsang (2014) schlussfolgert, dass die in der kognitionspsychologischen Expertiseforschung angenommene Transformation von explizitem Wissen in unterrichtliches Handeln angezweifelt werden kann. Vorgeschlagen wird daher „die Analyse der tatsächlichen Handlungsressourcen im Sinne des Wissens II“ (ebd., S. 503) nach Neuweg (2011). Die Wissensformen des Lehrerwissens lassen sich nach Neuweg (2011) unterscheiden in (1) explizites in der Lehrerbildung angeeignetes (Professions-) Wissen im „objektiven Sinne“, in (2) explizites und implizites Wissen im „subjektiven“ Sinne handlungsleitender mentaler Strukturen und in (3) von einem außenstehenden Beobachter durch Analyse von Handlungsepisoden rekonstruiertes Wissen im Sinne von „Können“ (ebd., S. 452; vgl. Abb. 1).

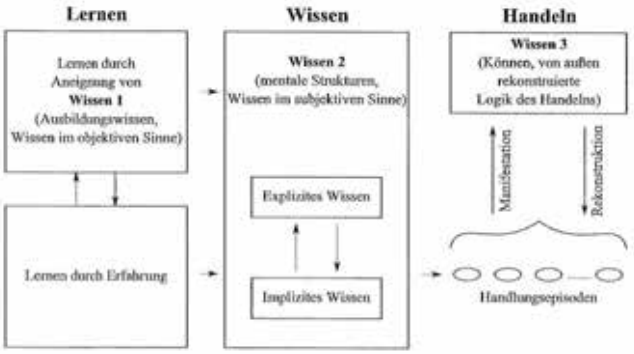


Abb. 1: Konzepte des Lehrerwissens (Neuweg, 2011, S. 453)

Die geforderte fachdidaktische Betrachtung der handlungsleitenden mentalen Strukturen, insbesondere die Untersuchung des darin enthaltenen impliziten Wissens, stellt ein Desiderat der physikdidaktischen Forschung dar. Fasst man Neuweg (2002) folgend implizites Wissen als erfahrungsgebundenes Wissen, so ergeben sich auch aus anderen Forschungslinien Hinweise auf dieses Desiderat. So zeigt Helsper (2007) im Rahmen des in der physikdidaktischen Forschung wenig beachteten strukturtheoretischen Ansatzes zur Lehrerprofessionalität die Notwendigkeit eines biografischen Erfahrungswissens als Teil des Lehrerwissens auf.

Methodologische Schlussfolgerungen - rekonstruktiver Forschungsansatz

Implizites Wissen ist nach der Wissenstheorie Michael Polanyis (*tacit knowing view*) nicht nur erfahrungsgebunden, sondern auch nicht verbalisierbar und nicht formalisierbar (Neuweg, 2015). Die Erfahrungsgebundenheit spricht aus der Perspektive des Lernens dafür, dass implizites Wissen eher durch Sozialisation erworben wird bzw. wirkt und daher eher aus einer konstruktivistisch-strukturalistischen Sozialisationsperspektive nach Pierre Bourdieu betrachtet werden sollte (Hummrich & Kramer, 2017). Die Nichtverbalisierbarkeit schließt die häufig in der physikdidaktischen Forschung genutzten subsumtionslogischen Forschungsansätzen wie quantitative Testverfahren oder auch qualitative Inhaltsanalysen

aus. Vielmehr eignen sich rekonstruktive Forschungsansätze, welche u. a. auf der Grundlage der praxeologischen Wissenssoziologie nach Karl Mannheim das in die Handlungspraxis eingelassene geteilte implizite Wissen rekonstruieren (Wagner, 1999).
Eine an Bourdieus (1979) Habituskonzept und Mannheims (1985) Wissenssoziologie anknüpfende Forschungsmethodologie ist die dokumentarische Methode. Sie stellt mit dem zentralen Konzept des „Orientierungsrahmens" einen geeigneten Zugang zum handlungsleitenden impliziten Wissen von Akteuren (hier angehende Physiklehrkräfte) einer sozialen Praxis (hier Physikunterricht) dar (Bohnsack, 2014). Unter Orientierungsrahmen wird der „Ausdruck des impliziten Wissens und der Sinnstrukturiertheit dieses Wissens an einem spezifischen Punkt der individuellen Biographie" verstanden (Helsper et al., 2007, S. 478).

Forschungsfrage
Das Ziel dieser Studie besteht darin, die (physik-) unterrichtsbezogenen Orientierungsrahmen von Physik-Lehramtsstudierenden im Kontext einer ersten Praxiserfahrung zu rekonstruieren. Folgende Forschungsfrage soll im Rahmen des Beitrags fokussiert werden:
- Welche Orientierungsrahmen zum Lehren und Lernen sowie zur Rolle des Experiments im Physikunterricht lassen sich bei Lehramtsstudierenden der Physik im Kontext der Schulpraktischen Studien rekonstruieren?

Methodische Anlage der fallbasierten Studie
Die fallbasierte Studie findet im Kontext einer ersten Praxiserfahrung, den sogenannten Schulpraktischen Studien, statt (vgl. ausführlich zur methodischen Anlage der Studie: Klinghammer, Rabe & Krey, 2016 & 2017). Diese Schulpraktischen Studien sind im Rahmen des Lehramtsstudiums häufig die erste Möglichkeit, Erfahrungen als (Physik-) Lehrkraft zu sammeln (Schubarth et al., 2011). Dieser für die Studierenden in der Regel neue Erfahrungsraum bietet unter fachdidaktischer Forschungsperspektive gerade wegen seiner potentiellen Krisenhaftigkeit eine geeignete Möglichkeit zur Untersuchung (physik-) unterrichtsbezogener Orientierungsrahmen.
Die Stichprobe umfasst 17 Studierende im Physik-Lehramtsstudium an der Matin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Lehramt Sekundarschule und Gymnasium).
Als Datengrundlage dienen die Transkriptionen der narrativ angelegten leitfadengestützten Interviews. Die ca. einstündigen Interviews enthalten verschiedene Stimuli als Gesprächsanlass und sind „vom Offenen zum Strukturierenden" (Kruse, 2015, S. 214) aufgebaut, wobei am Anfang eines Themenfeldes ein offener Grundreiz den Interviewten dazu anregen soll, „seine eigenen Erlebnisse als Geschichte zu erzählen" (Glinka, 2016, S. 11). Es wird davon ausgegangen, dass insbesondere diese detaillierten Erzählungen die Rekonstruktion handlungsleitender Orientierungsrahmen ermöglichen (Nohl, 2012).
Die dokumentarische Methode ermöglicht den Zugang „zum handlungsleitenden Wissen der Akteure und somit zur Handlungspraxis" des Beforschten und wird daher zur Interpretation und Analyse der Transkriptionen angewandt (Bohnsack, Marotzki & Meuser, 2006, S. 40). In einem ersten Analyseschritt, der formulierenden Interpretation, wird herausgearbeitet, *was* gesagt wird (theoretisches Wissen auf expliziter Ebene) (Nohl, 2012). In einem zweiten Schritt, der reflektierenden Interpretation, wird analysiert, *wie* etwas gesagt wird (implizite Wissensebene zur Analyse des *modus operandi* des zugrundeliegenden Habitus) (ebd.). Es wird also untersucht, in welchem Rahmen ein Thema behandelt wird, also welche Orientierungsrahmen sich rekonstruieren lassen (Bohnsack, Marotzki & Meuser, 2006).

Datenmaterial und Beispielinterpretationen
Eine detaillierte und nachvollziehbare dokumentarische Interpretation kann im Rahmen des Beitrags nicht dargestellt werden. Jedoch sollen zumindest Einblicke in das Datenmaterial ermöglicht und Beispielinterpretationen dargestellt werden.

Zu Beginn der Schulpraktischen Studien werden die Studierenden gebeten, sich selbst als Physik-Lehrperson in einer Unterrichtssituation zu zeichnen. Diese Zeichnung wird in dem wenige Tage darauf folgenden Interview als Gesprächsanlass genutzt. Die Studierenden, hier im Beitrag Theresa und Niklas, berichten in dem Interview zunächst u. a. von ihrer Studienwahl und dem in der eigenen Schulzeit erlebten Physikunterricht. Im Anschluss daran erzählen sie davon, was in ihrem Unterricht in ihrer jeweiligen selbst angefertigten Unterrichtszeichnung passiert (vgl. Abb. 2).

Niklas (A): „[...] Im Idealfall schreiben natürlich die Schüler gleich mit, ohne dass man etwas sagen muss. [...]" [00:46:50]
Niklas (B): „Ich denke ich werde auch die Schüler manchmal in Ruhe arbeiten lassen ohne, dass ich mich da groß einbringe. Ich möchte auch, also am liebsten wäre es mir, wenn es öfter mal eine Unterrichtssituation gibt, wo ich quasi mal 10 Minuten verschwinden, also bildlich gesprochen, wo ich mal 10 Minuten aus dem Raum rausgehe, der Unterricht läuft weiter, die haben Diskussionen, kommen zu einem Ergebnis, wo ich mich quasi gar nicht einbringe. Wo es dann im zivilisierten Verfahren alles gut läuft." [00:50:03]

Theresa (A): „[...] so ´ne Vakuum, äh Röhre, mmm * ja, hab mir da halt vorher schon so meine Gedanken gemacht, äh wie, wie werd ich das halt, gan// wie werd ich das Ganze vorführen, [...]" [00:38:11]
Theresa (B): „[...] ähm möchte da jetzt ein paar Vermutungen sammeln, [...] entweder man sagt * die fallen, also * kommen gleichzeitig unten an oder die kommen halt unterschiedlich unten an. Und * weiß nich, ob man das da halt irgendwie abstimmt, wer denkt so oder so oder, ähm, vielleicht kriegt man da irgendwie ´ne Diskussion zustande, ok, warum denkt die denn überhaupt, dass die jetzt unterschiedlich ankommen, oder [...] habt ihr da irgendwie ähnliche Erfahrungen gemacht? [...]" [00:39:20]

Abb. 2: Transkriptausschnitte von Theresa und Niklas
(„" kurze Pause; „//" Wortabbruch; „[...]" Kürzung durch den Autor)*

Auf der expliziten Ebene geht es bei beiden Studierenden, insbesondere in den Ausschnitten (B), grob zusammengefasst, um im Physikunterricht stattfindende Diskussionen. Betrachtet man die implizite Ebene, dann sind starke Kontraste erkennbar. Im Rahmen des Beitrags wird im Folgenden die Rolle der Lehrkraft näher betrachtet. Während bei Niklas (B) der Unterricht als relativ unabhängig von der Lehrkraft ablaufend, wie eine Art Maschinerie beschrieben werden kann, lässt sich bei Theresa (B) eine deutlich stärker aktiv gestaltende Lehrkraft analysieren. Bei Niklas (A) kann ein „natürlich" gegebener Unterrichtsablauf herausgearbeitet werden. Im Kontrast dazu sind bei Theresa (A & B) permanente Abwägungen durch die Lehrkraft rekonstruierbar. Theresas häufige Formulierung von Fragen, z. B. „wie werd ich das Ganze vorführen" oder „weiß nich, ob man das da halt irgendwie abstimmt", verdeutlicht die Offenheit der Entscheidungssituation.
Insofern kann bei Niklas die Rolle der Lehrkraft mit dem Bild eines Wartungstechnikers verglichen werden, welcher nur eingreift, wenn die „Maschine Unterricht" nicht mehr von allein „gut läuft". Im Kontrast dazu kann Theresas Lehrerrolle mit einem permanenten Entscheiden im Abwägungsprozess Unterricht in Verbindung gebracht werden. Hierbei geht es weniger um klassische Kategorien wie lehrer- & schülerzentrierte Unterrichtsituationen, sondern um die Rolle der Lehrkraft bei der Aufrechterhaltung und Steuerung von Physikunterricht.

Ausblick
Neben dem fallübergreifenden Vergleich unter einer Analyseperspektive, hier die Rolle der Lehrkraft, lassen sich auch andere interessante Perspektiven einnehmen. So kann die Rolle der Schülerinnen und Schüler, die Rolle des Experiments, der Umgang mit Unvorhergesehenem, das Verhältnis zur Mathematik oder auch die Aushandlung der epistemischen Autorität vergleichend am Material analysiert werden. Die Perspektiven stellen keine Kategorien im Sinne einer Inhaltsanalyse dar, da sie nicht trennscharf sind und mehrere Perspektiven auf denselben Transkriptausschnitt bezogen sein können.

Literatur

Bohnsack, R. (2014). Rekonstruktive Sozialforschung. Opladen u. Toronto: Barbara Budrich

Bohnsack, R., Marotzki, W., & Meuser M. (2006). Hauptbegriffe Qualitativer Sozialforschung. Opladen u. Farmington Hills: Verlag Barbara Budrich

Bourdieu, P. (1979). Entwurf einer Theorie der Praxis. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft. Frankfurt am Main: Suhrkamp

Cauet, E. (2016). Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten. Berlin: Logos

Glinka, H.-J. (2016). Das narrative Interview. Weinheim u. Basel: Beltz Juventa

Helsper, W. (2007). Eine Antwort auf Jürgen Baumerts und Mareike Kunters Kritik am strukturtheoretischen Professionsansatz. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 10 (4), 567-579

Helsper, W., Kramer, R.-T., Brademann, S., & Ziems, C. (2007). Der individuelle Orientierungsrahmen von Kindern und der Übergang in die Sekundarstufe. Erste Ergebnisse eines qualitativen Längsschnitts. Zeitschrift für Pädagogik, 53 (4), 477-490

Hummrich, M., & Kramer, R.-T. (2017). Schulische Sozialisation. Wiesbaden: Springer VS

Klinghammer, J., Rabe, T., & Krey, O. (2016). Vorstellungsveränderungen durch erste Unterrichtserfahrungen?. In C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015, Universität Regensburg, 539 - 541

Klinghammer, J., Rabe, T., & Krey, O. (2017). Unterrichtsbezogene Orientierungen von Physik-Lehramtsstudierenden. In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016, Universität Regensburg, 222 - 225

Kruse, J. (2015). Qualitative Interviewforschung. Weinheim u. Basel: Beltz Juventa

Mannheim, K. (1985). Ideologie und Utopie. Frankfurt am Main: Klostermann

Neuweg, G. H. (2002). Lehrerhandeln und Lehrerbildung im Lichte des Konzepts des impliziten Wissens. Zeitschrift für Pädagogik, 48 (1), 10-29

Neuweg, G. H. (2011). Das Wissen der Wissensvermittler. Problemstellungen, Befunde und Perspektiven der Forschung zum Lehrerwissen. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf. Münster u. a.: Waxmann, 451 - 477

Neuweg, G. H. (2015). Das Schweigen der Könner. Gesammelte Schriften zum impliziten Wissen. Münster: Waxmann

Nohl, A.-M. (2012). Interview und dokumentarische Methode. Wiesbaden: Springer VS

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

Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Berlin: Logos

Vogelsang, C., & Cauet, E. (2017). Wie valide sind Professionswissenstest? - Zum Zusammenhang von erfasstem Wissen, Unterrichtshandeln und Unterrichtserfolg. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik. Berlin: Logos, 77 - 96

Wagner, H-J. (1999). Rekonstruktive Methodologie. Wiesbaden: Springer VS

Hauke Bartels Universität Bremen
Christoph Kulgemeyer

Ein Videovignettentest zur Messung der Erklärfähigkeit von Lehrkräften

In diesem Beitrag wird ein Online-Testinstrument für die Erklärfähigkeit von Physiklehrkräften vorgestellt, das zwei Ziele verfolgt: (1) die authentische Simulation einer Handlungssituation (das Erklären) sowie (2) eine höhere Testökonomie als bisherige Testformate. Dazu werden zweistufige Items mit handlungsnahen Videovignetten genutzt und – wie in einer realen Unterrichtssituation – Handeln unter Druck durch zeitlich befristete Antwortmöglichkeiten simuliert. Ziel ist es, mit dem Instrument Large-Scale Erhebungen durchführen zu können und dennoch eine hohe prognostische Validität hinsichtlich tatsächlichen Unterrichtshandelns zu gewährleisten. Darüber hinaus sollen Strategien bei der Vorgehensweise des Erklärens sichtbar gemacht werden.

Messung von Erklärfähigkeit als Teil des professionellen Lehrerhandelns

Die Fähigkeit, Schülerinnen und Schülern naturwissenschaftliche Sachverhalte erklären zu können, wird als eine wichtige (z. B. Wilson & Mant 2011) und anspruchsvolle Fähigkeit (z. B. Merzyn 2005) von Lehrkräften beschrieben. Wesentliche Aspekte einer guten Erklärung sind (a) Sachgerechtheit (fachliche Vollständigkeit und Korrektheit) und (b) Adressatengemäßheit (Adaption an den Bedürfnissen von Adressaten) (Kulgemeyer & Schecker 2013).
Wer diese handlungsnahe Fähigkeit mit einem Testinstrument erheben möchte, steht vor einer Herausforderung, die typisch für das Messen handlungsnaher Fähigkeiten von Lehrkräften ist: ein Abwägen zwischen Aufwand und Authentizität der Testung. Das Spektrum möglicher Testformate reicht dabei von Paper-and-Pencil Tests bis zur Videografie von realem Unterricht. Aus testökonomischer Sicht sind schriftliche Tests das Mittel der Wahl, da sie vergleichsweise einfach und objektiv durchgeführt werden können, eine hohe Reliabilität versprechen und sich oft sogar automatisch auswerten lassen. Für videobasierte Studien müssen neben der aufwändigeren Datenerhebung zunächst ein Kodiermanual entwickelt und Rater ausgebildet werden, was einen erheblichen Aufwand mit sich bringt. Mit Blick auf die Authentizität der Handlungen (also die Nähe zu realem Unterrichten), welche die Probanden im Test durchführen müssen, ist das Videografieren von Unterricht jedoch die optimale Lösung. Daher raten viele Autoren für die Messung professionellen Handelns zu Instrumenten, welche zumindest über schriftliche Formate hinausgehen (z. B. Aufschnaiter & Blömeke 2010). Auf der anderen Seite sind zu erwartende Effektstärken bei der Untersuchung von Interventionen in der Lehrerbildung gering und machen damit große Stichproben erforderlich. Eine typische Effektstärke von d = 0,11 (Hattie 2009, S. 110) erfordert beispielsweise eine Stichprobe von N = 505 Probanden.

Performanz-orientiertes Testen

Ein Ansatz zum Umgang mit dieser Schwierigkeit sind sogenannte Performanztests, bei denen professionelles Handeln in standardisierten aber authentischen Situationen erhoben wird (Miller 1990). Beispiele dafür gibt es in vielen Disziplinen, z.B. der Ärzteausbildung (z. B. Walters, Osborn & Raven 2005), der Pilotenausbildung (z. B. Winter, Dodou & Mulder 2012) oder in verschiedenen beruflichen Ausbildungsgängen (Beck, Landenberger & Oser 2016).
In der Domäne der Lehrerbildungsforschung haben Kulgemeyer & Tomczyszyn (2015) einen Performanztest für die Erklärfähigkeit von Physiklehrkräften entwickelt. In diesem Test werden die Teilnehmenden einzeln gebeten, einem Schüler einen physikalischen Sachverhalt zu erklären. Der Schüler ist darauf trainiert, standardisierte Nachfragen zu stellen, die auf die vier Aspekte des Erklärens nach Kulgemeyer & Schecker (2013) abzielen (Sprachniveau,

Mathematisierungsgrad, adäquate Beispiele und Darstellungsformen). Auch wenn hier kein Klassenraumsetting, sondern eher ein Dialog im Sinne einer Nachhilfestunde abgebildet wird, hat dieses Verfahren einen hohen Grad an Authentizität hinsichtlich tatsächlichen Lehrerhandelns. Für die Auswertung ist allerdings eine Kodierung des Videomaterials notwendig, was trotz einer im Vergleich zur Beobachtung von realem Unterricht deutlich reduzierten Anzahl an Freiheitsgraden sehr zeitaufwändig ist (Kulgemeyer & Tomczyszyn 2015).

Ein handlungsnaher Videovignettentest mit geschlossenen, zweistufigen Items

Das erstellte Instrument umfasst zwei Tests, die unterschiedliche physikalische Sachverhalte thematisieren (Impulserhaltung und 3. Newton'sches Axiom) und auf Deutsch und Englisch verfügbar sind. Sie bestehen jeweils aus zwei Teilen. Der erste Teil erhebt Aspekte der Sachgerechtheit und überprüft somit, ob Probandinnen und Probanden in der Lage sind, eine fachlich vollständige und korrekte Erklärung zu geben. Dieser Teil wird mit geschlossenen Single-Select Items realisiert (etwa 15 Minuten). Der zweite Teil erhebt Aspekte des adressatengemäßen Erklärens (etwa 45 Minuten). Hier wird die Fähigkeit getestet, das Erklären an die Bedürfnisse der Adressaten zu adaptieren. Außerdem werden Strategien bei der Auswahl des Vorgehens sichtbar gemacht. Dazu werden zweistufige Items eingesetzt (vgl. z. B. Haagen-Schützenhöfer & Hopf 2014). Diese Items beginnen jeweils mit einer Videosequenz, in der die Lehrkraft einer Schülerin einen Teilaspekt des physikalischen Sachverhalts erklärt. Mit einer Nachfrage der Schülerin stoppt die Sequenz und der Proband muss in der ersten Stufe aus vier vorgegebenen Antworten diejenige auswählen, von der er glaubt, dass sie die beste Möglichkeit zum Fortfahren ist. Ein Zeitlimit zum Treffen der Entscheidung soll den Handlungsdruck einer realen Situation simulieren (Rehm & Bölsterli 2014). In der zweiten Stufe wird er dann gebeten, seine Auswahl zu begründen. Dafür kann aus vorgegebenen Begründungen gewählt werden, die bei der Testentwicklung aus Rückmeldungen im Freitext synthetisiert wurden. Anschließend wird der Dialog zwischen Lehrkraft und Schülerin im nächsten Video fortgeführt. Um eine hohe Authentizität sicherzustellen, wurden weitere Maßnahmen ergriffen. So handelt es sich sowohl bei den gezeigten Dialogen, als auch bei den Auswahlmöglichkeiten um Erklärungen, die bei Probanden beobachtet werden konnten, die am oben beschriebenen Performanztest teilgenommen haben. Die verschiedenen Items decken alle Aspekte des Erklärens nach Kulgemeyer (2013) ab.

Im Teil zum adressatengemäßen Erklären sind alle Antwortmöglichkeiten zur Fortführung der Videovignetten fachlich korrekt. Hauptaspekte bei der Festlegung der besten Antwort waren Hinweise aus der Literatur und die Äußerungen der Schülerin in den Videovignetten. In einem iterativen Prozess wurden die vier Antwortmöglichkeiten der ersten Stufe jedes Items anschließend von einer Expertengruppe (N=10, Physikdidaktiker) diskutiert und überarbeitet, bis ein Konsens über die beste Antwort gefunden wurde. In einer anschließenden Think-aloud Studie (N=9, Physiklehramtsstudierende und Physiklehrkräfte) wurde festgestellt, dass die Probanden mit ähnlichen Überlegungen zu den richtigen Antworten kamen wie die Experten. Ein Maß für adressatengemäßes Erklären ergibt sich bei diesem Teil des Tests aus dem Abgleich der Probandenauswahl mit der Expertenmeinung. Je höher die Übereinstimmung mit den Experten, desto besser das Ergebnis des Probanden. Die Ergebnisse aus der zweiten Stufe wurden bisher nicht bewertet sondern sollen zum Bilden von Typen verschiedener Erklärstrategien dienen.

Erste Ergebnisse aus dem Test „Impulserhaltung"

Zunächst wurde überprüft, inwieweit der Videovignettentest und der Performanztest dieselbe Fähigkeit messen. Dazu haben bislang N = 10 Testpersonen beide Tests absolviert. Die

Ergebnisse in beiden Testformaten korrelieren hoch ($\rho = 0.66$; $p = 0.02$). Diese Stichprobe soll auf 50 Datensätze vergrößert werden. Insgesamt wurde der Test bislang mit etwa 100 Probanden erprobt. Dabei handelte es sich um Physiklehramtsstudierende aus Deutschland und Australien, sowie Studienreferendare der Physik und Fachphysiker vom CERN (ehrenamtlich tätig als Besucherführer „Guides"). Über alle Datensätze konnte bisher lediglich eine Reliabilität von $\alpha = 0{,}41$ erreicht werden. In Tabelle 1 sind die prozentualen Ergebnisse aus dem Test zur Impulserhaltung, aufgeteilt nach sechs Kohorten jeweils für die Testteile Sachgerechtheit und Adressatengemäßheit, dargestellt. Die Unterschiede zwischen den grau und weiß hinterlegten Kohorten sind signifikant.

Sachgerechtheit

	Mittel in %
LA Uni 2 (DE)	63
Referendare	58
CERN Guides	57
LA Uni 4 (AU)	43
LA Uni 1 (DE)	40
LA Uni 3 (AU)	38

Adressatengemäßheit

	Mittel in %
LA Uni 3 (AU)	55
LA Uni 2 (DE)	53
Referendare	46
LA Uni 4 (AU)	45
LA Uni 1 (DE)	43
CERN Guides	42

Tabelle 1: Durchschn. prozentuale Ergebnisse des Tests. „LA Uni": Lehramtsstudierende der Physik von jeweils zwei deutschen („DE") und zwei australischen („AU") Universitäten. „Referendare": Studienreferendaren der Physik. „CERN Guides": Fachwissenschaftler des CERNs, die auch als Besucherführer tätig sind.

Es fällt auf, dass zwischen den beiden deutschen Standorten erhebliche Unterschiede in beiden Testteilen bestehen. Dies kann möglicherweise daran liegen, dass die unterschiedlichen Curricula zu unterschiedlichen Lernständen führten. Die Gruppe „CERN Guides" schneidet fachlich gut ab, hat aber offenbar Schwierigkeiten mit adressatengemäßen Aspekten des Erklärens. Beides lässt sich gut durch die Ausbildung (Fachphysik, keine didaktische Ausbildung) erklären. Eine der beiden australischen Kohorten schneidet fachlich sehr schlecht ab, nimmt beim adressatengemäßen Erklären jedoch den ersten Platz ein. Bei dieser Kohorte handelt es sich um Studierende, deren fachliche (Bachelor-)Ausbildung schon einige Jahre zurück liegt und nicht zwingend Physik als Schwerpunkt hatte. Diese Probanden waren nach ihrer Fachausbildung im Beruf tätig und haben anschließend ein weiterführendes Masterstudium zur Qualifikation als Physiklehrkraft aufgenommen, das offenbar wenig Lerngelegenheiten für physikalische Fachinhalte bietet, jedoch zu einer erfolgreichen Ausbildung mit Blick auf adressatengemäßes Erklären führt.

Ein weiterer interessanter Aspekt ist die Untersuchung von Begründungsstrategien verschiedener Kohorten hinsichtlich der Auswahl bestimmter Antworten. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen hier einen grundsätzlichen Unterschied in der Begründung zwischen Kohorten mit und ohne Lehramtsbezug. Probanden mit einem Lehramtsstudium begründen ihr Vorgehen hochsignifikant häufiger mit schülerzentrierten Aussagen (z. B. „ich wollte es für die Schülerin nicht so kompliziert ausdrücken"). Fachphysiker begründen hingegen hochsignifikant häufiger mit inhaltlichen Überlegungen (z. B. „ich wollte ein physikalisches Konzept verdeutlichen, das in den anderen Antworten nicht vorkommt"). Keine signifikanten Unterschiede finden sich hingegen bei der Berücksichtigung der fachlichen Korrektheit (z. B. „ich wollte den Sachverhalt physikalisch so korrekt wie möglich beschreiben").
Das hier vorgestellte Projekt ist auf drei Jahre angelegt und läuft noch bis Mitte 2018. Nächste Schritte sind die Erweiterung der Datenbasis zur Bestimmung der Korrelation zwischen den Ergebnissen aus Vignettentest und Performanztest sowie die Überarbeitung der Items zugunsten einer besseren Reliabilität.

Literatur

Aufschnaiter, C. von & Blömeke, S. (2010). Professionelle Kompetenz von (angehenden) Lehrkräften erfassen – Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 361–367.

Bartels, H. & Kulgemeyer, C. (2016). Entwicklung eines computerbasierten Testinstruments für Erklärfähigkeit. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG Frühjahrstagung*.

Beck, K., Landenberger, M. & Oser, F. (Hrsg.) (2016). *Technologiebasierte Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung; Ergebnisse aus der BMBF-Förderinitiative ASCOT:* W Bertelsmann Verlag.

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2014). Development of a two-tier test - instrument for geometrical optics. In Constantinou, C. (Hrsg.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research for Evidence - based Teaching and Coherent Learning*.

Hattie, J. (2009). *Visible learning,* London: Routledge.

Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2013). Students Explaining Science - Assessment of Science Communication Competence. *Research in Science Education*, *43*(6), 2235–2256.

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

Merzyn, G. (2005). Junge Lehrer im Referendariat. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*(1), 4–7.

Miller, G. (1990). The Assessment of Clinical Skills / Competence / Performance. *Journal of the Association of American Medical Colleges*, *65*(9), 63–67.

Neuweg, G.H. (2015). Kontextualisierte Kompetenzmessung. *Zeitschrift für Pädagogik*, *61*(3), 377–383.

Rehm, M. & Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 213–225). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Walters, K., Osborn, D. & Raven, P. (2005). The development, validity and reliability of a multimodality objective structured clinical examination in psychiatry. *Medical education*, *39*(3), 292–298.

Wilson, H. & Mant, J. (2011). What makes an exemplary teacher of science? The pupil's perspective. *School Science Review*, *93*(343), 121–125.

Winter, J.C.F. de, Dodou, D. & Mulder, M. (2012). Training Effectiveness of Whole Body Flight Simulator Motion. A Comprehensive Meta-Analysis. *The International Journal of Aviation Psychology*, *22*(2), 164–183.

Silke Mikelskis-Seifert Pädagogische Hochschule Freiburg
Martin Schwichow

Professionsorientierung durch Kohärenzerleben in der Physikdidaktik

Ausgangslage.
Mit dem Ziel, ein fundiertes und anwendbares Professionswissen bei Physikstudierenden aufzubauen, bedarf es verschiedener Änderungen im Lehramtsstudium. Zum Beispiel sollte eine explizite Vernetzung einzelner Wissensfacetten und eine Anwendung adäquater Lehr-Lernkonzeptionen in Praxissituationen erfolgen. Nach Shulmann (1987) werden diese Wissensfacetten mit fachwissenschaftlichen, fachdidaktischen und pädagogischem Wissen beschrieben. Dabei kann das fachdidaktische Wissen als eine Synthese von pädagogischen Wissen einerseits und Fachwissen andererseits verstanden werden (vgl. Borko & Putnam, 1996). Die Entwicklung eines angemessenen fachdidaktischen Wissens sollte sich an Forschungsbefunden orientieren aber auch auf der Basis einer Theorie-Praxis-Verzahnung stattfinden. Studierende erwarten von den Didaktikveranstaltungen, dass hier verstärkt die Konzipierung konkreter Unterrichtssituationen und weniger die Forschungsbefunde behandelt werden. Damit stehen derartige Lehrveranstaltungen in einem Spannungsfeld zwischen einer fundierten Einführung in die Physikdidaktik als empirische Bildungsforschung und einer von den Studierenden geforderten, stärkeren Fokussierung auf die Unterrichtspraxis. Ferner wurde festgestellt, dass das vorwiegend rezeptive Verhalten in traditionellen Lehrveranstaltungen sowie die fehlende Aufgeschlossenheit der Studierenden für die fachdidaktischen Analysen zur Unzufriedenheit bei Lehrenden und bei Lernenden beitragen.
Um die Studierenden bei ihren Erwartungen abzuholen und um dem vorwiegend rezeptiven Lernen traditioneller Didaktikvorlesungen entgegenzuwirken, bedarf es eines Veranstaltungsformates, das mehr Lernsituationen mit Praxisbezug beinhaltet. Eine Einführung in die Physikdidaktik wurde dementsprechend im Inverted Classroom Ansatz (vgl. Dinse de Salas, S., Spannagel, C. & Rohlfs, C. (2016)) entwickelt und nach Wirksamkeit untersucht. Durch ein Kohärenzerleben, eine horizontale Vernetzung fachwissenschaftlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Inhaltsbereiche, soll die oft nicht wahrgenommene Relevanz fachdidaktischen Wissens bei der Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht zunehmen. Dementsprechend werden in diesem Beitrag die Ergebnisse zur Wahrnehmung der Studierenden hinsichtlich der Bedeutsamkeit fachdidaktischer Konzepte für ihren späteren Berufsalltag diskutiert. Auch soll aufgezeigt werden, inwiefern sich die gesteigerte Motivation und das erwartete Kohärenzerleben bei den Studierenden beobachten lassen.

Die Physikdidaktik im Inverted Classroom Ansatz.
Um die zuvor skizzierte Ausgangslage zu verbessern, wurde ein Veranstaltungsformat entwickelt, das die Qualität des individuellen Lernens der Studierenden sichern und die stärkere Professionsorientierung ermöglichen soll. Die Studierenden erhalten einerseits einen Überblick über Fachdidaktik als Wissenschaftsdiziplin, anderseits werden sie exemplarisch in das fachdidaktische Denken und Arbeiten mit dem Fokus auf Unterrichtsplanung und –reflexion eingeführt. Dabei wird exemplarische eine Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaft – das Kohärenzerleben – angestrebt.
Die Umsetzung der kohärenten Lehre hat eine methodische Umstrukturierung hin zu selbstbestimmtem Lernen zur Folge. Über die Wahl des Inverted Classroom Ansatzes (vgl. z.B. Ebel, C., Manthey, L., Müter, J. & Spannagel, C. (2015), Fischer, M. & Spannagel, C. (2012)) werden die üblichen Aktivitäten innerhalb und außerhalb des Hörsaals während einer Lehrveranstaltung „umgedreht". Demzufolge sollen die Studierenden bestimmte fachdidaktische Inhalte asynchron, ortsunabhängig, individuell, selbstgesteuert und im eigenen Lerntempo anhand von digitalen Lernmaterialien erarbeiten. Hierzu stehen Videos zu Vorle-

sungsaufzeichnungen sowie digitale Skripte, Arbeitsaufträge für die Videos und weitere Materialien zur Verfügung. Die Präsenzzeiten dienen der gemeinsamen, interaktiven Vertiefung über Anwendungsaufgaben, Diskussion- oder Reflexionsrunden. Die Lernentwicklung der Studierenden wird über eine Diagnose begleitet. Zusammenfassend orientiert sich das für die Einführung in die Fachdidaktik vorgesehene Konzept an den Arbeiten der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. C. Spannagel von der PH Heidelberg und basiert auf drei Säulen, die die Studierenden auf unterschiedlichen Ebenen unterstützen und fördern: 1) Selbstlernphasen mit den digitalen Lernmaterialien; 2) Präsenzphasen mit den vielfältigen Anwendungen und Vertiefungen und 3) Diagnosephasen zum Monitoring der Lernleistungen zu Beginn, in der Mitte und am Ende des Semesters.

Forschungsfragen.
Die hier beschriebene Untersuchung verkörpert eine Wirksamkeitsstudie zum Motivations- und Kohärenzerleben der Studierenden. Durch die methodische Umstrukturierung hin zu selbstbestimmtem Lernen, in dem die Studierenden eine Vernetzung verschiedener Inhaltsreiche ihres Studiums sowie eine stärkere Praxisorientierung erfahren, soll eine höhere Motivation zum fachdidaktischen Denken und Arbeiten erreicht werden. 1) Inwiefern finden Studierende die umstrukturierte Einführung in die Physikdidaktik als motivierend? 1a) Wie schätzen die Studierenden das Autonomieerleben, die soziale Eingebundenheit sowie das Kompetenzerleben des Veranstaltungskonzeptes ein? 1b) Nehmen die unterschiedlichen Studierendenpopulationen das Lehrveranstaltungskonzept gleich motivierend wahr? 2) Inwieweit erleben die Studierenden Kohärenz innerhalb einer Lehrveranstaltung und zwischen Lehrveranstaltungen? 2a) Lassen sich Unterschiede in der Kohärenzwahrnehmung bei den verschiedenen Studierendenpopulationen beobachten? 2b) Inwieweit erleben die Studierenden die geschaffenen Querbezügen zwischen den verschiedenen Wissensbereichen?

Instrumente und Stichprobe.
Drei Kurse „Einführung in die Fachdidaktik“ mit 43 Studierenden (48,8% männlich; 51,2% weiblich) nahmen im Sommersemester 2017 an der Studie teil. Die Studierenden setzten sich zu 37,2% aus dem Primarstufenlehramt, zu 23,3% aus dem Sekundarstufenlehramt und zu 39,5% aus dem gymnasiales Lehramt zusammen. Bei allen Befragten handelt es sich um Bachelorstudierende.

Skala	N	α	M
Fachwissen Physik	15	0,91	0,59
Physikselbstkonzept	5	0,94	2,80
Wissen Bildungswissenschaften	7	0,80	2,66
Selbstkonzept Bildungswissenschaften	3	0,83	2,33
Lehrerzentrierte Perspektive	6	0,65	2,67
Schülerzentrierte Perspektive	6	0,66	3,11
Lernerorientierte Perspektive	5	0,67	3,54

Tabelle 1. Ergebnisse der Faktoren- und Reliabilitätsanalysen (N .. Anzahl der Items; α .. Reliablitätskoeffizient, M .. der Skalenmittelwert)

Im Vortest, der sich in drei Teilbereiche gliederte, wurden die Hintergrundvariablen der Studierenden erhoben (Tabelle 1). So wurden in Teil A die Studierenden einerseits zu ihrem Physikwissen und zu ihrem physikalischen Selbstkonzept befragt. In Teil B sollten sie ihre Kenntnisse aus den Bildungswissenschaften einschätzen. Der Teil C beschäftigt sich damit, wie aus Sicht der Studierenden gelernt und gelehrt werden sollte. Auf der Basis der Faktoren- und Reliabilitätsanalysen wurden Skalen gebildet. Bei der Analyse der Stichprobe hinsichtlich der Hintergrundvariablen konnten interessante Populationsunterschiede festgestellt werden (Abbil-

dung 1). Wie zu erwarten war, unterscheiden sich die Primarstufe im Fachwissen und im Physikselbstkonzept signifikant von den Sekundarstufen- und den Gymnasialstudierenden. Bemerkenswert sind die nicht vorhandenen Unterschiede zwischen den beiden letztgenannten Studierendengruppe in diesem Bereich. Im Bereich des Wissens in den Bildungswissenschaften sowie zum Selbstkonzept können keine signifikanten Populationsunterschiede beobachtet werden. Im Bereich des Lehrens und Lernens vertreten die Primarstufenstudierenden eine signifikant höhere Schüler- und eine geringere Lehrerzentrierung als die anderen Lehramtsstudierenden.

Abbildung 1. Stichprobenprofil zu den Hintergrundvariablen

Skalen	N	α	M
Berufsorientierung	4	0,78	3,48
Soziale Eingebundenheit	4	0,84	3,78
Autonomieerleben	3	0,58	3,29
Kompetenzerleben	4	0,71	3,17

Tabelle 2. Ergebnisse der Faktoren- und Reliabilitätsanalysen (N .. Anzahl der Items; α .. Reliablitätskoeffizient, M .. der Skalenmittelwert; alle anderen Skalen sind von 1 bis 4)

Im Nachtest wurden die Einschätzungen der Studierenden zur Motivation und Kohärenz erhoben. Der Motivationsfragebogen orientiert sich an der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (1993). Die Items sind den Bereichen Soziale Eingebundenheit, Autonomieerleben, Kompetenzerleben sowie Berufsorientierung zugeordnet. Die Faktoren- und Reliabilitätsanalysen ergaben sehr zufriedenstellende Ergebnisse (Tabelle 2). Um das Kohärenzerleben zu erfassen, wurden die Studierenden gebeten, einerseits die Vernetzungen innerhalb und andererseits Querbezüge zwischen Veranstaltungen einzuschätzen. So wurde das Kohärenzerleben innerhalb der Veranstaltung über eine Skala mit 5 Items und $\alpha = 0{,}60$ erfasst. Die Analyse der Querbezüge erfolgt über die Auswertung von Einzelitems.

Ausgewählte Ergebnisse und Interpretation.

Bei allen vier Skalen zur Motivation sind erfreulicherweise sehr hohe Skalenmittelwerte zu verzeichnen. Nichtsdestotrotz unterschieden sich die Studierenden hinsichtlich der wahrgenommenen sozialen Eingebundenheit ($F(2,40)=5{,}87$, $p<0.01$, $M_{Primar}=0.46$, $M_{Sekundar}=0.25$, $M_{Gym}=-0.57$) und des Autonomieerlebens ($F(2,40)=7{,}25$, $p<0.01$, $M_{Primar}=-0.55$, $M_{Sekundar}=0.80$, $M_{Gym}=0.44$). Die Unterschiede können vermutlich auf unterschiedliche Lernerfahrungen zurückgeführt werden. Während im gymnasialen Lehramt klassische Vorlesungen vorherrschen, überwiegen im Primarbereich Seminare mit kooperativen Lernformen. Entsprechend erleben Studierende der Primarstufe die Autonomie im Vergleich zu den anderen Lehramtsstudierenden weniger stark. Zusammenfassend stärkt die Einführung in die Fachdidaktik im Inverted Classroom Ansatz die Motivation der Studierenden, sich mit didaktischen Konzepten intensiv auseinanderzusetzen.

Beim Kohärenzerleben der Studierenden sind die Ergebnisse nicht so einheitlich. Während die Studierenden die Kohärenz innerhalb der Lehrveranstaltung weniger stark wahrnehmen, äußern sie doch deutlich die Querbezüge zwischen den Fachwissenschaften, der Fachdidaktik und den Bildungswissenschaften. Das lässt den Schluss zu, dass das Kohärenzerleben innerhalb einer Lehrveranstaltung ist nicht so stark ausgeprägt wahrgenommen wurde, wie es angestrebt wurde.

Literatur

Borko, H., & Putnam, R. T. (1996). Learning to Teach. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), Handbook of Educational Psychology (pp. 673-708). New York: Macmillan

Deci, E. & Ryan, M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. Z.f.Päd. 39(2). S.223-228.

Dinse de Salas, S., Spannagel, C. & Rohlfs, C. (2016). Lernen durch Lehren in Kombination mit Flipped Classroom. In: J. Haag & C. F. Freisleben-Teutscher (Hrsg.), Das Inverted Class-room Modell. Begleitband zur 5. Konferenz Inverted Classroom and Beyond 2016 (S. 35-43). Brunn am Gebirge: ikon Verlag

Ebel, C., Manthey, L., Müter, J. & Spannagel, C. (2015). "Flip your class!" - Ein entwicklungsorien-tiertes Forschungsprojekt an Berliner Schulen. In: Bertelsmann Stiftung (Hrsg.), Individuell fördern mit digitalen Medien (S. 310-331). Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung

Fischer, M. & Spannagel, C. (2012). Lernen mit Vorlesungsvideos in der umgedrehten Mathematikvorlesung. In J. Desel, J. M. Haake & C. Spannagel (Hrsg.), DeLFI 2012 – Die 10. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 225–236). Bonn: Köllen Druck+Verlag

Handke, J., Loviscach, J., Schäfer, A. M. & Spannagel, C. (2012). Inverted Classroom in der Pra-xis. In B. Berendt, B. Szczyrba & J. Wildt (Hrsg.), Neues Handbuch Hochschullehre (E 2.11, 1–18), Ergänzungslieferung 57, Dezember 2012. Berlin: Raabe

Lucius, K., Spannagel, J. und Spannagel, C. (2014). Hörsaalspiele im Flipped Classroom. In K. Rummler (Hrsg.), Lernräume gestalten – Bildungskontexte vielfältig denken (S. 363-376). Münster: Waxmann.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1-22

Spannagel, C. (2014). Flipped Classrooms: Raum für Interaktionen schaffen. In E. Klotmann, C. Köck, M. Lindner, N. Oberländer, J. Sucker & B. Winkler (Hrsg.), Der vhsMOOC 2013. Wecke den Riesen auf (S. 41-42). Bielefeld: wbv

Michaela Oettle[1] [1]PH Freiburg
Prof. Dr. Silke Mikelskis-Seifert[1] [2]Universität Freiburg
Prof. Dr. Markus Schumacher[2]

Modellierung des Professionswissens in der Elementarteilchenphysik

Das im Folgenden vorgestellte Projekt zielt auf eine Modellierung des Professionswissens ab, welches – in erster Linie von gymnasialen - Lehrkräften für den Unterricht teilchenphysikalischer Themen benötigt wird. Im Zuge der Modellierung soll insbesondere ein Einblick in die tiefere Struktur des Fachwissens als Teil des Professionswissens gegeben werden.

Motivation und Hintergrund

Prototypisch wurde an der Pädagogischen Hochschule Freiburg im WS 16/17 ein Lehrveranstaltungskonzept zur „Didaktik der Modernen Physik“ entwickelt, welches zur Steigerung der wahrgenommenen Kohärenz[1] zwischen fachlicher und fachdidaktischer Ausbildung bei den gymnasialen Physiklehramtsstudierenden der Universität Freiburg beitragen soll. Eine Vernetzung der fachwissenschaftlichen mit den fachdidaktischen Inhalten setzt jedoch zuerst u.a. eine professionsorientierte Beschreibung des Fachwissens voraus. Eine Beschreibung dieses Fachwissens, welches Lehrpersonen für den Unterricht besitzen sollten, liegt insbesondere für das Thema Teilchenphysik als Bereich der modernen Physik bislang nicht vor.
Teilchenphysik zu unterrichten kann in Folge der Komplexität und des fortgeschrittenen Niveaus des Themas innerhalb der Physik große Herausforderungen an die Lehrenden stellen. Das Professionswissen, welches Lehrpersonen für diese Aufgabe benötigen, wird als kognitiver Anteil im Modell Professioneller Handlungskompetenz (Baumert & Kunter, 2006) verortet. Wie in Abbildung 1 dargestellt, gliedert sich das Professionswissen, diesem Modell folgend, weiter auf in fünf sogenannte Wissensbereiche. Im Rahmen des vorgestellten Projektes wird ein Fokus auf die Untersuchung des fachwissenschaftlichen Teilbereichs gelegt.

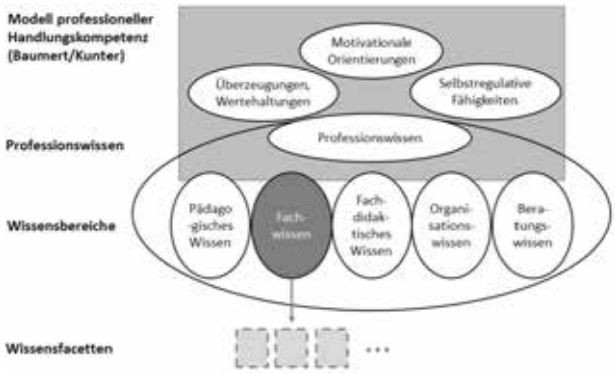


Abb.1: Verortung des Fachwissens im Modell Professioneller Handlungskompetenz

[1] Kohärenz wird in diesem Zusammenhang gemäß des Arbeitspapiers der Maßnahme „Lehrkohärenz“ des Freiburg Advanced Center of Education (FACE) definiert als *die Generierung von Lerngelegenheiten, bei welchen in vertikaler (Studienverlauf) und horizontaler Richtung (über Säulen hinweg) Bezüge geschaffen werden, die es den Studierenden ermöglichen, ihr Studium über die verschiedenen Lehrveranstaltungen hinweg sowohl strukturell als auch inhaltlich als zusammenhängend und sinnhaft zu erleben*.

Studien zur Konzeptualisierung des Fachwissens von Lehrpersonen bzw. von Lehramtsstudierenden in der Physik konzentrierten sich bisher vorwiegend auf die Benennung von Wissenskomponenten sowie auf die (empirische) Identifikation von Wissensniveaus (u.a. Riese et al., 2015). Während kürzlich auch weiter ausdifferenzierte Dimensionen wie die Hierarchische Komplexität dem Modell hinzugefügt wurden (Woitkowski & Riese, 2017), fokussierte sich die Forschung bislang hauptsächlich auf die Bereiche Mechanik und Elektrodynamik.
Für das Thema Teilchenphysik liegen noch keine Modellierungsergebnisse zum Fachwissen von Lehrpersonen vor. Infolgedessen wird im Rahmen dieses Projektes ein neues Modell für das Fachwissen entwickelt, mit dem Ziel, nicht nur eine Aufstellung der relevanten Themenbereiche zu geben, sondern eine tiefere inhaltliche Strukturierung und Vernetzung zu dokumentieren.

Forschungsdesign
Das Forschungsdesign für den ersten Schritt der Fachwissensmodellierung – die Bestimmung der relevanten Wissenskomponenten – lehnt sich an der Delphi-Methode an: In der ersten von mehreren konsekutiven Befragungsrunden werden internationale Expert*innen aus Forschung, Hochschullehre und Öffentlichkeitsarbeit gebeten, die ihrer Ansicht nach zentralen Konzepte (engl. *key concepts* bzw. *big ideas*) in der Teilchenphysik zu nennen, die relevant für den Schulunterricht sind. Methodisch wird hierzu ein Online-Fragebogen verwendet. Die offen formulierten Antworten der Expert*innen werden mithilfe einer induktiven qualitativen Inhaltsanalyse zu Kategorien und Unterkategorien zusammengefasst. Der auf diese Weise konstruierte erste Modellentwurf wird in der nächsten Delphi-Befragungsrunde dem gleichen Gremium vorgelegt mit der Bitte um Bewertung. Ziel dieser Runde ist eine Inhaltsvalidierung des gefundenen Kategoriensystems. Schließlich soll in einer dritten Runde mithilfe von Ratings ein Konsens unter den Expert*innen darüber gefunden werden, welche der Themen wirklich fundamental für das Fachwissen einer Lehrkraft sind.
Nach dieser Delphi-Befragung findet eine tiefergehende Analyse der Sachstruktur aufbauend auf den bislang rein begrifflich definierten (Unter-) Kategorien statt. Für diesen letzten Schritt bietet sich insbesondere die Methode des *Concept Mapping* mit Expert*innen an, um unter anderem Zusammenhänge und Teilstrukturen zu rekonstruieren.

Ergebnisse der ersten Befragungsrunde
In der ersten Delphi-Runde nahmen insgesamt 65 Expert*innen, darunter zwei Drittel deutsche, teil. Ungefähr die Hälfte der Teilnehmenden waren Professor*innen der experimentellen oder theoretischen Teilchenphysik, die andere Hälfte setzte sich zu je einem Viertel aus Fachdidaktiker*innen und Mitarbeitende in der Öffentlichkeitsarbeit zusammen. Die Teilnehmenden beschäftigen sich nach Selbstangabe durchschnittlich zu 20% ihrer Arbeitszeit mit außeruniversitärer Wissenschaftsvermittlung.
Die offen formulierten Angaben der Expert*innen wurden nach den Richtlinien einer zusammenfassenden induktiven Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) in Kategorien und Unterkategorien eingeordnet und diese wurden wiederum mit universitären Einführungslehrwerken in die Teilchenphysik (u.a. Griffiths (2011), Bleck-Neuhaus (2013), und Berger (2014)) abgeglichen.
Zur Überprüfung des Kategoriensystems wurden die Antworten von zwei unabhängigen Beurteilern kodiert, was in einer sehr hohen Interrater-Reliabilität resultierte (Cohens κ = 0.95). Häufigkeitsanalysen der von den Expert*innen genannten Aspekte wurden für eine erste Reduktion des Kategoriensystems verwendet. Als Resultat ergibt sich das in *Abbildung 2* gezeigte System von 10 Hauptkategorien (dunkelgrau unterlegt) und insgesamt 46 Unterkategorien (hellgrau unterlegt).

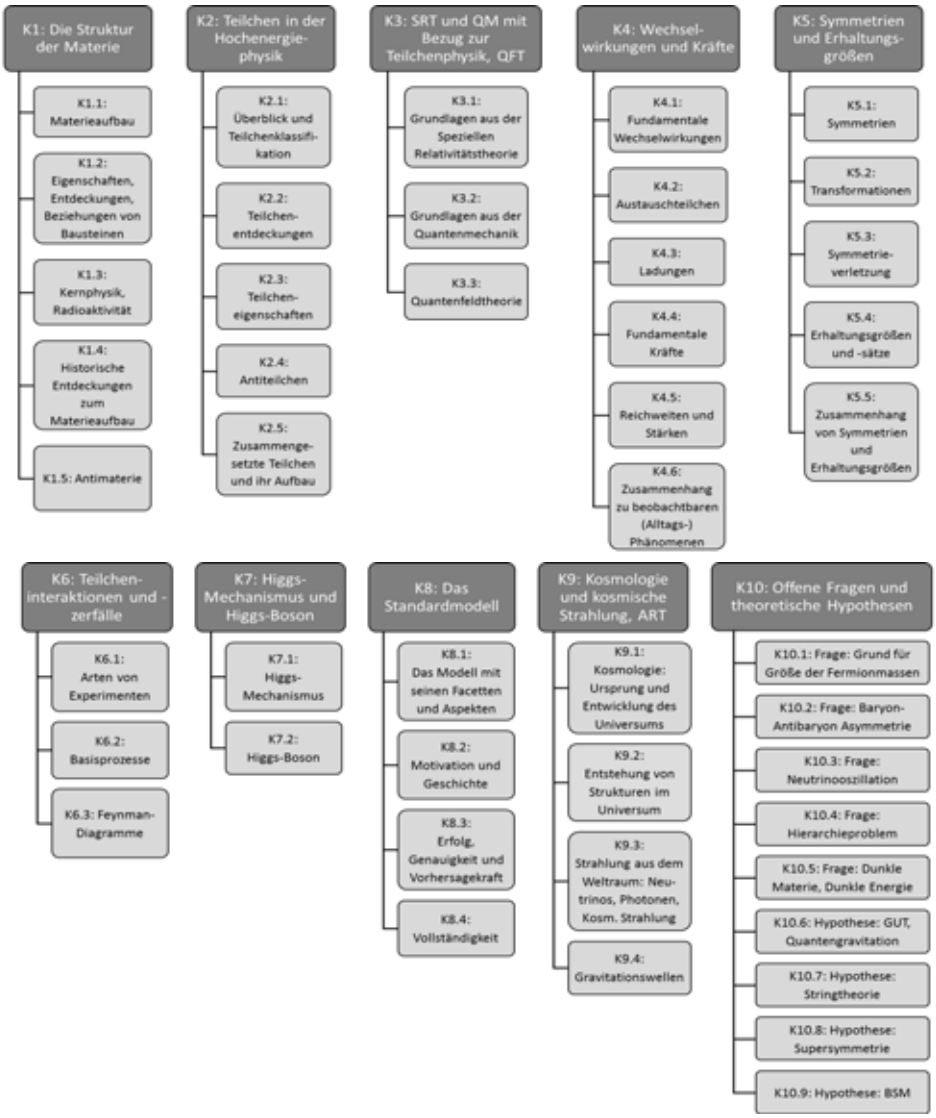


Abb.2: Reduziertes Kategoriensystem als erster Modellentwurf

Zusammenfassung und Ausblick

Der in Abb. 2 dargestellte Modellentwurf stellt einen ersten Schritt zur Modellierung des professionsorientierten Fachwissens für die Teilchenphysik dar. Dieser Entwurf wird, wie bereits beschrieben, nun zur Inhaltsvalidierung an die Expert*innen zurückgespiegelt.

Die endgültigen Modellierungsergebnisse sollen als Basis für die Entwicklung eines Testinstruments zur Erfassung des professionsorientierten Fachwissens von Lehrkräften im Bereich der Teilchenphysik dienen. Insbesondere kann das Forschungsdesign dieser strukturierenden Modellierungsstudie jedoch auch bei der Beschreibung des von Lehrpersonen benötigten professionsorientierten Fachwissens für naturwissenschaftliche Teilgebiete dienen, die neu in den Schulcurriculum aufgenommen werden.

Literatur

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

Berger, C. (2014). *Elementarteilchenphysik.* Berlin, Heidelberg: Springer.

Bleck-Neuhaus, J. (2013). *Elementare Teilchen* (2. Ausg.). Berlin; Heidelberg: Springer Spektrum.

Griffiths, D. J. (2011). *Introduction to Elementary Particles* (2. rev. Ausg.). Weinheim: Wiley-VCH.

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

Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., & Gramzow, Y. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. *Zeitschrift für Pädagogik*(Beiheft 61), S. 55–79.

Woitkowski, D., & Riese, J. (2017). Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveaumodells im physikalischen Fachwissen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN), 23*(1), S. 1-14.

Martina Brandenburger[1]
Silke Mikelskis-Seifert[1]
Peter Labudde[2]

[1]Pädagogische Hochschule Freiburg
[2]Pädagogische Hochschule Fachhochschule Nordwestschweiz

Wie kann Problemlösen kohärent gefördert werden?

Motivation. Problemlösen ist eine wesentliche Voraussetzung für das Handeln in allen Bereichen des Lebens: In einfachen Alltagssituationen, bei (natur-) wissenschaftlichen Fragestellungen oder bei komplexeren gesellschaftlich relevanten Problemen spielt das Lösen von Problemen eine Rolle. Im Rahmen der Lehrerprofessionalisierungsforschung ist das Problemlösen innerhalb der Förderung der fachbezogenen Kompetenzen von Lehrkräften zu verorten (vgl. Riese, 2009 in Anlehnung an Baumert / Kunter, 2006 und Blömeke et al., 2008). Von angehenden Lehrkräften ist zu erwarten, dass sie selbst erfolgreich Probleme lösen, um dies den Schülern später vermitteln zu können. Die täglichen Erfahrungen des Lehrbetriebs an Hochschulen machen jedoch deutlich, dass Teile der Lehramtsstudierenden große Schwierigkeiten haben, Probleme erfolgreich zu bearbeiten.
Die Diskrepanz zwischen der Wichtigkeit des erfolgreichen Problemlösens und den Schwierigkeiten, die Studierende haben, ist der Ausgangspunkt für die Forschungsfragen: Was unterscheidet „gute“ von „schlechten“ Problemlösern und wie können angehende Lehrkräfte angemessen und kohärent gefördert werden?

Was ist ein Problem? „Probleme“ sind alle Anforderungen, die das Analysieren und Schlussfolgern auf ein Ziel (oder eine „Lösung“) hin benötigen und Verständnis des bearbeiteten Themenbereichs voraussetzen (vgl. Smith, 1991).
Beispielproblem „Sprung an ein Seil“: Ein Student der Masse 75kg läuft mit einer Geschwindigkeit von 5m/s, greift ein an einem Baum herunterhängendes 2,5m langes Seil und schwingt sich hinaus über einen See. Er lässt das Seil los, wenn seine Geschwindigkeit 0m/s beträgt. Wie groß ist der Winkel zur senkrechten Ausgangsposition des Seils, wenn er das Seil loslässt (vgl. Giancoli, 2006)? Beim oben vorgestellten Problem handelt es sich um ein typisches „Lehrbuchproblem“. Solche Arten von Problemen stellen den Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit dar.

Bekannte Einflussfaktoren auf das Problemlösen. Aus der Forschung zum Problemlösen ist vor allem die Bedeutung des domänenspezifischen Fachwissens bekannt (vgl. z.B Smith, 1991; Friege, 2001). Aber auch kognitiv-emotionale Aspekte, wie z.B. das Selbstkonzept beeinflussen, wie gut Probleme gelöst werden können (vgl. z.B. Jonassen, 2000; Laukenmann et al., 2000). Von den genannten Einflussfaktoren spielt aus der Perspektive der Hochschullehre vor allem das Fachwissen eine große Rolle. Die übrigen Einflussfaktoren sind, auch aus dem Grund, dass das Problemlösen einen übergeordneten Charakter besitzt (vgl. z.B. auch Klieme et al., 2001), nicht an eine konkrete Veranstaltung gebunden. Somit wird die Notwendigkeit einer (horizontal) kohärenten Lehre deutlich, die beispielsweise das Selbstkonzept oder die Erfahrung der Studierenden über unterschiedliche Lehrveranstaltungen hinweg fördert.

Empirische Untersuchung. Mit Hilfe einer empirischen Untersuchung wurde dazu beigetragen, bereits bekannte Erkenntnisse aus der traditionsreichen Forschung zum Problemlösen zu bestätigen, zu quantifizieren und zueinander in Beziehung zu setzen. Es werden sowohl quantitative als auch qualitative Eigenschaften „guter“ und „schlechter“ Problemlöser herausgearbeitet, die als Grundlage zur gezielten und lehrveranstaltungsübergreifenden Förderung innerhalb der Lehramtsausbildung herangezogen werden können.

Der Erfolg beim Problemlösen wird mit einem speziellen Testheft-Design erhoben, das die Phasen des Problemlösens (vgl. Wissenszentriertes Problemlösen nach Friege, 2001) getrennt voneinander erhebt. Für den Problemlösetest wurden vier Probleme ausgewählt, die über die vier Phasen des Problemlösens (mit Überlappungen) durchrotiert werden, sodass insgesamt zwölf unterschiedliche Items zur Bearbeitung zur Verfügung stehen. Des Weiteren werden erobern: Angaben zur Person (z.B. Abiturnote, Erfahrung), Likert-Skalen zum Selbstkonzept und Interesse, Rasch-homogene Fachwissenstests zur Mathematik und zur Mechanik. Die Testzeit beträgt 90 Minuten. Die Instrumente und Ergebnisse sind in Brandenburger (2016) vollständig veröffentlicht.

Ergebnisse

Zum Selbstkonzept. Das Selbstkonzept wurde durch Skalen aufgeteilt nach den verschiedenen Phasen des Problemlösens erhoben ($.71 < \alpha < .87$). Die Studierenden schätzen sich grundsätzlich positiv ein. Eine Latente Klassenanalyse konnte zeigen, dass sich Gruppen von Studierenden mit ähnlichem Selbstkonzept über die Skalen hinweg finden lassen. Entsprechend wird für die weitere Auswertung der Mittelwert der Skalen zur Charakterisierung des Selbstkonzepts verwendet.

Skala	***M***	***SD***
SK Physik	2.86	0.53
SK Mathe	2.94	0.56
SK Problemlösen	2.70	0.50
SK Repräsentation	2.77	0.52
SK Lösungsweg	2.62	0.53
SK Lösung	3.18	0.47
SK Nachvollziehen	3.14	0.55

$N = 128$, Likert-Skalen von 1 bis 4

Tabelle 1 Skalen zum Selbstkonzept

Zum Problemlösen. Zum Vergleich von weniger erfolgreichen Problemlösern mit erfolgreicheren (Experten-Novizen-Vergleich) wurde aus der Rasch-Modellierung des Problemlösetests ein Kompetenzmodell entwickelt, das drei Stufen der Problemlösefähigkeit identifiziert. Die Stufen unterscheiden sich in quantitativer („Probleme immer besser lösen können") und in qualitativer Hinsicht („andere Arten von Problemen lösen können") voneinander.

Um einen Eindruck davon zu bekommen, ob die oben genannten Faktoren einen Einfluss auf den Erfolg beim Problemlösen haben, wurden die Mittelwerte der Probanden in den drei Stufen des Problemlösens zusammen in nebenstehenden Diagramm (Abb. 1) dargestellt. Es zeigt sich, dass erfolgreiche Problemlöser auf Stufe 3 in allen Bereichen überdurchschnittliche Werte erreichen. Bei den Personen aus Stufe 2 kann ein ähnliches Bild, nur etwas weniger ausgeprägt, beobachtet werden. Interessant sind die Ergebnisse der Studierenden aus Stufe 1, die Probleme nur ansatzweise lösen können. Diese zeigen zwar ähnliche Abiturnoten (in der Graphik umgepolt), besitzen jedoch ein wesentlich geringeres Selbstkonzept und weniger Fachwissen in Mathematik und Mechanik. Die Unterschiede zwischen guten und schlechten Problemlösern stehen im Einklang mit den Erwartungen aus den theoretischen Überlegungen. Es wird vor allem die Bedeutung des vorhandenen Fachwissens in Mechanik deutlich.

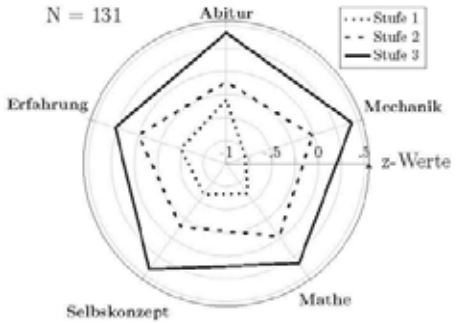


Abb. 1 Unterschiede Stufen Problemlösen

Ansatzpunkte für eine kohärente Förderung? Die erhobenen Einflussfaktoren (Selbstkonzept, Fachwissen Mechanik, Fachwissen Mathe, Erfahrung beim Problemlösen, Abiturnote) korrelieren alle mit dem Erfolg beim Problemlösen. Es ist nicht davon auszugehen, dass alle erhobenen Prädiktorvariablen direkt mit dem Erfolg beim Problemlösen in Beziehung stehen, sondern dass die Korrelationen über indirekte Effekte entstehen. Um indirekte Effekte

aufzudecken, wurden Mediationsanalysen durchgeführt. Bei der Abiturnote, bei der Erfahrung beim Problemlösen und beim Fachwissen in Mathematik zeigt sich, dass die Variablen nur indirekt über das Fachwissen in Mechanik wirken und in der Gegenwart des Physikwissens ihren signifikanten Einfluss auf die erreichte Punktzahl beim Problemlösen verlieren. Lediglich das Selbstkonzept behält einen „eigenen" Einfluss. Beim direkten Einfluss zeigt das Selbstkonzept einen ähnlich großen Effekt wie das Physikwissen (r = .42). Dieser Effekt wird abgeschwächt, dass das Selbstkonzept auch einen Einfluss auf das Physikwissen bzw. umgekehrt das Physikwissen einen Einfluss auf das Selbstkonzept hat. Wird das Fachwissen in Mechanik als Prädiktor in die Regression des Erfolgs beim Problemlösen aufgenommen, wird der Zusammenhang zwischen dem Selbstkonzept und dem Erfolg beim Problemlösen abgeschwächt (b_{SK} = 4.77, p = .017, b_{FWMech} = 0.20, p = .001, R^2 = .24). Die Abschwächung und damit der indirekte Effekt ist signifikant (β = 0.17, 95%KI [0.08; 0.28]) bei mittlerem Effekt (κ^2 = 0.16, 95%KI [0.08; 0.29] Sobel p = .001). Das Selbstkonzept bleibt als Prädiktor auch unter der Einbeziehung des Fachwissens Mechanik bedeutsam für die Vorhersage des Erfolgs beim Problemlösen, weshalb das Selbstkonzept und das Fachwissen Mechanik im Rahmen einer linearen Regression als Einflussfaktoren untersucht werden.

Wie im oberen Abschnitt dargelegt, wird der Erfolg beim Problemlösen lediglich von zwei Variablen, dem Fachwissen in Mechanik und dem Selbstkonzept, direkt beeinflusst. Zur Absicherung des Zusammenhangs wird mit diesen beiden Größen als unabhängige Variablen eine lineare Regression auf die erreichten Punkte beim Problemlösetest als abhängige Variable durchgeführt. Um zu prüfen, ob der Einschluss des Selbstkonzepts in die Regression zu einer signifikante Verbesserung des Modells führt, wurden zwei hierarchisch aufeinander aufbauende Regressionen berechnet. Die Modellparameter finden sich in neben stehender Tabelle. Modell 1 enthält das Fachwissen in Mechanik als einzigen Prädiktor. Das Modell erklärt 21% der vorhandenen Varianz (mittlerer Effekt). Durch die Aufnahmen des Selbstkonzepts in Modell 2 erhöht sich die Varianzerklärung auf 25% (F(1,125) = 6.6 signifikante Erhöhung mit p = .012), was einem mittlerem bis großem Effekt entspricht. Zum Vergleich des Einflusses der beiden Variablen werden die standardisierten Regressionskoeffizienten β verglichen. β_{FWMech} ist 0.33 und somit etwas höher als β_{SK} mit 0.23; der Einfluss des Fachwissens ist größer als der des Selbstkonzepts.

Modell 1	*b*	*SE b*	*β*	*p*
Konstante	2.58	0.42		.001
95% KI	[1.77; 3.41]			
FW Mechanik	0.27	0.05	0.45	.001
95% KI	[0.18; 0.37]			
R^2 = .21; F(1, 126) = 32.4; p = .000				

Modell 2	*b*	*SE b*	*β*	*p*
Konstante	-0.56	1.30		.661
95% KI	[-2.99; 2.03]			
FW Mechanik	0.20	0.05	0.33	.001
95% KI	[0.09; 0.31]			
Selbstkonzept	1.28	0.51	0.23	.017
95% KI	[0.23; 2.23]			
R^2 = .25; F(1, 125) = 20.2; p = .000				
	N = 128			

Tabelle 2 Lineare Regression

Abschluss. Die vorgestellten Ergebnisse zur Unterscheidung von „guten" und „schlechten" Problemlösern unterstreichen die Bedeutung des Fachwissens für erfolgreiches Problemlösen. Des Weiteren konnte das (problemlösebezogene) Selbstkonzept der Studierenden als unabhängiger Faktor identifiziert werden. Aus der Perspektive einer kohärenten Lehre bietet sich entsprechend die Förderung des Selbstkonzeptes über mehrere Lehrveranstaltungen hinweg an, um Studierende in der Ausbildung zu unterstützen. Auch bedarf es einer lehramtsübergreifenden Entwicklung der Problemlösefähigkeit bei Studierenden.

Literatur

Brandenburger, M. (2016): Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlosen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden. Berlin: Logos-Verlag.

Blömeke, S.; Kaiser, G.; Lehmann, R. (Hg.) (2008): Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer. Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare; erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung. Münster [u.a.]: Waxmann.

Brunner, M.; Kunter, M.; Krauss, S.; Klusmann, U.; Baumert, J.; Blum, W. et al. (2006): Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. Eine Zwischenbilanz des COAKTIV Projekts. In: Prenzel, M. Allolio-Näcke, L. (Hg.): Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster [u.a.]: Waxmann, S. 54–82.

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.

Giancoli, D. C. (2006): Physik. 3. Aufl. München [u.a]: Pearson Studium.

Jonassen, D. H. (2000): Toward a design theory of problem solving. In: ETR&D 48 (4), S. 63–85.

Klieme, E.; Funke, J.; Leutner, D.; Reimann, P.; Wirth, J. (2001): Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz? Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. In: Zeitschrift für Pädagogik 47, S. 179–200.

Laukenmann, M.; Bleicher, M.; Fuß, S.; Gläser-Zikuda, M.; Mayring, P.; von Rhöneck C. (2000): Eine Untersuchung zum Einfluss emotionaler Faktoren auf das Lernen im Physikunterricht. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 6, S. 139–155.

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

Smith, M. U. (1991): A View from Biology. In: Smith, M. U. (Hg.): Toward a unified theory of problem solving. Views from the content domains. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, S. 1–19.

Sönke Graf
Manuela Welzel-Breuer
Pädagogische Hochschule Heidelberg

Hypothesen zum Design internationaler Lehrerfortbildungen

Warum Lehrerfortbildungen im Naturwissenschaftskontext fokussiert werden sollten
Bildungswissenschaftliche Forschung im Bereich der beruflichen Weiterbildung ist ein recht junges Feld. Obschon der Bedarf an beruflicher Weiterbildung schon in den 1960ern konstatiert wurde (Murphy-Latta, 2008, S. 19), kann Einfluss nehmende Forschung erst ab dem Jahrtausendwechsel festgestellt werden. Ab ca. 2005 bis heute beginnt dann die Aufmerksamkeit stetig zu wachsen (Lipowsky & Rzejak, 2015, S. 26). Im Jahr 2007 dann wird berufliche Weiterbildung von Lehrkräften Teil offizieller EU Politik, über die Qualität von Lehrkräften heißt es: „...it is the most important within-school aspect explaining student performance (its effects are much larger than the effects of school organisation, leadership or financial conditions).“ (Commission of the European Communities, 2007, S. 3). Eine nähere Analyse der Teacher And Learning International Survey (TALIS) Forschungsdaten beider bisheriger TALIS Erhebungen gibt einen aufschlussreichen Überblick darüber, welche Formen der beruflichen Weiterbildung von Lehrkräften tatsächlich genutzt werden. Die Daten wurden hierbei erstmals für Naturwissenschaftslehrkräfte aus den originalen TALIS Daten (TALIS 2008 & TALIS 2013) (OECD, 2010, 2014) extrahiert:

Berufliche Weiterbildungsmaßnahme	Teilnehmende Lehrkräfte (im letzten Jahr) (LK)	Natur-wissenschafts-lehrkräfte (im letzten Jahr) (NLK)	Dauer Tage (LK/NLK) (im letzten Jahr)	Bewertete Effizienz moderat oder hoch (NLK)
Kurse & Workshops	71%	71%	8/10,6	80,8%
Bildungskonferenzen oder Seminare (Vorstellung eig. Forschungsergebnisse)	44%	44%	4/4,6	74,8%
Beobachtungsbesuche anderer Schulen	19%	20,6%	3/3,8	74,4%
Trainings in Firmen oder öffentlichen Organisationen	14%	17%	7/10,9	-
Beobachtungsbesuche in Firmen oder öffentlichen Organisationen	13%	15,5%	3/3,5	-
Informelle Gespräche mit Kollegen zur Verbesserung der Lehre	92,6% (18 Monate)	92,7% (18 Monate)	-	85,6%
Lesen von Fachliteratur	77,7% (18 Monate)	79,9% (18 Monate)	-	84,1%
Teilnahme an einem Netzwerk für die berufliche Weiterbildung von Lehrern	37%	38,9%	-	79,5%
Individuelle oder gemeinsame Forschung an einem Interessensgebiet von Lehrern	31%	34,4%	-	88,3%

Mentoring oder Beobachtung von Kollegen als Teil formaler Schularrangements	29%	33,3%	-	76,4%
Qualifikationsprogramme	18%	20,3%	-	87,3%

Bei näherer Betrachtung der Tabelle wird klar, dass nur drei berufliche Weiterbildungsmaßnahmen Teilnahmezahlen über 50% der befragten Lehrer haben. Die Umfrage ist repräsentativ und weist hiermit auch ein Stück den Weg für weitere Forschung in dem Bereich – die Datenlage spricht stark dafür, dass Kurse & Workshops sowie informelle Gespräche mit Kollegen zur Verbesserung der Lehre und die Nutzung von Fachliteratur am ehesten vielversprechende Ansatzpunkte für Forschung im Bereich der beruflichen Weiterbildung von Naturwissenschaftslehrkräften darstellen. Dies gilt auch im Hinblick auf die Datenlage im Bereich der bewerteten Effizienz der beruflichen Weiterbildungsmaßnahmen. Hier ist anzumerken, dass Qualifikationsprogramme sowie Forschungsprojekte in Interessensgebieten die Spitzenränge einnehmen und somit ebenfalls vielversprechende Ansatzpunkte für die Bildungsforschung darstellen. Als Konsequenz für Designs für Lehrerfortbildungen könnte eine fruchtbare Synthese der meistgenutzten beruflichen Weiterbildungsmaßnahmen stehen, welche durch Elemente anderer Weiterbildungsmaßnahmen ergänzt werden können, die wiederum als besonders effizient bewertet wurden.

Hindernisse zur Teilnahme an beruflicher Weiterbildung

Die TALIS-Befragungen liefern auch Daten zu Hindernissen, welche Lehrkräfte in ihrer Teilnahme an beruflichen Weiterbildungsmaßnahmen beeinträchtigen.

	Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Stimme zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme zu / Stimme voll und ganz zu
Berufliche Weiterbildung überschneidet sich mit der Arbeitszeit	15,43	34,12	37,64	12,81	**50,45**
Es gibt keine Anreize zur Teilnahme	14,87	36,4	33,31	15,42	48,73
Es ist zu teuer	21,15	36,53	32,62	9,7	42,32
Es gibt keine relevanten Weiterbildungsangebote	17,53	44,05	30,04	8,39	38,43
Es gibt einen Mangel an Unterstützung durch den Arbeitgeber	24,39	41,05	24,63	9,93	34,56
Ich habe keine Zeit aufgrund meiner Familie	23,68	41,79	27,18	7,35	**34,53**
Ich erfülle nicht die Vorbedingungen	60,16	29,11	7,82	2,9	10,72

Auch hier wurden erstmals die Daten für Naturwissenschaftslehrkräfte aus den Gesamtdaten von TALIS 2013 (OECD, 2014) extrahiert. Diese Daten müssen in künftigen Designs für Lehrerfortbildungen Berücksichtigung finden, um deren Nachhaltigkeit zu erhöhen. Die Befunde des Mangels an Zeit sind auch in anderen Arbeiten gefunden worden (z.B. Heise, 2009) und bestätigen sich hier ebenfalls für den naturwissenschaftlichen Bereich. Sie führen möglicherweise in vielen westeuropäischen Ländern dazu (Veröffentlichung folgt), dass Fortbildungsangebote für Lehrkräfte sich durch eine zeitliche Kürze auszeichnen, welche Verhaltensänderungen von Lehrkräften unwahrscheinlich erscheinen lassen (für Belege für Korrelationen zwischen Dauer einer Weiterbildungsmaßnahme und Schülerleistungen siehe auch Yoon, Duncan, Lee, Scarloss, & Shapley, 2007). Diese Situation kann durchaus als Zwickmühle verstanden werden: Dringende Weiterbildungsmaßnahmen bleiben aufgrund einer verkürzten Dauer möglicherweise weitgehend wirkungslos und sorgen ggf. dafür, dass sich innovativere oder auch effizientere Unterrichtsmethoden nicht etablieren können. Auch muss konstatiert werden, dass durch einen mangelnden Fokus auf den Kontext sowie die Gesamtsituation der beruflichen Weiterbildung (speziell auch der Lehrerfortbildung als der meistgenutzten formalen Weiterbildungsmaßnahme überhaupt) die Transfersituation der Bildungsforschung in einer überaus problematischen Situation befinden: Zwar kann die Bildungsforschung beeindruckende und auch relevante Forschungsergebnisse generieren, sie schafft es aber nur in Einzelfällen, nicht aber im großen Stil, diese in die Praxis zu transferieren. Es bleibt abzuwarten, ob die fachdidaktische Forschung in Zukunft verstärkt beginnt, die Funktionsweisen, die Effizienz aber auch die Bidirektionalität ihrer Schnittstellen in die Praxis aktiv in den Fokus zu nehmen.

Literatur

Commission of the European Communities. (2007). Improving the Quality of Teacher Education (Communication No. 392) (S. 16). Brussels: EC. Abgerufen von http://ec.europa.eu/education/com392_en.pdf

Heise, M. (2009). Informelles Lernen von Lehrkräften : ein Angebots-Nutzungs-Ansatz. Münster ;;München [u.a.]: Waxmann.

Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2015). Was wir über gelingende Lehrerfortbildungen wissen. Journal für LehrerInnenbildung, 2015(4), 26–32.

Murphy-Latta, T. (2008). A Comparative Study of Professional Development Utilizing the Missouri Commissioner's Award of Excellence and Indicators of Student Achievement. University of Missouri, Kansas City. Abgerufen von https://media.proquest.com/media/pq/classic/doc/1490082681/fmt/ai/rep/NPDF?cit%3Aauth=Murphy-Latta%2C+Terry&cit%3Atitle=A+comparative+study+of+professional+development+utilizing+the+...&cit%3Apub=ProQuest+Dissertations+and+Theses&cit%3Avol=&cit%3Aiss=&cit%3Apg=&cit%3Adate=2008&ic=true&cit%3Aprod=ProQuest&_a=ChgyMDE3MDgzMTE0MzkxOTM4MDo0MzMwNDMSBjEwMzcxOBoKT05FX1NFQVJDSCIOMTQ3LjE0Mi4xNTguMjEqBTE4NzUwMgkzMDQ2MTc5OTU6DURvY3VtZW50SW1hZ2VCATBSBk9ubGluZVoCRlRiA1BGVGoKMjAwOC8wMS8wMXIKMjAwOC8xMi8zMXoAggElUC0xMDA2NTIyLTExMzU2LUNVU1RPTUVSLW51bGwtMTEyMjUwOZIBBk9ubGluZcoBTk1vemlsbGEvNS4wIChXaW5kb3dzIE5UIDEwLjA7IFdpbjY0OyB4NjQ7IHJ2OjU1LjApIEdlY2tvLzIwMTAwMTAxIEZpcmVmb3gvNTUuMNIBFkRpc3NlcnRhdGlvbnMgJiBUaGVzZXOaAgdQcmVQYWlkqgIoT1M6RU1TLVBkZkRvY1ZpZXdCYXNlLWdldE1lZGlhVXJsRm9ySXRlbcoCE0Rpc3NlcnRhdGlvbi9UaGVzaXPSAgFZ4gIA8gIA&_s=IFhIL%2FFr%2FYF7Yx462puuqdHqLuo%3D

OECD. (2010, Oktober 15). Creating Effective Teaching and Learning Environments: First Results from TALIS - Chapter 3: The Professional Development of Teachers - Tables. OECD Publishing. Abgerufen von http://dx.doi.org/10.1787/607807256201

OECD. (2014). TALIS 2013 Results. OECD Publishing. Abgerufen von http://www.oecd-ilibrary.org/education/talis-2013-results_9789264196261-en

Yoon, K. S., Duncan, T., Lee, S. W.-Y., Scarloss, B., & Shapley, K. L. (2007). Reviewing the evidence on how teacher professional development affects student achievement (Issues & Answers Report, REL No. 033). Washington, DC: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Regional Educational Laboratory Southwest. Abgerufen von https://ies.ed.gov/ncee/edlabs/regions/southwest/pdf/REL_2007033.pdf

Verena Spatz
Laura Goldhorn

Didaktik der Physik,
Technische Universität Darmstadt

Mindsets im Fach Physik – eine Interviewstudie

Hintergrund

Physik gilt als schwieriges Fach. „Dafür hatte ich nie eine Begabung“ ist eine typische Reaktion in der Gesellschaft, die viele PhysikInnen kennen. Statt zwischen begabten und unbegabten Menschen zu unterscheiden, eröffnet Carol S. Dweck mit ihrer Forschung eine andere Perspektive auf die Problematik. Sie unterscheidet zwischen zwei Mindsets, die das Denken und Handeln prägen (Dweck, 2006): Personen mit einem **Fixed-Mindset** sind überzeugt, dass eine angeborene Begabung notwendig ist. SchülerInnen mit diesem Mindset nehmen Schule eher als Institution wahr, in der Leistungen getestet werden. Sie sind bemüht, möglichst clever zu wirken und meiden Herausforderungen, da sie die Gefahr des Scheiterns sehen. Anstrengung wird negativ erlebt, als Zeichen dafür, dass die Begabung fehlt. Personen mit einem **Growth-Mindset** dagegen sind überzeugt, dass es sich um erlernbare Fähigkeiten handelt. SchülerInnen mit diesem Mindset sehen Schule eher als Institution, in der Kompetenzen erworben werden. Sie sind bestrebt, an Herausforderungen zu wachsen. Anstrengung wird daher positiver empfunden; als Training, ähnlich wie im Sport.

Während die Untersuchungen von Dweck zeigen, dass zumindest in den USA die Verteilung von Fixed- und Growth-Mindset insgesamt etwa ausgewogen ist (je etwa 40 % Fixed- bzw. Growth-Mindset, etwa 20 % ohne eine eindeutige Zuordnung, Dweck, 2008), ergeben die Befunde zur geschlechtsspezifischen Einteilung kein einheitliches Bild. Anders als in der Studie von Dweck (2008) werden in er Studie von Gunderson, Gripshover, Romero, Dweck, Goldin-Meadow & Levine (2011) Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen berichtet.

Ein besonderer Aspekt der Theorie von Dweck besteht darin, dass sie es nicht bei der Typisierung belässt, sondern den veränderbaren Charakter der Mindsets betont. In mehreren Studien zeigt sich, dass es einen Einfluss auf die Ausbildung der Mindsets hat, wofür Kinder und Jugendliche gelobt werden (Cimpian, Arce, Markman & Dweck, 2007; Mueller & Dweck, 1998; Kamins & Dweck, 1999). Außerdem wurden positive Effekte durch gezielte sozial-psychologischen Interventionen (Yeager & Walton, 2011) nachgewiesen, bei denen unter anderem ein Growth-Mindset in Bezug auf allgemeine Intelligenz vermittelt wird (Good, Aronson & Inzlicht, 2003; Dar-Nimrod & Heine, 2006; Aronson, Fried & Good, 2002; Blackwell, Trzesniewski & Dweck, 2007).

Dabei ist jedoch fraglich, ob sich die Befunde zum Mindset in Bezug auf allgemeine Intelligenz uneingeschränkt auf die Vorstellungen zum Lernen in den MINT-Fächern übertragen lassen. Dweck selbst schreibt: „We have noted in our research that students tend to have more of a fixed view of math skills than of other intellectual skills” (Dweck, 2008, S. 2). Bei den vorliegenden Studien speziell zu Mathematik und Physik, werden lediglich die Fachnoten als Indikator genutzt, um den Effekt von Mindset-Interventionen zu messen (im Hochschulkontext z.B. Aguilar, Walton, & Wieman, 2014). Diese Ansätze basieren zwar auf der Theorie Dwecks, jedoch ohne die Charakteristika der Mindsets in Bezug auf Mathematik oder Physik näher zu untersuchen.

Fragestellung

Die hier präsentierte, explorative Studie geht daher den folgenden Forschungsfragen nach: *(F1) Lässt sich die Typisierung „Fixed-Mindset“ und „Growth-Mindset“ entsprechend der Theorie von C. S. Dweck bei SchülerInnen in Bezug auf Physik finden? (F2) Treten die Typen „Fixed-Mindset“ und „Growth-Mindset“ ggf. trennscharf auf oder gibt es Mischformen? (F3) Anhand welcher Merkmale ist ggf. eine Einteilung möglich?*

Methode

Die Grundlage für eine Charakterisierung von Mindsets im Rahmen des Physikunterrichts sind die individuellen Vorstellungen der Lernenden, wodurch eine gewisse Offenheit der Forschungsmethode gefordert wird. Aus diesem Grund werden themenzentrierte Einzelinterviews durchgeführt, welche auf einem einheitlichen Leitfaden beruhen.

Vor Beginn des eigentlichen Interviews wird eine gemeinsame Begriffsgrundlage geschaffen: „(angeborene) Begabung“ soll im Interview als genetisch determiniert verstanden werden. Als Beginn der Interviews bieten sich Fragen an, die sich direkt auf die eigene Person beziehen, z. B. „Interessiert dich Physik?“ oder „Wie schätzt du deine eigenen Leistungen in Physik ein?“. Es folgen Fragen dazu, ob die Lernenden eine sehr gute Bewertung im Fach Physik in der kommenden Klassenarbeit, im Abitur oder im Studium für möglich halten und warum, bzw. warum nicht. Im Verlauf des Interviews wird dann der Bezugsrahmen für diese Fragestellungen auf andere SchülerInnen der Klasse, auf erfolgreiche Physikerinnen und Physiker sowie andere Fächer erweitert.

Gemäß der Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) folgte auf die Datenerhebung eine Datenaufbereitung (Transkribieren, Paraphrasieren und Generalisieren der Interviews) und Datenauswertung (induktive Kategoriebildung durch Strukturieren der Aussagen). Um einen Bezug zu den Mindsets nach Dweck herzustellen, muss im nächsten Schritt eine Zuordnung der gefundenen Kategorien zum Fixed- oder zum Growth-Mindset vorgenommen werden. Der letzte Schritt ist schließlich die skalierende Einzelstrukturierung. Dabei werden die Aussagen eines jeden Interviews nochmals analysiert, um aus der Zuordnung der Kategorien zu den Mindsets ggf. eine Typisierung ableiten zu können (Mayring, 2015). Eine reine Häufigkeitsbetrachtung reicht dabei meist nicht aus, sodass eine Kontextanalyse hinzugezogen werden muss, die die Gewichtung der Aussagen erlaubt.

Ergebnisse

Im Mai 2017 wurden insgesamt N=12 Interviews mit Schülerinnen (4) und Schülern (8) der 9. Jahrgangsstufe des Gymnasialzweiges in Hessen durchgeführt. Aus diesen Interviews konnten sieben Hauptkategorien herausgearbeitet werden, die sich jeweils in Unterkategorien aufgliedern. Diese sind mit der jeweiligen Zuordnung zum Fixed-Mindset (FM) oder zum Growth-Mindset (GM) dargestellt. Außerdem ist angegeben, in wie vielen Interviews die einzelnen Kategorien jeweils auftraten:

- K1: Die Physikleistung lässt sich auf Lernen bzw. Anstrengung zurückführen (10 Int.)
  a) Durch Lernen kann man sich in Physik verbessern. b) Je mehr man lernt, desto besser wird man. c) Lernen fördert das Verstehen von Physik, was wiederum die Leistung verbessert. (alle GM)
- K2: Die Physikleistung lässt sich auf eine (angeborene) Begabung zurückführen. (11 Int.)
  a) Begabung wird vererbt. b) Wer eine Begabung für Physik hat, muss weniger lernen und versteht Physik schneller. c) Wer eine Begabung für Physik hat, kann neue Dinge schnell verstehen, verknüpfen und weiterdenken. (alle FM)
- K3: Um Physik zu lernen, braucht man eine Begabung. (5 Int.)
  a) Lernen verbessert zwar die Leistung, aber es gibt eine Grenze. b) Durch Lernen kann eine fehlende Begabung nicht ausgeglichen werden. c) Das Grundwissen/Schulwissen in Physik kann jeder lernen, aber darüber hinaus braucht man eine Begabung. (alle FM)
- K4: Jeder kann Physik lernen. (8 Int.)
  a) Jeder kann Physik lernen, wenn er sich das Ziel steckt. b) Fehlende Begabung kann durch mehr Lernen ausgeglichen werden. c) Mit mehr Lernaufwand kann jeder Physik-Leistungskurs oder ein Physikstudium schaffen. (alle GM)
- K5: Interesse für Physik verbessert die Leistung. (11 Int.)
  a) Wenn man sich dafür interessiert, kann man alles lernen. (GM), b) Wenn man sich für Physik interessiert, strengt man sich auch mehr an und lernt mehr. (GM), c) Interesse ist

angeboren und wird vererbt. (FM), d) Wenn man sich für Physik interessiert, fällt es einem leichter. (FM), e) Interesse bedeutet nicht, dass es einem leichtfällt. (GM)
- K6: Physik muss man verstehen. (11 Int.)
  a) Physik muss man nicht nur lernen, sondern auch verstehen. b) In Physik geht es um Zusammenhänge. c) Man braucht ein Grundverständnis, um Physik zu lernen. (alle FM)
- K7: Erfolg von Physikerinnen und Physikern. (12 Int.)
  a) Ehrgeiz führt zu Erfolg, weil man immer weitermacht. (GM), b) Man braucht eine Begabung, um so erfolgreich in Physik zu werden wie Albert Einstein. (FM), c) Die Kombination aus Begabung und Interesse führt zu Erfolg in Physik. (FM), d) Um Erfolg in Physik zu haben, muss man viel lernen. (GM)

Durch die skalierende Einzelstrukturierung konnten sieben der zwölf Interviews eindeutig als Fixed- (vier Lernende) bzw. Growth-Mindset (drei Lernende) identifiziert werden. Für die übrigen fünf Interviews wurden zwei Mischformen, „Mixed-Mindset mit Tendenz zum Fixed-Mindset“ (zwei Lernende) und „Mixed-Mindset mit Tendenz zum Growth-Mindset“ (drei Lernende) definiert. Solche SchülerInnen sprechen von einer Begabung, wobei für die Typisierung entscheiden war, inwiefern sich die Leistung nach Meinung der SchülerInnen dennoch durch Lernaufwand beeinflussen lässt.
Die erhobenen Personenmerkmale erlauben nun eine weitere Aufschlüsselung der Verteilung. Eine Darstellung der gefunden Mindset-Typen in Relation zum Geschlecht ergab sowohl bei den Jungen wie auch bei den Mädchen eine annähernd ausgewogene Verteilung. Eine Darstellung in Relation zur Physikleistung (gemäß der Selbsteinschätzung der SchülerInnen) ergab, dass bei den leistungsstarken bis mittelstarken interviewten Lernenden alle Mindset-Typen vertreten sind, während die beiden leistungsschwachen Lernenden als Mixed-Mindset mit Tendenz zu Fixed-Mindset bzw. als Fixed-Mindset typisiert wurden.

Diskussion
Zusammenfassend kann im Hinblick auf die Forschungsfragen F1-F3 festgehalten werden, dass mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse die induktive Bildung von sieben Kategorien K1-K7 möglich war. Diese lassen sich jeweils einem Mindset zuordnen, so dass sich *eine Typisierung „Fixed-Mindset“ und „Growth-Mindset“ entsprechend der Theorie von C. S. Dweck bei SchülerInnen in Bezug auf Physik finden lässt (F1), wobei auch Mischformen auftreten (F2). Die Einteilung ist anhand folgender Merkmale möglich (F3):*
- *Begabungsbegriff: Ist Begabung notwendig um Physik zu lernen (K3) und lässt sich die Leistung darauf zurückführen (K2?*
- *Lernaufwand Kann jeder Physik lernen (K4) und lässt sich die Leistung auf Lernen bzw. Anstrengung zurückführen (K1)?*
- *Interesse: Ist Interesse fürs Physiklernen wichtig? (K5)*
- *Verstehen: Ist Verstehen fürs Physiklernen wichtig? (K6)*
- *Erfolg: Womit lässt sich der Erfolg in Physik begründen? (K7)*

Dabei nehmen die Konzepte des Interesses (K5) und des Verstehens (K6) eine Sonderrolle ein, da diese Verknüpfung mit dem Mindset in der Literatur nicht explizit diskutiert wird. Hier wären mehr Interviews für eine verwertbare Analyse notwendig, ob es sich um physikspezifische Aspekte handelt. Auch die Befunde in Relation zum Geschlecht und zur Physikleistung wären in einer erweiterten Stichprobe zu überprüfen. Hierzu wird das entwickelte Kategoriensystem derzeit bei der Analyse von etwa dreißig weiteren Einzelinterviews auf seine Vollständigkeit und Aussagekraft hin überprüft.

Literatur

Aguilar, L.; Walton, G.; Wieman, C. (2014): Psychological insights for improved physics teaching, Physics Today, 67 (5), 43-49

Aronson, J.; Fried, C.; Good, C. (2002): Reducing the effects of stereotype threat on African American college students by shaping theories of intelligence, Journal of experimental Social Psychology, 38, 113-125

Blackwell L. A.; Trzesniewski, K. H.; Dweck, C. S. (2007): Theories of intelligence and achievement across the junior high school transition: A longitudinal study and an intervention, Child development, 78, 246-263

Cimpian, A.; Acre, H.-M.; Markmann, E. M.; Dweck, C. S. (2007): Subtle linguistic cues impact children's motivation, Psychological Science, 18, 314-316

Dar-Nimrod, I.; Heine, S. J. (2006): Exposure to scientific theories affects women's math performance, Science, 314, 435

Dweck, C. S. (2006): The new psychology of success, Random House, New York

Dweck, C. S. (2008): Mindsets and Math/Science Achievement. Carnegie Corporation, New York

Good, C.; Aronson, J.; Inzlicht, M. (2003): Improving Adolescents' standardized test performance: An intervention to reduce the effects of stereotype threat, Journal of Applied Developmental Psychology, 24, 645-662

Gunderson, E. A.; Gripshover, S. J.; Romero, C.; Dweck, C. S.; Goldin-Meadow, S.; Levine, S. C. (2011): Naturalistic variation in parent's praise and the formation of children's theories about trait stability, Paper presented at the Biennial Meeting of the Society of Research in child development, Motreal, Kanada 2011

Kamins, M.; Dweck, C. S. (1999): Person vs process praise and criticism: Implications for contingent self-worth and coping, Developmental Psychology, 35, 835-847

Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. (12., überarbeitete Auflage). Beltz: Weinheim und Basel

Mueller, C. M,; Dweck, C. S. (1998): Intelligence praise can undermine motivation and performance, Journal of Personality and Social Psychology, 75, 33-52

Yeager, D. S.; Walton, G. M. (2011): Social-Psychological Interventions in Education: They're Not Magic, Review of Educational Research, 81, 267-301

Alexander Franz Koch Pädagogische Hochschule FHNW

Perspektiven auf Schulführung und deren Relevanz für das Unterrichten

Einleitung

Führung gilt oft als Prozesses mit dem Ziel *Erfolg* (REFA, 1995). Den Erfolg gilt es zwischen Führenden und Geführten zu definieren, die Prozesse zur Erreichung obliegen der geführten Person. Damit sind im Führungshandeln motivationale, kommunikative, interaktive und auch partizipative Aspekte aufzugreifen, um indirekt erfolgswirksam zu werden. Bei zielorientierter Führung besteht damit eine gegenseitige Beeinflussung zwischen Hierarchieebenen (Neuberger, 2002) und dies kann durch die Interaktivität unterschiedlich wahrgenommen werden. In diesem Beitrag stellen wir die Frage, wie Schulleitungen konkret wirken. Diese Frage ist besonders bedeutsam, da sich nur selten ein empirischer Zugang zu diesen Zusammenhängen finden lässt (Huber & Niederhuber, 2004). Aus diesem Grund möchten wir die Organisationsforschung und die Schulforschung in einen gemeinsamen Kontext setzen.

Theorie

Laut Gfeller (2014) sind Schulleitungen essentiell für die Umsetzung von Innovation und Neuerung in Schulen, wie z. B. bei Schul-/ Unterrichtentwicklungsprojekten oder der Implementierung neuer Lehrpläne. Gründe hierfür sehen Huber und Ahlgrimm (2008) darin, dass Schulleitungen das Potenzial haben, kooperations- und transferförderliche Bedingungen zu schaffen, die die Lehrpersonen bei der Umsetzung von Innovation unterstützen. Das optimale Modell der hierarchieübergreifenden Unterstützung wird sowohl in der Organisationsforschung (z. B.: Blake, Mouton, & Bidwell, 1962; Gebert, 1995; Latham & Locke, 1995), als auch in der pädagogischen Forschung (z. B.: Gräsel & Parchmann, 2004; Hasselhorn, Köller, Maaz, & Zimmer, 2014) im aufgaben-personenorientierten top-down bottom-up Interaktionsprozess gesehen. Die Führung und all bisher angesprochenen Aspekt müssen jedoch stets im andragogischen Sinne verarbeitet werden. Die Andragogik hebt in geführten Entwicklungsprozessen bei Erwachsenen insbesondere die Lebens- und Berufserfahrung der geführten Personen, sowie deren Wunsch nach Selbstorganisation hervor (Knowles, 1979; Wittpoth, 2003). Unter Beachtung der oben genannten Aspekte betrifft Schulführung gesamthaft eine Personal-, Organisations- und Unterrichtsentwicklung (Hofmann, Hellmüller, & Hostettler, 2016), wobei die Leitung verantwortlich für die Wahrung und Entwicklung der Qualität ihrer Schule ist (Huber, 2017). Huber (2017, S. 38) gibt an, dass unter anderen, die folgenden Merkmale qualitativ gute Schulen auszeichnen:

- «professionelles Schulleitungshandeln … Mitbeteiligung anderer an Leitungsaufgaben … engagiertes Interesse für und um das, was im Unterricht geschieht»
- «Kollegialität und Zusammenarbeit»
- «an den Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler orientierter Unterricht»

Diese Liste lässt sich auf zwei Ebenen deuten: Schulführung und Lehrpersonen. Der Punkt zur professionellen Schulleitung kann auf der Ebene der Schulführung angesiedelt werden. Im Sinne einer interessierten, motivierenden Weiterentwicklung von Schule und Unterricht werden insbesondere das aktivierend/ motivierende und das partizipationsorientierte Führungsverhalten relevant (S. Koch, 2011). Die Kollegialität und Zusammenarbeit lässt sich auf der Ebene der Lehrpersonen ansiedeln und betrifft deren Austausch untereinander. Austausch und Kokonstruktion können dort als zentrale Verständigungsvariablen angesehen werden (Gräsel, Fussnagel, & Pröbstel, 2006). Die letzte Punkt der Liste betrifft ebenfalls die Lehrpersonen, allerdings in ihrer Eigenschaft als Unterrichtsdurchführende. Hier werden Prozesse relevant,

die die Planung und Organisation von konkretem Unterricht betreffen, zum Beispiel volitionale/ metakognitive Aspekte (Schellenbach-Zell, 2009) oder die konkrete Überzeugung der eigenen Unterrichtsdurchführung (A. F. Koch, Felchlin, Stübi, & Labudde, 2015).

In Bezug zur eingangs gestellten Frage, wie Schulleitung wirkt, stellen wir die oben genannten Variablen in eine Wirkbeziehung zueinander und fragen inwieweit eine partizipationsorientierte und motivationsorientierte Schulleitung auf die kollegiale Ebene der Schule wirkt bzw. auf die Unterrichtsebene durchschlagen kann. Zusammengefasst: Inwieweit beeinflusst eine partizipations- und motivierungsorientierte Schulführung unterrichtsnahe Prozesse?

Stichprobe und Methoden

Die Datengrundlage stammt aus dem Projekt Swiss Science Education – SWiSE-Schulen. Das Projekt wurde zwischen 2012 und 2015 systematisch evaluiert. Dabei wurde auch das Führungsverhalten von 69 Schulleitungen per Selbst- und Fremdeinschätzung erfragt. Die Fremdeinschätzung wurde durch ein bis zwei Lehrpersonen pro Schulleitung im naturwissenschaftlichen Unterricht durchgeführt. Der Bezug zu naturwissenschaftlichen Fächern ergibt sich aus der originären Projektanlage. Es liegen Fremdeinschätzungen von 159 Lehrpersonen vor. Alle Items des Fragebogens wurden von allen Personengruppen auf einem 4-stufigen Antwortformat (stimme nicht zu --- stimme zu) bearbeitet.

Für die Datenauswertung wurden die folgenden Zielvariablen in Bezug zur Schulleitung herangezogen: Aktivierend/ motivierendes Verhalten und partizipationsorientierte Führung. Insgesamt 15 Items, 6 zur Aktivierung/ Motivierung der Schulleitung, 9 zur Partizipationsorientierung der Schulleitung (alle identisch zu S. Koch, 2011), wurden von Lehrpersonen und Schulleitungen beantwortet. Für diese Daten liegen noch keine exploratorischen Auswertungen aus SWiSE vor. Die ersten Resultate werden hier im exploratorischen Ergebnisteil berichtet. Weiterhin wurden fünf Zielvariablen erfasst, die ausschliesslich durch die Lehrpersonen eingeschätzt wurden. Hierfür liegen bereits Dimensionierungen und psychometrische Kennwerte aus der SWiSE-Stichprobe vor (siehe A. F. Koch, Felchlin, & Labudde, 2016): Generelles Unterrichten (α=.82), Intention zur Implementierung von forsch.-entdeckend. Lernen (α=. 70), Austausch im Kollegium (α=.58), Kokonstruktion im Kollegium (α=.80), persönliche Unterrichtsplanung (α=.75).

Resultate

Ergebnisse der Datenexploration. Im ersten Schritt wurde die Sicht der Lehrpersonen (n=159) auf ihre Schulleitung anhand einer exploratorischen Hauptkomponentenanalyse (Varimax-Rotation, Kaiser-Kriterium) auf ihre inhaltliche Dimensionierung überprüft. Die 15 Items lassen sich auf 2 Dimensionen abbilden, die zusammen 53% der Gesamtvarianz erklären. Aktivierung/ Motivierung und Partizipationsorientierung trennen sich, wie es im Original nach S. Koch (2011) der Fall ist: Aktivierung/ Motivierung (α=.80, AM=3.09, SD=.53) bzw. Partizipationsorientierung (α=.90, AM=3.12, SD=.55). Die Korrelation der Dimensionen beträgt r=.69 und ist für $p<.01$ signifikant.

Die identische Analysemethode wurde bei den Selbstauskünften der Schulleitungen (n=69) angewendet (PCA, Varimax, Kaiser). Es ergibt sich eine 6-dimensionale Struktur der 15 Items bei einer Varianzerklärung von 65%. Eine genauere Inspektion zeigt, dass sich Aktivierung/ Motivierung und Partizipationsorientierung innerhalb der Dimensionen vermischen. Keine Dimension konnte hinreichend skaliert werden (alle $\alpha<.50$). Wendet man die Dimensionen aus Sicht der Lehrpersonen bei den Selbstauskünften der Schulleitungen an, zeigen sich eine Verbesserung der internen Konsistenzen, die jedoch auch unter den üblichen Schwellenwerten liegen: Aktivierung/ Motivierung (α=.58, AM=3.46, SD=.33) bzw. Partizipationsorientierung

(α=.49, AM=3.49, SD=.24). Die Korrelation der Dimensionen liegt r=.33, p<.01 und ist ebenfalls tiefer als bei den Fremdeinschätzungen.

Ergebnisse der linearen Regression. Für die weiteren Analysen zum Zusammenhang von Schulführung und kollegialen bzw. unterrichtsrelevanten Variablen wird das Resultat der Fremdeinschätzung verwendet. In der Tabelle 1 sind die Ergebnisse der linearen Regression zum Einfluss der Schulführung auf die Zielvariablen unter Berücksichtigung der Berufserfahrung der Lehrpersonen, deren Geschlecht sowie der Stufe auf der sie unterrichten (Primarstufe vs. Sekundarstufe 1). Die folgenden Ergebnisse sind hervorzuheben: Partizipationsorientierte Führung hat einen negativen Einfluss auf alle unterrichtspraktischen Variablen und keinen Einfluss auf die metakognitive Unterrichtsplanung der Lehrpersonen. Eine aktivierend/ motivierende Schulleitung beeinflusst kooperative Prozesse positiv, ebenso wie eine Implementierung von Innovation (hier: forschend-entdeckender Unterricht). Über alle Zielvariablen hinweg liegt die erklärte Varianz zwischen 9 und 15% und damit in einem ähnlichen Bereich wie von Huber (2017) zusammengefasst.

Tab.1: Ergebnisse der linearen Regression

Abh. Var.	**UT LP**	**IFE LP**	**AT LP**	**KK LP**	**UP LP**
Prädiktor	β	β	β	β	β
Konstante	3.72	3.82	3.33	2.26	3.08
Aktivierung/ Motivierung SL		.31**	.25*	.27*	
Partizipationsorientierung SL	-.22*	-.35**	-.27*	-.26*	
Berufserfahrung LP (Jahre)	-.21*		-.18*		
Geschlecht LP (0=männlich)					.25**
Stufe LP (0=Primar)	-.26**	-.27**			
$R^2_{adj.}$	.13	.15	.13	.09	.09

*SL= Schulleitung, LP= Lehrperson, UT= konstruktivistisches Unterrichten der Lehrperson, IFE = Intention zur Implementierung forschend-entdeckenden Lernens der Lehrperson, AT = Austausch zwischen den Lehrpersonen, KK= Kokonstruktion der Lehrpersonen, UP = Unterrichtsplanung (Metakognition) der Lehrperson, $^{+}p<.10$, *p<.05, **p<.01*

Diskussion

Die Zusammenfassung einzelner Aspekte von Schulführung unterscheiden sich je nach Perspektive deutlich in ihrer Binnendifferenzierung. Schulleitungen sehen ihr Handeln mehrdimensionaler als Lehrkräfte. Gemessen an der Sicht von Lehrkräften schätzen die Leitungspersonen alle Variablen höher ein. Der Führungsstil aus Sicht der Lehrpersonen hat direkte und bedeutsame Auswirkung auf nahezu alle unterrichtsbezogenen Variablen.

Aktivierend/ motivierende Führung hat positiven Einfluss auf kooperative Strukturen, hingegen scheint die Partizipationsorientierung eher als «Einmischen» gewertet zu werden, wodurch sich deren negative Wirkung erklären liesse. Erstaunlich ist ebenso die negative Wirkung der Berufserfahrung auf das konstruktivistische Unterrichten und den kollegialen Austausch. Auch hier könnten der Individualismus aber auch die Routinisierung der Lehrperson Erklärungsfaktoren darstellen. Theoretisch stellt sich eine eher transmissive Lehrüberzeugung ein, die dann auch nicht mehr in Austausch mit anderen, potentiell widersprüchlichen Auffassungen verteidigt werden möchte. Die fachdidaktische Bedeutung ergibt sich aus der Analysestichprobe: Schulführung kann starken und bedeutsamen Einfluss auf fachdidaktische Innovationsprozesse im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht haben. Interessant wäre ein Übertrag dieser Ergebnisse auf andere Fächer und Fachdidaktiken, sodass ein möglicher «Naturwissenschaftsbias» ausgeschlossen werden kann.

Literatur

Blake, R. R., Mouton, J. S., & Bidwell, A. C. (1962). Managerial grid. *Advanced Management-Office Executive, 1*(9), 12-15.

Gebert, D. (1995). Führung im MbO-Prozeß. In A. Kieser (Hrsg.), *Handwörterbuch der Führung.* (S. 426-436). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Gfeller, S. (2014). *Lehrplan 21 im Kontext der Weiterbildung.* Ringvorlesung "Schule im Umbruch": Pädagogische Hochschule Bern.

Gräsel, C., Fussnagel, K., & Pröbstel, C. (2006). Die Anregung von Lehrkräften zur Kooperation - eine Aufgabe für Sisyphos? *Zeitschrift Fur Padagogik, 52*(2), 205-219.

Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft, 32*, 238-256.

Hasselhorn, M., Köller, O., Maaz, K., & Zimmer, K. (2014). Implementation wirksamer Handlungskonzepte im Bildungsbereich als Forschungsaufgabe. *Psychologische Rundschau, 65*(3), 140-149.

Hofmann, H., Hellmüller, P., & Hostettler, U. (Hrsg.). (2016). *Schulleitung–Profession und Forschung*: hep.

Huber, S. G. (2017). Besonders belastete Schulen: Merkmale, Dynamiken und Entwicklungsmöglichkeiten. In V. Manitius & P. Dobbelstein (Hrsg.), *Schulentwicklungsarbeit in herausfordernden Lagen* (S. 36-63). Göttingen: Waxmann.

Huber, S. G., & Ahlgrimm, F. (2008). Was Lehrkräfte davon abhält zusammenzuarbeiten - Bedingungen für das Gelingen von Kooperation. *PraxisWissen Schulleitung, 81*, 1-14.

Huber, S. G., & Niederhuber, S. (2004). Schulleitung aus Sicht von Lehrkräften: Unwichtig - aber irgendwie doch wichtig... *Pädagogik, 7*(8), 44-47.

Knowles, M. (1979). *The Adult Learner: A Neglected Species*. Houston et al.: GPC.

Koch, A. F., Felchlin, I., & Labudde, P. (Hrsg.). (2016). *Naturwissenschaftliche Bildung fördern. Indikatoren und Zusammenhänge bei Entwicklungsprozessen in SWiSE.* Bern: Haupt.

Koch, A. F., Felchlin, I., Stübi, C., & Labudde, P. (2015). Handlungsnahe Kognitionen im Naturwissenschaftsunterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht.* (Vol. 35, S. 411-413). Kiel: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP).

Koch, S. (2011). Wo interagieren Führung und Organisation? Eine quantitative Analyse des Bedingungs- bzw. Wirkungsgefüges von Schulleitung. In M. Göhlich, S. M. Weber, C. Schiersmann, & A. Schröer (Hrsg.), *Organisation und Führung. Beiträge der Kommission Organisationspädagogik.* (Vol. 11, S. 55-66). Wiesbaden: VS Verlag.

Latham, G. P., & Locke, E. A. (1995). Zielsetzung als Führungsaufgabe. In A. Kieser (Hrsg.), *Handwörterbuch der Führung.* (S. 2222-2234). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Neuberger, O. (2002). *Führen und führen lassen. Ansätze, Ergebnisse und Kritik der Führungsforschung mit zahlreichen Tabellen und Übersichten*. Stuttgart: Lucius und Lucius %@ 9783825222345.

REFA (Hrsg.) (1995). *Den Erfolg vereinbaren. Führen mit Zielvereinbarungen*. Leipzig: Fachbuchverlag.

Schellenbach-Zell, J. (2009). *Motivation und Volition von Lehrkräften in Schulinnovationsprojekten.* Wuppertal: Elektronische Dissertation.

Wittpoth, J. r. (2003). *Einführung in die Erwachsenenbildung*. Opladen: Budrich.

Marcus Bohn Pädagogische Hochschule Heidelberg
Manuela Welzel-Breuer

Das Erkenntnis- und Selbstständigkeitsstreben begabter Kinder fördern

Motivation und Zielsetzung der Studie:
Die Kultusministerkonferenz setzt mit ihrem Beschluss vom 11.06.2015 die „Notwendigkeit, die Förderung von leistungsstarken und potenziell leistungsfähigen Schülerinnen und Schülern zu verbessern." (KMK, 2015, S. 3) fest. Das Ziel der Förderstrategie ist es, „Möglichkeiten für eine Optimierung der Lernbedingungen (…) aufzuzeigen durch Maßnahmen, die den spezifischen Anforderungen dieser Gruppe (…) gerecht werden." (KMK, 2015, S. 3).
Unsere Studie versteht sich als wissenschaftliche Forschung mit der Ausrichtung, die Lernkontextbedingungen besonders und hoch begabter Grundschulkinder innerhalb naturwissenschaftlicher Lernumgebungen hinsichtlich ihrer motivationalen Ausgestaltung zu untersuchen und Faktoren zu deren Optimierung zu formulieren. Konkret fokussieren wir dabei auf das Streben hochbegabter Kinder nach Erkenntnis und Selbstständigkeit, das als Basismotiv produktiver Lerntätigkeiten (Lehwald 2017, S.19), wie diese in den Naturwissenschaftsdidaktiken typischerweise angesprochen werden, wirkt. Ziel der Studie ist es daher Faktoren herauszustellen, die ein Selbstständigkeits- und Erkenntnisstreben innerhalb naturwissenschaftlicher Lernkontexte bei diesen Kindern fördern.

Theoretischer Hintergrund:
Alle aktuellen psychologischen Begabungsmodelle bestätigen der Motivation, insbesondere in ihrer Situiertheit eine wichtige Rolle, für den Entwicklungsprozess von einer (Hoch-) Begabung hin zu einer (Hoch-) Leistung.[1] In dem Münchner Hochbegabungsmodell nach Heller wird dieser motivationale Aspekt als Moderator angenommen (vgl. Heller, 2001, S. 24), wobei jener Moderator anhand des Fragebogens Erkenntnisstreben (FES) (vgl. Lehwald, 1981 (1)) ermittelt werden kann. Das Erkenntnisstreben selbst ist laut Lehwald der motivationale Faktor, der neben dem Faktor der kognitiven Fähigkeit, das kognitive Selbstständigkeitsstreben bestimmt (vgl. Lehwald, 1981 (2), 1985, 2009, Lehwald & Paternostro, 2010). Dieses kognitive Selbstständigkeitsstreben ist als prozesshafte Aktivität zu verstehen, die eine Person eingeht, um ihre geistige Selbstständigkeit zu erweitern. Lehwald beschreibt die geistige Selbstständigkeit als Erkenntnisselbstständigkeit, die als eine von vielen Aspekten der Selbstständigkeit definiert ist, wie beispielsweise auch die soziale Selbstständigkeit (Lehwald, 1981 (1), S. 326). Selbstständigkeit ist also nicht als singuläre Größe zu verstehen, sondern besitzt viele verschiedene Erscheinungsformen, die jeweils unterschiedlich ausgeprägt sein und von der Person erweitert werden können.
Das Erkenntnisstreben als Motivation, die kognitive Selbstständigkeit zu erweitern, ist laut Lehwald als „eine Form der (habituellen) Motiviertheit" (Lehwald, 1985, S. 38) aufzufassen, wodurch das Erkenntnisstreben zu einem Persönlichkeitsmerkmal wird, welches insbesondere bei besonders und hoch begabten Kindern in hohem Maße vorhanden ist.
Das Persönlichkeitsmerkmal findet sich ebenso in Trautmanns Modell zur Hochbegabung als fundamentaler Bestandteil wieder. Trautmann beschreibt in seinem Mikadomodell, dass Hochbegabung als geistige Disposition in einem besonders oder hoch begabten Kind angelegt ist. Diese Anlage speist gemeinsam mit der Umwelt und dem sich entwickelnden Ich des Kindes die Entwicklung dessen Persönlichkeitsmerkmale, unter anderem auch des

[1] Siehe bspw. die Begabungsmodelle von Mönks, Gagné (in Feger & Prado, 1998) oder auch Ziegler und Perleth (1997).

Erkenntnisstrebens. Darauf aufbauend geht Trautmann von der Idee aus, dass die einzelnen Persönlichkeitsmerkmale einzelnen Mikadostäben gleichen, sich in differenten Kombinationen darstellen können, da sich einzelne dieser Merkmale überlagern oder gar verdecken, so dass vorhandene Potentiale nicht ausgelebt werden. Eine positive Kombination, die sich innerhalb einer förderlichen Umgebung wiederfindet, führt zu einer Übertragung der angelegten Hochbegabung in eine tatsächliche Hochleistung. Dabei versteht Trautmann unter der Umgebung sowohl die Familie als auch die Peers, die Medien und insbesondere die Schule. Darüber hinaus spricht Trautmann dieser Umgebung die Möglichkeit zu, die Lage der Mikadostäbe auch nachträglich verändern zu können und damit förderlich auf die Kombination der Persönlichkeitsmerkmale einzuwirken (vgl. Trautmann, 2008). Daher lässt sich Trautmanns Mikadomodell als ein pädagogisch-interventionistisches Modell der Hochbegabung auffassen. Versteht man die Interventionsmöglichkeit der Umgebung als interaktionistische Auseinandersetzung mit dem Kind, zeigt sich ein weiterer Überschneidungspunkt der beiden Theorien. Denn ausgehend von einem konstruktivistischen Lernverständnis, beschreibt Lehwald den Lernprozess als situative Interaktion, welche sich „als gegenseitiger Beeinflussungsprozeß“ (Lehwald 1985, S. 19) darstellt, wodurch das Streben nach Erkenntnis als „Basismotiv produktiver Lerntätigkeiten“ (Lehwald, 2017, S.19) in der Wechselwirkung (Transaktion) mit Situationsvariablen (Lehwald 1985, S. 19) erkennbar und in einer wissenschaftlichen Studie untersuchbar wird. Aufgrund des Zusammenhangs von Selbstständigkeit und Erkenntnisstreben sprechen wir von einem Streben nach Erkenntnis und Selbstständigkeit.

Forschungsfragen:
Um die Lernkontextbedingungen besonders und hoch begabter Grundschulkinder innerhalb naturwissenschaftlicher Lernumgebungen hinsichtlich ihrer motivationalen Ausgestaltung zu untersuchen und Faktoren zu deren Optimierung zu formulieren, ist es der Theorie folgend notwendig, nach einzelnen, situativen Interaktionen, die sich als Wechselwirkungen zwischen Kind und Lernkontext darstellen, zu suchen und diese zu analysieren. Dazu werden die drei folgenden Fragen nacheinander bearbeitet: 1) In welchen Äußerungen bzw. Aktionen zeigt sich das Streben der Kinder nach Erkenntnis und Selbstständigkeit? 2) In welchen der in 1) gefundenen Fälle sind welche Interventionen des Lernkontextes sichtbar? 3) Welche Reaktionen des Kindes auf die Intervention des Lernkontextes können beobachtet werden? Anschließend sollte es möglich sein, die beobachteten Interventionen anhand der Reaktionen der Kinder zu beurteilen und empirisch solche Faktoren abzuleiten, die ein Streben nach Erkenntnis und Selbstständigkeit fördern.

Forschungsdesign und -methodik:
Die Studie ist als qualitative Videostudie[2] angelegt, die ihr Datenmaterial aus dem Feld bezieht, den naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften der Kinderakademie Mannheim, einem Verein zur Förderung getesteter besonders und hochbegabter Grundschulkinder. Das Design der Studie orientiert sich an Saldana (2009) und seinem Schema zum Aufbau einer qualitativen Studie, wobei dieses um den Aspekt einer deduktiven Kategorienbildung erweitert wurde, um der angesprochenen Theorie Lehwalds Rechnung zu tragen.
Das gesamte Videomaterial wird in einem Zwei-Ebenen-Verfahren analysiert, bei welchem die Makroanalyse die Fragestellung 1) bezogen auf das Streben der Kinder beantwortet, während die Mikroanalyse die Fragen 2) nach der Intervention des Lernkontextes und 3) nach der Reaktion des Kindes klärt, um abschließend die förderlichen Faktoren herausstellen zu können (siehe Abb. 1).

[2] Zu Vorgehen und Aufbau siehe: Jewitt, C. (2012). Seidel, T., Dalehefte, I. M., Meyer, L. (2005).

Abb.1: Design der Studie

Auf der ersten Ebene werden die Situationen aus dem Datenmaterial gefiltert, die ein Streben der Kinder zeigen. Dazu werden, in Anlehnung an Lehwalds Fragebogen Erkenntnisstreben (FES) Codes zur Videobetrachtung entwickelt, um ein kategoriengeleitetes Event-Sampling-Verfahren durchzuführen. Drei Coder, die mithilfe des erstellten Manuals und an einem von drei Videos aus der Pilotphase geschult werden, sequenzieren und codieren das videografierte Datenmaterial in Echtzeit (vgl. Niedderer et al., 1998, Fischer & Neumann, 2012). Aufgrund der schwer zu erreichenden Übereinstimmung beim Sequenzieren und Codieren von Videos, was auch die Analyse aus der Pilotphase bestätigt, haben wir uns gegen eine Berechnung der Intercoderreliabilität und für die Validierung jeder einzelnen Strebenscodierung durch alle drei Coder entschieden. Aus der Hauptphase werden allen drei Codern jeweils vier Videos zur Analyse vorgelegt und alle Codierungen gemeinschaftlich validiert. Diejenigen Strebenssituationen, die eine Interaktion mit dem Lernkontext dergestalt besitzen, dass es eine Intervention und eine Reaktion gibt, werden der Mikroanalyse zugeführt. In der Mikroanalyse, werden diese Interaktionen in ihren einzelnen drei Sequenzen dokumentiert (vgl. Dinkelaker & Herrle, 2009, Knoblauch, 2004) und mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (vgl. Mayring, 2000, 2015) analysiert, wobei der Fokus auf der Reaktion der Kinder liegt, um einen Rückschluss auf die Wirkung der Intervention ziehen zu können.

Stand der Studie und erste Ergebnisse:

Nach der Makroanalyse konnten fast 3000 Strebenssituationen anhand von 32 Codes, der entwickelten 47 Codes des Manuals beobachtet werden. Ein hoher Anteil davon entfällt auf nur einen Code, weshalb wir diesen derzeit weiter in Subcodes ausdifferenzieren. Bisher können 114 Strebenssituationen mit Interaktionsfortführung in der Mikroanalyse inhaltsanalytisch untersucht werden. Hier zeigt sich, dass es bei 53 Interventionen zu einer Fortführung des Strebens kommt. Bei 46 Interventionen lässt sich kein weiteres Streben, jedoch eine Weiterarbeit an der momentanen Aufgabe beobachten. In nur 15 Fällen führt eine Interventionen zu einem kompletten Abbruch der Aktivität des Kindes. Zu einem solchen Abbruch kommt es beispielsweise in allen Fällen, in denen ein Kind im Umgang mit Material oder Ähnlichem zurechtgewiesen wird, was auf einen Wunsch nach selbstständigem Experimentiervorgehen schließen lässt. Außerdem zeigt sich, dass viele Strebenssituationen einzelnen Phasen naturwissenschaftlichen Arbeitens zugeordnet werden können, auch wenn diese nicht in der Sitzung der Arbeitsgemeinschaft vorkommen bzw. nicht in derartiger Ausprägung gefordert sind. Das heißt, dass sich das Selbstständigkeits- und Erkenntnisstreben besonders und hoch begabter Kinder in naturwissenschaftlichen Lernkontexten häufig als wissenschaftliches Arbeiten darstellt, was bereits durch ein darauf ausgerichtetes Angebot und Verständnis gefördert werden kann.

Literatur:

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

Fischer, H. E., Neumann, K. (2012). Video Analysis As A Tool For Understanding Science Instruction. In: Jorde, D., Dillon, J. (Hrsg.). Science Education Research and Practice in Europe Retrospective and Prospectiv. Rotterdam. Sense Publishers, S. 115-140
Volume 5 of the series Cultural Perpectives in Science Education pp 115-139

Heller, K. A. (2001). Hochbegabung im Kindes- und Jugendalter. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Göttingen: Hogrefe

Jewitt, C. (2012). An Introduction to Using Video for Research. NCRM Working Paper. NCRM. (unveröffentlicht). http://eprints.ncrm.ac.uk/2259/4/NCRM_workingpaper_0312.pdf

KMK, (2015). Förderstrategie für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 11.06.2015). http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/350-KMK-TOP-011-Fu-Leistungsstarke_-_neu.pdf

Knoblauch, H. (2004). Die Video-Interaktions-Analyse. In: Sozialer Sinn 5 (2004). 1. S. 123-138. http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-7571

Lehwald, G. (1981) (1). Verfahren zur Untersuchung der Selbstständigkeit bei Leistungsanforderungen – Skala „schöpferische Tätigkeiten“ (SST). In: Guthke, Witzlack (Hrsg.) Zur Psychodiagnostik von Persönlichkeitsqualitäten bei Schülern. Beiträge zur Psychologie, Band 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 323 - 344

Lehwald, G. (1981) (2). Verfahren zur Untersuchung des Erkenntnisstrebens. In: Guthke, Witzlack (Hrsg.) Zur Psychodiagnostik von Persönlichkeitsqualitäten bei Schülern. Beiträge zur Psychologie, Band 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag, 345 - 427

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_2 small.pdf. 26. Juni 2015

Lehwald, G. (2017). Motivation trifft Begabung. Begabte Kinder und Jugendliche verstehen und gezielt fördern. Bern: Hogrefe Verlag

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

Mayring, Ph. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Research [Online Journal], 1(2). http://qualitative-research.net/fqs/fqs-d/2-00inhalt-d.htm

Mayring, Ph. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12. überarbeitete Auflage. Weinheim und Basel: Beltz 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.

Saldana, J. (2009). The Coding Manual for Qualitative Researchers. 3. Edition. London: SAGE Publications Ltd

Seidel, T., Dalehefte, I. M., Meyer, L. (2005). „Das ist mir in der Stunde gar nicht aufgefallen…“ – Szenarien zur Analyse von Unterrichtsaufzeichnungen. In: Welzel, M., Stadler, H. (Hrsg.) „Nimm doch mal die Kamera!“ Zur Nutzung von Videos in der Lehrerbildung – Beispiele und Empfehlungen aus den Naturwissenschaften. Münster: Waxmann, 133 - 154

Trautmann, T. (2008). Hochbegabt - was n(t)un? Hilfen und Überlegungen zum Umgang mit Kindern. Reihe: Hochbegabte, Bd. 6. 2. Auflage. Berlin: LIT Verlag

Ziegler, A. & Perleth, C. (1997). Schafft es Sisyphos, den Stein den Berg hinaufzurollen? Eine kritische Bestandesaufnahme der Diagnose- und Fördermöglichkeiten von Begabten in der beruflichen Bildung vor dem Hintergrund des Münchner Begabungs-Prozess-Modells. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 2, 152-163

Simone Abels[1] [1]Universität Lüneburg
Christine Heidinger[2] [2]UniversitätWien
Brigitte Koliander[3] [3]Pädagogische Hochschule Niederösterreich
Annette Marohn[4] [4]Universität Münster
Insa Melle[5] [5]Technische Universität Dortmund
Andreas Nehring[6] [6]Universität Hannover
Thomas Plotz[2]
Lisa Rott[4]
Ann-Kathrin Schlüter[5]
Malte Walkowiak[6]

Inklusiven Chemieunterricht entwickeln und erforschen

Chemieunterricht „trägt zu gelungener Inklusion bei, indem er allen Lernenden – unter Wertschätzung ihrer Diversität und ihrer jeweiligen Lernvoraussetzungen – die Partizipation an individualisierten und gemeinschaftlichen ***fachspezifischen*** *Lehr-Lern-Prozessen zur Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht“* (Menthe et al., 2017, S. 801, Herv. d. Verf.).

In Bezug auf diese Zielstellung ergeben sich fachspezifische Herausforderungen für Lehr-/Lern-, Professionalisierungs- und Forschungsprozesse. Diese werden im Rahmen von vier Studien adressiert und diskutiert. Der Bogen wird dabei von einem inklusiven Sachunterricht (Schwerpunkt Chemie) über Chemieunterricht der Sekundarstufe bis hin zur Lehrer_innenbildung gespannt.

Im Beitrag 1 werden Lernmaterialien für inklusiven Sachunterricht und ihre Gestaltungsmerkmale vorgestellt sowie Ergebnisse der Analysen zu Vorstellungsentwicklungen und gemeinsamen Lernsituationen (Rott & Marohn in diesem Band).

Beitrag 2 erläutert die Potentiale von digitalen Medien für die Gestaltung und Erforschung von inklusiven Lernumgebungen (Walkowiak & Nehring in diesem Band).

Beitrag 3 fokussiert auf die Professionalisierung von Lehramtsstudierenden für inklusiven Chemieunterricht (Schlüter & Melle in diesem Band).

Beitrag 4 konzentriert sich auf die Rekonstruktion beruflicher Anforderungen an Lehrpersonen im inklusiven Chemieunterricht (Abels, Heidinger, Koliander & Plotz in diesem Band).

Dieser übergeordnete Beitrag gibt einen Einblick in theoretisch-normative Grundlagen, Herausforderungen und Desiderate inklusiven Chemieunterrichts.

Vision oder Illusion ‚Inklusion‘?

Inklusion wird als Prozess verstanden, bei dem allen Menschen erfolgreiche Partizipation an Bildung, Gesellschaft und Kultur ermöglicht wird. Es liegt in der Verantwortung unseres Bildungssystems allen Schüler_innen Lernen in ihrer „Zone der nächsten Entwicklung“ an einer gemeinsamen Schule für alle zu gewährleisten (UNESCO, 2009; Vygotskij, 1978). Die Vision ‚Inklusion‘ ist ein ethischer Imperativ (European Agency for Development in Special Needs Education, 2012), die tatsächliche Umsetzung verbleibt bisher meist noch als Illusion ‚Inklusion‘. Häufig sind mit der Inklusion in erster Linie auch Sparmaßnahmen und eine Vermeidung von Ressourcenzuweisungen verbunden, statt eine Wertschätzung von Diversität und eine Hinwendung zu einem gemeinsamen Lernen in den Blick zu nehmen.(Sliwka, 2010).

Dass Inklusion oftmals eine Illusion bleibt, liegt nicht zuletzt daran, dass Forschungsergebnisse bisher kaum Aufschluss darüber geben, wie inklusive Schule und inklusiver (Fach-)Unterricht konkret in der Praxis in einem bestehenden System umgesetzt

werden können, vor allem, aber nicht nur ab der Sekundarstufe (Florian & Black-Hawkins, 2011). Forderungen nach einem Systemwechsel werden lautstark geäußert und sind von enormem Wert, um mittel- bis langfristig etwas zu bewegen (Schumann, 2009), helfen aber kurzfristig nicht. Diversität ist jetzt und hier allgegenwärtig und es gilt Wege zu finden, wie Vielfalt in Schule und in unserer Gesellschaft jetzt und zukünftig willkommen geheißen und konstruktiv gelebt werden kann. Vielerorts werden solche Wege auch bereits erfolgreich begangen, wie u.a. die vier Beiträge dieses Blocks zeigen.
Besser erforscht als tatsächliche inklusive Praxis auf Unterrichtsebene sind beispielsweise Einstellungen unterschiedlicher Akteure zu Inklusion (z.B. Avramidis & Norwich, 2002; Weisel & Dror, 2006) oder Leistungen unterschiedlicher Schülergruppen nach verschiedenen Interventionen (Erten & Savage, 2012; Scruggs & Mastropieri, 2007); einzelne Strategien werden eingesetzt und empirisch geprüft bzw. evaluiert (Loreman, 2007). Diese einzelnen Maßnahmen machen aber noch keinen inklusiven Unterricht aus.
„In spite of an extensive literature about the attitudes, beliefs and values which should imbue inclusive education (e.g. Forlin et al. 2009), and some more focused work about the underlying pedagogical knowledge required (e.g. Hart et al. 2004; Kershner 2009) there is currently very little guidance in the literature about how an inclusive pedagogy should be enacted in a classroom setting." (Florian & Spratt, 2013, S. 120)
Inklusiver Unterricht wäre erst dann gegeben, wenn der Unterricht sich nicht mehr an den meisten Schüler_innen orientiert mit zusätzlichen Maßnahmen für einige Lernende, sondern wenn bewährte Praxis so erweitert und geöffnet wird, dass alle Schüler_innen ohne vorheriges Labeling die Möglichkeit haben zu partizipieren (Florian & Black-Hawkins, 2011). Empfohlen werden konstruktivistische Ansätze wie Projektlernen, Stations- oder Werkstattarbeit (Feyerer & Prammer, 2003; Reich, 2014), Forschendes Lernen (Abels, 2015b), Experimentieranleitungen, die mit Mitteln einfacher Sprache gestaltet werden (Rott & Marohn, 2015), oder das *Universal Design for Learning* (Michna, Melle & Wember,, 2016; Schlüter, Melle & Wember, 2016; Walkowiak & Nehring, 2017), so dass die Schüler_innen an einem ‚gemeinsamen Gegenstand' (Feuser, 2013) in ihrer ‚Zone der nächsten Entwicklung' (Vygotsky, 1978) lernen können.
Wie den bisherigen Ausführungen zu entnehmen ist, sind viele veröffentlichte Aussagen zu inklusivem Unterricht allgemeindidaktischer oder pädagogischer Natur (Feuser, 2013; Seitz, 2006; Sturm, 2012), fachspezifische Ausprägungen sind noch zu wenig vorhanden (Abels, 2015a). So fühlen sich insbesondere Fachlehrpersonen nicht ausreichend aus- und fortgebildet.

Herausforderungen im inklusiven Chemieunterricht
Chemie als Fach eignet sich insbesondere deshalb für inklusiven Unterricht, da es mit seinem Fokus auf Phänomene, praktische Arbeit und Experimentieren vielseitige Zugänge für unterschiedlich interessierte Lernende bietet. Chemie kann handlungsorientiert, greifbar, spannend, motivierend und alltagsbezogen sein. Lernen in diesem Fach kann mit allen Sinnen erfolgen und muss nicht textlastig sein. Die unterschiedlichen Darstellungs- und Erklärungsebenen der Chemie (Taber, 2013) ermöglichen das Arbeiten an einem Gegenstand auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen. Diese Vorteile können sich aber auch ins Gegenteil verkehren. Das Experimentieren kann Gefahren bergen, die zusätzliche Betreuung erfordern (Menthe & Hoffmann, 2015). Doppelbesetzungen sind im Chemieunterricht allerdings eher selten. Die unflexible Struktur des Fachraums und die dort geltenden Sicherheitsregeln schränken die Partizipation weiter ein. Außerdem verlangt das Fach Chemie ein Denken in Modellen und auf abstrakten Ebenen. Stellenweise kommt erst durch die Erklärung von Phänomenen auf Teilchenebene und das Verstehen von Stoff-Teilchen- sowie Struktur-Eigenschafts-Beziehungen das Wesen der Chemie zur Geltung. Dies stellt jedoch für viele Lernende eine enorme Schwierigkeit dar (ebd.). Kompetenz- und

Kontextorientierung bieten Auswege (Reiners, 2017), die jedoch bisher erst wenig genutzt werden. Eher scheint es, dass nach wie vor fragend-entwickelnde Verfahren den naturwissenschaftlichen Unterricht dominieren (Seidel et al. 2006). Menthe und Hoffmann (2015, S. 134f.) schlagen drei Möglichkeiten vor, die alle darauf hinauslaufen, den Chemieunterricht weniger abstrakt zu gestalten:

- Phänomenologisch ausgerichteter Chemieunterricht, also das Zurückstellen von Formel- und Teilchenbetrachtungen.
- Anknüpfen an Schülervorstellungen auf allen drei Betrachtungsebenen, um den Zusammenhang abstrakter und konkreter Betrachtungen zu verdeutlichen (Kontextorientierung, »human element«, Projektarbeit). [Umgesetzt wird dies z.B. in den Lernmaterialien von Rott und Marohn (in diesem Band).]
- Stärkere Differenzierung der Lehrziele (und ggf. Kompetenzstandards), einhergehend damit, dass bestimmte Abstraktionsebenen nicht für alle verbindlich sind.

Offen bleibt, wann Schüler_innen dann den Anschluss an fachlich abstrakte Konzepte meistern, die spätestens in höheren Jahrgangsstufen relevant werden; oder wie Lehrpersonen den Chemieunterricht so variabel gestalten, dass das Lernen auf unterschiedlichen Ebenen gleichzeitig im Klassenraum ermöglicht wird. Um dem Gelingen inklusiven Chemieunterrichts näher zu kommen, benennen Menthe und Hoffmann (2015, S. 139f.) sowie Hoffmann und Menthe (2015, S. 155) die folgenden Desiderate:

- systematische Erhebung vorhandener Praxiserfahrungen mit inklusivem Chemieunterricht [welche Anforderungen dabei auf die Lehrperson zukommt, zeigen Abels et al. in diesem Band]
- Kompetenzmodelle offener gestalten, um hier mehr Möglichkeiten der Individualisierung zuzulassen
- Kompetenzmodelle im basalen Bereich stärker ausdifferenzieren
- in Kooperation mit Lehrkräften konkrete Hilfen entwickeln, wie inklusiver Fachunterricht geplant und durchgeführt werden kann (Handreichungen) [wie angehende Lehrkräfte auf inklusiven Chemieunterricht vorbereitet werden können, zeigen Schlüter und Melle in diesem Band]
- Erhebung von Schülervorstellungen bei Schüler_innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf
- die entwicklungslogische Aufbereitung exemplarischer Unterrichtsinhalte, z.B. in Form von Lernstrukturgittern [oder mit Hilfe digitaler Medien wie z.B. im Beitrag von Walkowiak und Nehring in diesem Band]
- Unterrichtsforschung zu Lernumgebungen, Lernverhalten und Lerneffekten des Lernens am gemeinsamen Gegenstand im Chemieunterricht

Einigen dieser Desiderate widmen sich die folgenden vier Beiträge des Blocks zu inklusivem Chemieunterricht.

Literatur

Abels, S. (2015a). Der Entwicklungsbedarf der Fachdidaktiken für einen inklusiven Unterricht in der Sekundarstufe. In G. Biewer, E. Böhm, & S. Schütz (Eds.), *Inklusive Pädagogik in der Sekundarstufe* (pp. 135–148). Stuttgart: Kohlhammer.

Abels, S. (2015b). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In N. L. Yates (Ed.), *New developments in science education research* (pp. 77–96). New York City: Nova.

Avramidis, E., & Norwich, B. (2002). Teachers' attitudes towardsintegration / inclusion: a review ofthe literature. *European Journal of Special Needs Education*, *17*(2), 129–147.

Erten, O., & Savage, R. S. (2012). Moving forward in inclusive education research. International Journal of Inclusive Education, *16*(2), 221–233.

European Agency for Development in Special Needs Education. (2012). *Raising Achievement for All Learners – Quality in Inclusive Education*. Odense, Denmark: European Agency for Development in Special Needs Education.

Feuser, G. (2013). Die "Kooperation am gemeinsamen Gegenstand". *Behinderte Menschen*. (3), o.S. Retrieved from http://austria-forum.org/af/ Wissenssammlungen/Essays/Menschen_mit_Behinderung/2013_Feuser_Kooperation_am_Gemeinsamen

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.

Florian, L., & Spratt, J. (2013). Enacting inclusion: a framework for interrogating inclusive practice. *European Journal of Special Needs Education*, *28*(2), 119–135.

Hoffmann, T., & Menthe, J. (2015). Sonderpädagogische Aspekte inklusiven Chemieunterrichts in der Sekundarstufe. In O. Musenberg & J. Riegert (Eds.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (pp. 141–158). Stuttgart: Kohlhammer.

Loreman, T. (2007). Seven pillars of support for inclusive education. Moving from “Why?” to “How?”. *International Journal of Whole Schooling*, *3*(2), 22–38.

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016* (pp. 800–803). Universität Regensburg. Retrieved from http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017_800_Menthe.pdf

Menthe, J., & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In J. Riegert & O. Musenberg (Eds.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (pp. 131–140). Stuttgart: Kohlhammer.

Michna, D., Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Gestaltung von Unterrichtsmaterialien auf Basis des Universal Design for Learning. Am Beispiel des Chemieanfangsunterrichts in der Sekundarstufe I. *Sonderpädagogische Förderung heute, 61*(3), 286-303.

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

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

Rott, L., & Marohn, A. (2015). Choice2explore - Eine an Schülervorstellungen orientierte Unterrichtskonzeption für den inklusiven Sachunterricht. *Sache - Wort - Zahl*, *43*(154), 52–58.

Schlüter, A.-K., Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens: Universal Design for Learning. S*onderpädagogische Förderung heute*, *61*(3), 270-285.

Schumann, B. (2009). Inklusion: eine Verpflichtung zum Systemwechsel — deutsche Schulverhältnisse auf dem Prüfstand des Völkerrechts. *Zeitschrift für Inklusion*. (1), o.S. https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/171/171

Scruggs, T. E., & Mastropieri, M. A. (2007). Science Learning in Special Education: The Case for Constructed Versus Instructed Learning. *Exceptionality*, *15*(2), 57–74.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., & Schwindt, K. (2006). Unterrichtsmuster und ihre Wirkungen. Eine Videostudie im Physikunterricht. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Eds.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (pp. 99–126). Münster: Waxmann.

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

Sliwka, A. (2010). From homogeneity to diversity in German education. In OECD (Ed.), *Educating Teachers for Diversity: Meeting the Challenge* (pp. 205–217). OECD Publishing.

Sturm, T. (2012). Praxeologische Unterrichtsforschung und ihr Beitrag zu inklusivem Unterricht. *Zeitschrift für Inklusion*, *0*(1-2), o.S. Retrieved from http://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/65/65

Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *14*, 156–168.

UNESCO. (2009). Inklusion: Leitlinien für die Bildungspolitik. Retrieved from http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bibliothek/inklusion_leitlinien.pdf

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

Walkowiak, M., & Nehring, A. (2017). Die Förderung von Konzepten über die Natur der Naturwissenschaften in einer Lernumgebung für einen inklusiven Chemieunterricht. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016* (pp. 460–464). Universität Regensburg.

Weisel, A., & Dror, O. (2006). School climate, sense of efficacy and Israeli teachers’ attitudes toward inclusion of students with special needs. *Education, Citizenship and Social Justice*, *1*(2), 157–174.

Lisa Rott Universität Münster
Annette Marohn

choice²explore – inklusiver Sachunterricht konkret

Die Zieldefinition zum Gelingen eines inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts von Menthe et al. (2017; s. Abels et al. in diesem Band) betont die Bedeutsamkeit, an den Lernvoraussetzungen der Schüler_innen anzuknüpfen und gemeinschaftliche fachspezifische Lehr-Lern-Prozesse zu ermöglichen. Ziel ist es, jedem Kind die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Bybee, 1997) zu ermöglichen. Dies gilt es bereits im Sachunterricht zu fördern. Das hier vorgestellte Dissertationsprojekt fokussiert im Rahmen von Design-Based Research auf die Entwicklung einer Unterrichtskonzeption mit Lernmaterialien, die an individuellen Schülervorstellungen anknüpft, gemeinsame Lernsituationen initiiert und anschlussfähige Vorstellungen fördert. Auf theoretischer Ebene sollen Faktoren herausgearbeitet werden, die zum Gelingen fachspezifischer inklusiver Lernsituationen beitragen können.

Praktisches Ziel: Entwicklung der Unterrichtskonzeption choice²explore

Auf der Grundlage von Befunden aus der konstruktivistischen Lehr-Lerntheorie sowie Erfahrungen mit der Unterrichtskonzeption choice²learn (Marohn, 2008), Theorien zum Lernen mit Modellen (u. a. Mikelskis-Seifert & Fischler, 2003), aber auch unter Beachtung von Konzepten der Sonderpädagogik (u. a. Häußler, 2005) und inklusionsorientierten Konzepten (u. a. Wocken, 1998) wurde ein erstes Design der Unterrichtskonzeption choice²explore entwickelt (Rott & Marohn, 2016a). Choice²explore knüpft an den individuellen Vorstellungen der Schüler_innen zu einem naturwissenschaftlichen Phänomen an. Durch die Initiierung von kognitiven Konflikten im Rahmen von experimentell ausgerichteten Kleingruppenarbeiten werden diese Vorstellungen von den Schüler_innen überprüft. Es folgt eine Darstellung des Phänomens mit einem konkreten Anschauungsmodell unter Verwendung von Fachsprache sowie eine Anwendungsphase. Als Grundlage der Unterrichtskonzeption dienen empirisch belegte Schülervorstellungen, die u. a. in einer Vorstudie bei Schüler_innen mit sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf ermittelt wurden (Rott & Marohn, 2015). In einem iterativen Prozess aus Design, Erprobung, Analyse und Reflexion wurde die Struktur von choice²explore sowie die Lernmaterialien immer weiter optimiert und den Bedingungen im inklusiven Setting angepasst. Dabei wurde die Verwendung von Leichter Sprache und Symbolik im Hinblick auf das Verständnis der SchülerInnen geprüft. Die Lernimpulse wurden dahingegen weiterentwickelt, dass überzeugende kognitive Konflikte entstehen und die SchülerInnen in ihren Lernprozessen durch Scaffoldingmaßnahmen unterstützt werden. Insgesamt wurde der Einsatz der Lernmaterialien in 29 Einzelinterviews sowie 14 Kleingruppenerprobungen videografiert und hinsichtlich möglicher Anpassungen reflektiert. Um die Unterrichtskonzeption auch auf ihren Einsatz im Klassenverband zu erproben und zu optimieren, wurden fünf stark heterogene Klassen unterrichtet, deren Schulen sich auf dem Weg zur Inklusion befinden. Es wurden Interviews mit den Lehrpersonen durchgeführt, um Rückmeldungen aus der Praxis zu erhalten sowie Videoaufnahmen erstellt, um u. a. Abläufe und Plenumsphasen im Klassenverband zu verbessern. Bislang sind für die so entstandene Unterrichtskonzeption choice²explore Lernmaterialien zum Lösen von Salz in Wasser (Rott & Marohn, 2016b) sowie der Verdunstung von Wasser (Leenen, 2016) entstanden.

Theoretische Ziele: What works? How does it work?

What works?

Um zu prüfen, ob choice²explore Vorstellungsentwicklungen und gemeinsame (fachliche) Lernsituationen initiiert, wurden verschiedene Daten aufgenommen und analysiert. Zur Beschreibung der Präkonzepte dient eine Multiple-Choice Aufgabe, die von den Schülern (n=87) zu Beginn bearbeitet wurde. Diese gibt die häufigsten bekannten Schülervorstellungen zum betrachteten Phänomen wieder und enthält zudem eine fachliche Erklärung des Phänomens. Um sowohl kurz- als auch langfristige Vorstellungsentwicklungen beschreiben zu können, wurden die Schüler_innen nach dem Unterricht interviewt (n=66); fünf Wochen später fand eine Follow-up Erhebung statt (n=87), Die Daten wurden inhaltsanalytisch ausgewertet (Kuckartz, 2016). Tabelle 1 zeigt, , dass die Schüler_innen im Rahmen von choice²explore ihre Vorstellungen zum Lösevorgang zu fachlich anschlussfähigen Vorstellungen weiterentwickeln.

	Multiple-Choice Aufgabe (n=87)	Interview (n=66)	Follow-up (n=87)
nicht anschlussfähig	61	1	2
Das Salz...			
...ist weg.	26	-	-
...ist flüssig geworden.	24	1	1
...ist zu Wasser geworden.	11	-	1
anschlussfähig	26	65	85
Das Salz...			
... ist in kleinen Teilchen verteilt.	26	54	67
... versteckt sich.	-	2	3
... wird kleiner.	-	2	3
... und das Wasser vermischen sich.	-	7	7
... ist noch da.	-	-	4
... bewegt sich in eine Richtung.	-	-	1

Inwiefern gemeinsame Lernsituationen entstehen wurde anhand der videografierten Kleingruppenarbeiten der Schüler_innen analysiert. Gemeinsame Lernsituationen werden in Anlehnung an Wocken (1998) als Kollaborations- und Kooperationsprozesse definiert. Auf der Grundlage von Naujok (2000) wurden in einem deduktiv-induktiven Verfahren (Kuckartz, 2016) Kategoriensysteme zur Beschreibung von Kooperationshandlungen und Kooperationstypen entwickelt und für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht konkretisiert. Die dreizehn Kooperationshandlungen beschreiben die Art der Interaktion (z. B. beobachten, erklären) und die drei Kooperationstypen zielen auf die Intensität und Ausrichtung der Kooperation ab. Unterschieden wurden Kooperationen, die eher ein Nebeneinanderher-Arbeiten (nebeneinanderher), ein helfendes, asymmetrisches Arbeiten (helfen) sowie ein symmetrisches, kollaborierendes Arbeiten (kollaborierend) beschreiben. Diese Kategoriensysteme wurden unabhängig voneinander am Videomaterial codiert. Somit können die Auswertungen sowohl auf die *Anteile* der Kooperationshandlungen und –typen im Rahmen der Kleingruppenarbeiten abzielen, als auch auf deren Überschneidungen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Schüler_innen zu 53% der Zeit kollaborierend arbeiten, zu 30% mit geringer Intensität und zu 17% helfend agieren. Außerdem wird deutlich, dass die Kategorie helfend zwar relativ häufig codiert wurde, die zeitlichen Anteile jedoch gering sind. Demnach initiiert choice²explore in einem hohen Maße kollaborative Lernsituationen.

Die Auswertungen nach Überschneidungen von Kooperationshandlungen und –typen machen typische Handlungen für die einzelnen Kooperationstypen deutlich. Kollaboration tritt demnach besonders häufig bei Handlungen auf, die dem Naturwissenschaftlichen Arbeiten zuzuordnen sind, u. a. beim *Interpretieren, Beobachten* sowie bei der *Durchführung eines Versuchsschritts*. Experimentiersituationen bieten somit gute Ausgangsbedingungen, um gemeinsame fachspezifische Lernsituationen im inklusiven Kontext zu gestalten.

How does it work?
Nachdem gezeigt wurde, dass choice²explore sowohl Vorstellungsentwicklungen, als auch gemeinsame fachspezifische Lernsituationen initiiert, lag der Fokus auf der Frage, welche Faktoren dieses Gelingen unterstützen. Hierzu wurden weitere Daten analysiert, wie die Nutzung eines einfachen Anschauungsmodells (Legomodell) zur Beschreibung des Lösevorgangs sowie der kurz- und langfristige Ausschluss fachlich nicht anschlussfähiger Vorstellungen durch die Schüler_innen. Zudem wurden im Rahmen von Fallbeschreibungen die Lernprozesse innerhalb der Kleingruppen gruppenspezifisch analysiert; dabei konnten Charakterisierungen der Schüler_innen durch die Lehrkräfte hinzugezogen werden. Die Befunde lassen sichwie folgt zusammenfassen:

- Die initiierten kognitiven Konflikte sind für die Schüler_innen überzeugend; die Schüler ziehen intendierte Schlussfolgerungen und nutzen diese auch langfristig, um alternative Vorstellungen begründet auszuschließen
- Scaffoldingmaßnahmen unterstützen die Lernprozesse und die Wahrnehmung kognitiver Konflikte (z. B. Fokusfragen zur Strukturierung von Schlussfolgerungen)
- Schüler_innen nutzen das konkrete Anschauungsmodell zur Darstellung des Lösevorgangs auf submikroskopischer Ebene, übertragen dies zum Teil auf das Verdunsten von Wasser und merken sogar vereinzelt Kritik an der Modelldarstellung an
- Die Gestaltung der Lernmaterialien ermöglicht ein kollaborierendes Lesen und initiiert dadurch gemeinsame Lernsituationen
- Schüler_innen mit sprachlichen Schwierigkeiten oder sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf nutzen die symbolischen Darstellungen um sich im Prozess helfend zu zeigen
- Kollaborative Bearbeitungen von Schlussfolgerungen im Rahmen der Lernmaterialien unterstützen vor allem bei leistungsschwächeren Schüler_innen die Vorstellungsentwicklungen

Die beschriebenen Befunde machen deutlich, dass in choice²explore fachliches und gemeinsames Lernen gewinnbringend miteinander verknüpft sind. Es ergeben sich einerseits Möglichkeiten, in fachlichen Arrangements gemeinsam zu lernen; andererseits unterstützt das gemeinsame Lernen das fachliche Lernen, in diesem Fall die Vorstellungsentwicklungen der Schüler_innen. Die Arbeit mit dem Teilchenmodell macht deutlich, dass konkrete Anschauungsmodelle einen handlungsorientierten Zugang zur submikroskopischen Ebene im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht bieten können. Inwieweit die Befunde zu choice²explore auch auf den weiterführenden naturwissenschaftlichen Unterricht übertragen werden können, bleibt zu prüfen. Es zeigen sich jedoch Ansatzpunkte, sowohl im Hinblick auf die Gestaltung gemeinsam nutzbaren Lernmaterials, als auch im Blick auf die Initiierung von gemeinsamem fachlichen Lernen durch Experimentiersituationen. Im Besonderen sind hierbei die Verwendung von Symbolik, Leichter Sprache und Strukturierung sowie die Verwendung von Scaffoldingmaßnahmen hervorzuheben

Literatur

Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.), *Scientific literacy: An international symposium.* (S. 37–68). Kiel: IPN-Leibniz Institute for Science and Mathematics Education.

Häußler, A. (2005). *Der TEACCH Ansatz zur Förderung von Menschen mit Autismus. Einführung in Theorie und Praxis* (4. Aufl.). Basel: Division of Borgmann Holding AG.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl.). Weinheim und Basel: Beltz.

Leenen, Y. (2016). *Entwicklung von Lernmaterialien im Rahmen des Unterrichtskonzepts Masterarbeit*. Westfälische Wilhelms-Universität.

Marohn, A. (2008). Choice2learn - eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 57–83.

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis.* (S. 800–804). Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016.

Mikelskis-Seifert, S., & Fischler, H. (2003). Die Bedeutung des Denkens in Modellen bei der Entwicklung von Teilchenvorstellungen–Stand der Forschung und Entwurf einer Unterrichtskonzeption. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *9*, 75–88.

Naujok, N. (2000). *Schülerkooperation im Rahmen von Wochenplanunterricht : Analyse von Unterrichtsausschnitten aus der Grundschule*. Weinheim: Beltz.

Rott, L., & Marohn, A. (2015). „Oh mein Gott - man sieht den nicht!“ Schülervorstel- lungen im inklusiven Sachunterricht – Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten. *Sache Wort Zahl*, *43*(150), 87–90.

Rott, L., & Marohn, A. (2016). Entwicklung und Erprobung einer an Schülervorstellungen orientierten Unterrichtskonzeption für den inklusiven Sachunterricht In: (Hg.). In M. Menthe, J., Höttecke, D., Zabka, T., Hammann, M. & Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung2* (S. 373–388).

Rott, L., & Marohn, A. (2016). Inklusiven Unterricht entwickeln und erproben – Eine Verbindung von Theorie und Praxis im Rahmen von Design-Based Research. *Zeitschrift für Inklusion*, *4*.

Wocken, H. (1998). Gemeinsame Lernsituationen - Eine Skizze zur Theorie des gemeinsamen Unterrichts. In A. Hildeschmidet & I. Schnell (Hrsg.), *Integrationspädagogik. Auf dem Weg zu einer Schule für alle* (Bd. 1, S. 37–52). Weinheim, München: Juventa. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Malte Walkowiak Leibniz Universität Hannover
Andreas Nehring

Nature of Science Konzepte im inklusiven und digitalen Lernsetting entwickeln und überprüfen

Nature of Science (NOS) umfasst sowohl die Eigenschaften und Prozesse der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, als auch die des naturwissenschaftlichen Wissens. NOS ermöglicht es dem Individuum daher, kritisch zu hinterfragen, welchen Einfluss theoretisch fundierte und zufällige Aspekte auf Forschung haben. Schließlich besteht ein Konsens über die Bedeutung von NOS für den schulischen Unterricht (Kremer, 2010; Neumann & Kremer, 2013).
Als Inhaltsfeld für inklusiven Chemieunterricht eignet sich NOS, weil es einen wesentlichen Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung ausmacht (Holbrook & Rannikmae, 2007). *„Naturwissenschaftliche Grundbildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung.“* (KMK, 2005, S. 6). Der Verweis auf den Beitrag der naturwissenschaftlichen Grundbildung auf die Allgemeinbildung, kann als eine Forderung nach Teilhabe aller Menschen an der naturwissenschaftlichen Grundbildung aufgefasst werden und steht im Einklang mit den Anforderungen an einen inklusiven, naturwissenschaftlichen Unterricht (Menthe et al., 2017, Abels et al., in diesem Band).

Teilhabe am Lerngegenstand durch digitale Medien im Chemieunterricht
Eine Möglichkeit, eine Teilhabe am gemeinsamen Lerngegenstand zu erhöhen, verspricht das Universal Design for Learning (UDL). UDL folgt dabei den drei Prinzipien der multiplen Mittel der Repräsentation von Informationen („Was“ des Lernens), der Verarbeitung von Informationen und der Darstellung von Lernergebnissen („Wie“ des Lernens) sowie der multiplen Förderung des Lernengagements und der Lernmotivation („Warum“ des Lernens) (CAST, 2011; Schlüter, Melle, & Wember, 2016). In Kombination mit digitalen Medien ergeben sich enorme Potenziale für die Gestaltungen von barrierefreien Lernumgebungen, die die inhaltliche Arbeit an einem gemeinsamen Lerngegenstand und eine Adaptierung dieser Arbeit durch den Lernenden selbst ermöglicht (Brownell, Smith, Crockett, & Griffin, 2012). So sind beispielsweise die Integration von verschiedensten medialen Repräsentationsformen, die Nutzung einer Vorlesefunktion, die Anpassung von Formatierungen, wie die Skalierung des Bildschirms oder aber Self-Assessments möglich.

Adäquater Einsatz von Assessments in inklusiven Settings
Die Frage nach geeigneten Assessmentformen für inklusive Lernsettings bleibt innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktik weitgehend unbeantwortet. Einen Anhaltspunkt für ein inklusives Assessment diskutiert Phillips (1994) mit der These des „differential boost“, den Lernenden mit Förderbedarf (SPF) im Vergleich zu Lernenden ohne SPF, durch Akkommodation des Assessments erfahren sollen. Lindstrom (2010) stellt in einer Metaanalyse für die Mathematikdidaktik fest, dass ausschließlich Studien aus dem Elementarbereich einen „differential boost“ beobachten konnten. Dabei wurden diverse Adaptionen, wie leichtere Sprache, der Einsatz einer Vorlesefunktion sowie vielfältige Organisationsstrategien zur Aufgabenbearbeitung angewendet.
Neben der Frage nach Outcomes, stellt sich auch die Frage nach der Bedeutung von Hintergrundvariablen. So haben vor allem der sozioökonomische Hintergrund und die Lesefähigkeit einen Einfluss auf die Leistungsmessung (Autorengruppe Bildungsberichterstattung,

2016). Ein auf Inklusion hin orientiertes Assessment sollte daher darauf abzielen, diesen Einfluss zu minimieren. Einen systematischen Zugang zu inklusiven Tests stellt das Universal Design for Assessment (UDA) dar, mit dem Ziel, die Testzugänglichkeit zu erhöhen (Beddow, 2011; Lovett & Lewandowski, 2015).

Zielstellung der Studie

Die Förderung von NOS-Konzepten stellt ein Schlüsselziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar. Entsprechend gilt dies für inklusive Lernsettings, für die bisher wenig Ergebnisse vorliegen, die NOS-Konzepte umfassen. Da die NOS-Konzepte vor allem über die explizite Reflektion entwickelt werden (Mulvey, Chiu, Ghosh, & Bell, 2016) und der Kontext eine untergeordnete Rolle spielt (Bell, Mulvey, & Maeng, 2016), muss eine Lernumgebung zur Förderungen von NOS-Konzepten diese explizit und reflektierend adressieren.

Wenn die Teilhabe durch die Nutzung einer digitalen, UDL-basierten Lernumgebung gewährleistet wird, stellt sich die Frage nach einer geeigneten Erfassung der NOS-Konzepte. Hierfür erweist sich das UDA als vielversprechend.

Das Ziel der Studie bestand darin, eine digitale, UDL-basierte, inklusive Lernumgebung und ein geeignetes UDA-basiertes Assessment zu entwickeln und zu überprüfen.

Fragestellungen

1. Inwiefern lassen sich Hinweise für das Vorliegen von Messinvarianz bei einem UDA-basierten und einem herkömmlichen Assessment bei der Erfassung von NOS-Konzepten nachweisen?
2. Inwiefern wirken Hintergrundvariablen von Schülerinnen und Schülern bei einem UDA-basiertem und einem herkömmlichen Assessment gleichermaßen?
3. Inwiefern sind die UDL-Prinzipien wirksam für die Förderung von NOS-Konzepten in einem digitalen Lernsetting?

Methoden

Zur Beantwortung der Fragen wurden zwei digitale, iPad-basierte Lernumgebungen entwickelt (digital-UDL-basiert und digital). Beide thematisieren die gleiche Aufgabenstellung und haben eine gleiche Informationsquelle in Form eines Videos. Die digital-UDL-basierte Lernumgebung weist, im Gegensatz zur digitalen, mehr Interaktionsmöglichkeiten und zusätzliche Repräsentationsformen des Lerninhalts auf.

Die Lernumgebungen wurden mit einem Likert-Instrument zur Erfassung von NOS-Konzepten kombiniert (Kampa et al., 2016). Dieses Instrument wurde für inklusive Kontexte adaptiert und in einer UDA-basierten Version eingesetzt. Damit ergeben sich vier Lern- und Assessmentbedingungen, die in einem 2x2-Design gegeneinander getestet werden (Tab. 1).

Tabelle 1 Design der Studie

	Digitale Lernumgebung	
Assessment	Gruppe 1: UDL & UDA	Gruppe 2: digitales Lernen & UDA
	Gruppe 3: UDL & Originalfragebogen	Gruppe 4: digitales Lernen & Originalfragebogen

Im Prä-Post-Design nahmen 322 Lernende aus Gesamtschulen an der Studie teil. Diese wurden in Kleingruppen einer Untersuchungsgruppe randomisiert zugewiesen.

Ergebnisse

Frage 1: In einem ersten Schritt wurden CFA-basierte Modellvergleiche (UDA und Herkömmlich) zur Messinvarianz zum Messzeitpunkt (MZP) 1 vorgenommen (Chen, 2007; Cheung & Rensvold, 2002). Dabei bestätigen die Analysen eine konfigurale (gleiche Struktur der Item-Faktorladungen über beide Assessments) und eine metrische Invarianz (gleiche Faktorenstruktur und Faktorenladungen) (Reinecke & Pöge, 2010), aber keine skalare Invarianz (gleiche Nullpunkte über alle Variablen) (Tab. 2). Folglich wurden die weiteren Fragestellungen getrennt nach Assessment bearbeitet.

Tabelle 2 Messinvarianzsüberprüfung

Modell	*Stufe der Messinvarianz*	X^2	*df*	X^2/df	*CFI*	*RMSEA[CI]*	*ΔCFI/ΔRMSEA*
A	konfigural	900,531	636	1,41	0,864	0,052 [0,04-0,059]	
B	metrisch	918,188	659	1,39	0,867	0,053 [0,044-0,061]	0,003/0,001
C	skalar	1041,958	682	1,53	0,816	0,061 [0,054-0,069]	-0,051/0,008

Frage 2: Es wurden Multiple Regressionen zu MZP 1 durchgeführt, um den Einfluss von Hintergrundvariablen auf die NOS-Skalen zu überprüfen. Im UDA-Assessment werden 10 % der Varianz durch die signifikanten Prädiktoren Interesse und Lesefähigkeit erklärt. Im Originalassessment werden 13 % der Varianz durch die signifikanten Prädiktoren sozioökonomischer Status und Lesefähigkeit erklärt.

Frage 3: Einseitige t-Tests im UDA-Assessment zeigen signifikante Lernzuwächse in beiden Lernumgebungen (UDL: $t(93)=-2{,}67$, $p < 0{,}01$, $d = 0{,}28$; Digital: $t(79) = -3{,}94$, $p < 0{,}000$, $d = 0{,}40$). Im Originalassessment zeigt nur die UDL-Lernumgebung signifikante Lernzuwächse (UDL: $t(72)=-2{,}03$, $p < 0{,}05$, $d = 0{,}29$; Digital: $t(74) = -0{,}80$, $p = n.s.$, $d = 0{,}12$). Außerdem zeigen einseitige t-Tests einer ersten Subgruppenanalyse auf Basis der Lesefähigkeit, der kognitiven Fähigkeiten sowie dem sozioökonomischen Status, dass sich insbesondere für Lernende mit sehr niedrigen Werten unabhängig von der Assessmentform signifikante Mittelwertsunterschiede mit mittleren bis hohen Effektstärken beobachten lassen (UDL/UDA: $t(18)=-2{,}35$, $p < 0{,}05$, $d = 0{,}54$; UDL/Originalfragebogen: $t(17)=-2{,}83$, $p < 0{,}01$, $d = 0{,}67$).

Diskussion

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass ein digitales Lernsetting und insbesondere UDL geeignet zu sein scheinen, NOS-Konzepte in inklusiven Settings zu fördern. Gleichzeitig deuten die Ergebnisse auf eine Wechselwirkung zwischen Assessment und Lernsetting hin, bei dem sich ein herkömmliches Assessment als möglicherweise nicht geeignet erweist, spezifische Lernzuwächse im nicht UDL-basierten Setting aufzudecken.

Gerade mit Blick auf die stärker individualisierten Anforderungen von inklusivem Unterricht werden weitere Untersuchungen auf subgruppenspezifische Analysen fokussieren.

Literatur

Autorengruppe Bildungsberichterstattung. (2016). *Bildung in Deutschland 2016*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

Beddow, P. (2011). Beyond Universal Design: Accessibility Theory to Advance Testing for All Students. In *Assessing Students in the Margin: Challenges, Strategies and Techniques* (S. 581–406). Charlotte, NC: Information Age Publishing.

Bell, R. L., Mulvey, B. K., & Maeng, J. L. (2016). Outcomes of Nature of Science Instruction along a Context Continuum: Preservice Secondary Science Teachers' Conceptions and Instructional Intentions. *International Journal of Science Education*, *38*(3), 493–520. http://doi.org/10.1080/09500693.2016.1151960

Brownell, M. T., Smith, S. J., Crockett, J. B., & Griffin, C. C. (2012). *Inclusive instruction Evidence-Based Practices for Teaching Students with Disabilities*. NewYork & London: The Guilford Press.

CAST. (2011). Universal Design for Learning (UDL) Guidelines version 2.0. Wakefield, MA: Author.

Chen, F. F. (2007). Sensitivity of Goodness of Fit Indexes to Lack of Measurement Invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *14*(3), 464–504. http://doi.org/10.1080/10705510701301834

Cheung, G. W., & Rensvold, R. B. (2002). Evaluating Goodness-of-Fit Indexes for Testing Measurement Invariance. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *9*(2), 233–255. http://doi.org/10.1207/S15328007SEM0902_5

Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*, *29*(11), 1347–1362. http://doi.org/10.1080/09500690601007549

Kampa, N., Neumann, I., Heitmann, P., & Kremer, K. (2016). Epistemological beliefs in science-a person-centered approach to investigate high school students' profiles. *Contemporary Educational Psychology*, *46*, 81–93. http://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.04.007

KMK. Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (2005). Kultursministerkonferenz. Abgerufen von http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf

Kremer, K. (2010). *Die Natur der Naturwissenschaften verstehen: Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I[Undersatnding the Nature of Science: Investigations about structure and develpoment of competencies in secondary schools]*.

Lindstrom, J. H. (2010). Mathematics Assessment Accommodations : Implications of Differential Boost for Students With Learning Disabilities, *46*(1). http://doi.org/10.1177/1053451210369517

Lovett, B. J., & Lewandowski, L. J. (2015). *Testing Accomdations for Students with Disabilities*. Washington, DC: American Psychological Association.

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 800–803). Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP).

Mulvey, B. K., Chiu, J. L., Ghosh, R., & Bell, R. L. (2016). Special education teachers' nature of science instructional experiences. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(4), n/a-n/a. http://doi.org/10.1002/tea.21311

Neumann, I., & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, *19*, 209–232.

Phillips, S. E. (1994). High-Stakes Testing Accommodations: Validity Versus Disabled Rights. *Applied Measurement in Education*, *7*(2), 93–120. http://doi.org/10.1207/s15324818ame0702_1

Reinecke, J., & Pöge, A. (2010). Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse. In C. Wolf & H. Best (Hrsg.), *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse* (S. 775–804). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2

Schlüter, A.-K., Melle, I., & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens. *Sonderpädaoggische Förderung heute*, *61*(3), 270–285.

Ann-Kathrin Schlüter Technische Universität Dortmund
Insa Melle

Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen inklusiven Unterricht

Die zunehmende Heterogenität von Lerngruppen im Zuge der schulischen Inklusion stellt für viele Lehrkräfte eine neue Anforderung dar. Es gilt, eine Unterrichtspraxis zu entwickeln, die jede Schülerin und jeden Schüler entsprechend der individuellen Fähigkeiten und den daraus resultierenden (sonder-)pädagogischen Bedarfen an allgemeinbildenden Schulen fördert und unterstützt. Somit bildet die Lehrerausbildung ein wesentliches Fundament für die Umsetzung der inklusiven Bildungsreform (Amrhein & Dziak-Mahler, 2014). Deswegen wird mit diesem Projekt das Ziel verfolgt, ein Seminar zu entwickeln und zu evaluieren, in dem angehende Chemielehrkräfte auf einen inklusiven Unterricht vorbereitet werden.

Theoretischer Hintergrund

Obwohl Inklusion vielfach bereits Realität in den Klassenzimmern ist, hat sich die Lehrerausbildung noch nicht gänzlich auf die neuen Herausforderungen eines inklusiven Unterrichts eingestellt. So wird bei der Analyse der Lehrveranstaltungen von lehrerbildenden Hochschulen deutlich, dass bisher Hochschulen erst in Ansätzen Anstrengungen unternehmen, um ihre Studierenden für einen inklusiven Unterricht zu professionalisieren (Monitor Lehrerbildung, 2015). Hinzu kommt, dass eine Thematisierung häufig ausschließlich im Rahmen pädagogischer oder allgemeindidaktischer Lehrveranstaltungen erfolgt, eine Anknüpfung an die Fachdidaktik erfolgt nur selten (Monitor Lehrerbildung, 2015). Die Studierenden bekommen also grundlegendes Wissen um Inklusion vermittelt, es bleibt jedoch im Dunkeln, wie dieses Wissen im Fach angewendet werden kann. Dies führt unter anderem dazu, dass angehende und junge Lehrkräfte zwar Inklusion positiv gegenüber eingestellt sind, dass sie sich jedoch nicht dazu in der Lage fühlen und auch nicht bereit dazu sind, diese auch in der Praxis umzusetzen (Bosse & Spörer, 2014; Costello & Boyle, 2013; Lambe & Bones, 2006). In jüngster Zeit sind jedoch auch Bestrebungen zur Etablierung einer inklusionsorientierten Lehrerbildung beobachtbar. So hat das Bundesland NRW – ebenso wie viele weitere Bundesländer – die Verpflichtung inklusionsorientierter Inhalte ins Lehramtsstudium gesetzlich verankert (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2016). Darüber hinaus fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* unter anderem Projekte von Hochschulen, die das Ziel verfolgen, ihre Lehrerausbildungsprogramme auf die inklusive Unterrichtspraxis auszurichten (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2016). Im Rahmen dessen und darüber hinaus entwickeln Universitäten nun Ansätze zur Implementierung von Inklusion in ihr Lehramtsstudium (z. B. de Boer, 2014; Köpfer, 2011), wobei vereinzelt auch Lehrveranstaltungen konzipiert werden, die Aspekte inklusiver Unterrichtspraxis aus fachdidaktischer Perspektive beleuchten (z. B. Arndt et al., 2017; Krämer, Nessler, Schlüter, & Erbing, 2014).

Die Studie

Um der Realisierung einer inklusionsorientierten Lehrerbildung einen Schritt näher zu kommen, wird im Rahmen dieses Projekts ein Seminar konzipiert und evaluiert, in dem Aspekte inklusiver Pädagogik mit der Chemiedidaktik verknüpft werden, um angehende Chemielehrkräfte für einen Chemieunterricht in inklusiven Lerngruppen kompetent zu machen.

Inhalte des Seminars

Bei dem konzipierten Seminar „Vorbereitung auf einen inklusiven Chemieunterricht“ handelt es sich um das Vorbereitungsseminar zum Praxissemester, welches von allen Masterlehramtsstudierenden mit Fach Chemie obligatorisch besucht wird. Bei der Konzeption des Seminars diente das *Universal Design for Learning* (UDL) als Leitlinie. Dabei handelt es sich um ein Rahmenkonzept zur Planung und Gestaltung von Unterricht, der universell zugänglich ist (CAST, 2011; vgl. Schlüter, Melle, & Wember, 2016). In dem Seminar setzten sich die Studierenden sowohl theoretisch als auch praktisch mit unterschiedlichen Aspekten der Gestaltung inklusiven Unterrichts auseinander. Es wurden die folgenden Themen behandelt:

1. Einleitung: Seminarleitfaden und Begriffsbestimmung
2. Planung von inklusivem (Chemie-)Unterricht
3. Das *Universal Design for Learning*
4. Hilfsschule, Hilfsschulunterricht, Lernbehinderung*
5. Lernbehinderung und erfolgreiches Lernen im schulischen Unterricht*
6. Entwicklung von Lernaufgaben für heterogene Lerngruppen

7. + 8. Schülerexperimente im inklusiven Chemieunterricht

9. Leichte Sprache – Einfache Sprache*
10. Kooperatives Lernen im inklusiven (Chemie-)Unterricht
11. Mögliche Baustellen im inklusiven Unterricht
12. Diskussion über Chancen und Grenzen des inklusiven Unterrichts

(* Durchführung durch einen Dozenten der Rehabilitationswissenschaften)

Dabei konnten die Studierenden sowohl sonderpädagogische Aspekte des Lehrens und Lernens als auch Methoden und Mittel für die Gestaltung inklusiven Unterrichts aus fachdidaktischer Perspektive kennen lernen und selbstständig entwickeln. In der Seminararbeit selbst lag der Fokus auf dem am häufigsten vorkommenden sonderpädagogischen Förderschwerpunkt „Lernen“. Dies geschah vorrangig in den durch ein Sternchen gekennzeichneten Seminarsitzungen, die durch einen Dozenten aus dem Fachgebiet Rehabilitation und Pädagogik bei Lernbehinderung durchgeführt wurde. Generell wurde jedoch versucht, dass in allen Seminarsitzungen beide Dozenten anwesend waren, so dass jedes Thema sowohl aus sonderpädagogischer als auch aus fachdidaktischer Perspektive beleuchtet werden konnte.

Forschungsfragen

Die Evaluation des Seminars erfolgte auf Basis der folgenden vier Ebenen: Attraktivität, Kognitive Veränderung, Unterrichtspraktische Umsetzung sowie Wirkung auf die Lernenden (vgl. Kirkpatrick, 1979; Schmitt, 2016). Daraus ergeben sich die folgenden Hauptforschungsfragen der Studie:

Attraktivität

- Empfinden die Studierenden das Seminar als attraktiv?

Kognitive Veränderung

- Führt die Teilnahme an dem Seminar zu einer Änderung der Einstellung, Bereitschaft und Selbstwirksamkeit der Studierenden in Bezug auf inklusiven Unterricht?
- Führt die Teilnahme an dem Seminar zu einer Verbesserung der Fähigkeit der Studierenden, Elemente von UDL in der Planung von inklusivem Unterricht anzuwenden?

Unterrichtspraktische Umsetzung:

- Sind die Studierenden nach der Teilnahme an dem Seminar dazu in der Lage, das UDL in ihrem eigenen Unterricht umzusetzen?

Wirkung auf Lernenden:

- Welche Wirkung hat der durch die Studierenden nach dem Seminar durchgeführte Unterricht auf die Schülerinnen und Schüler?

Untersuchungsdesign und verwendete Test- und Auswertungsinstrumente
In der ersten Seminarsitzung wurden die Einstellung, Bereitschaft und Selbstwirksamkeit der Studierenden in Bezug auf inklusiven Chemieunterricht mittels *paper-pencil*-Tests (6-stufige Likert Skala von *1 = sehr unzutreffend* bis *6 = sehr zutreffend*; $\alpha_{\text{Einstellung}} = .900$; $\alpha_{\text{Bereitschaft}} = .904$; $\alpha_{\text{Selbstwirksamkeit}} = .894$) erfasst. Außerdem wurde die Fähigkeit der Studierenden, Elemente von UDL bei der Planung inklusiven Unterrichts anzuwenden, erhoben, indem die Studierenden einen Planungsentwurf erstellten, welcher mittels eines hoch-inferenten Kodiermanuals (4-stufige Likert-Skala von *1 = nein* bis *4 = ja*; $ICC_{\text{unjust}} = .857$) ausgewertet wurde. Anschließend erfolgte die Intervention in 12 Seminarsitzungen, in der nach Themenblöcken die Seminarqualität anhand eines Fragebogens ($\alpha = .879$) abgefragt wurde. In der letzten Seminarsitzung ist die erste Post-Phase. Neben den Fragebögen zur Einstellung, Bereitschaft und Selbstwirksamkeit und den Planungsentwürfen umfasste diese noch einen Fragebogen zur Einschätzung der Arbeitsphasen und Referenten ($\alpha = .837$). Im anschließenden Schulhalbjahr gingen die Studierenden ins Praxissemester, wo sie im Rahmen eines Unterrichtsprojektes die Aufgabe erhielten, die Inhalte des Seminars in zwei Unterrichtsstunden umzusetzen. Die schriftlichen Planungsskizzen wurden mit dem gleichen Kodiermanual ausgewertet, welches bereits zur Analyse der Planungsentwürfe vor und nach dem Seminar verwendet wurde ($ICC_{\text{unjust}} = .840$). Die von den Studierenden eingesetzten Schülerarbeitsmaterialien wurden anhand eines Kodiermanuals (4-stufige Likert-Skala von *1 = nicht erfüllt* bist *4 = voll erfüllt;* $ICC_{\text{unjust}} = .923$) ausgewertet. Zusätzlich wurden die Studierenden während ihres Unterrichts videographiert. Diese Videos wurden in Hinblick auf beobachtbare Elemente des UDL kodiert (κ zwischen .764 und .980). Zur Analyse der Wirkung auf die Lernenden wurden im Anschluss an den Unterricht der Studierenden Interviews mit drei Schülerinnen oder Schülern pro Klasse – vorzugsweise Lernende mit unterschiedlichen Leistungsniveaus – durchgeführt. Diese Interviews wurden in Hinblick auf die von den Lernenden empfundene Zugänglichkeit analysiert ($ICC_{\text{unjust}} = .959$).

Ergebnisse
Die Ergebnisse zweier Fragebögen zeigen, dass die Studierenden sowohl die Seminarqualität der Themenblöcke ($M_{\text{Block I}} = 4.09$, $n = 37$; $M_{\text{Block II}} = 3.72$, $n = 36$; $M_{\text{Block III}} = 4.24$, $n = 32$; $M_{\text{Block IV}} = 4.27$, $n = 33$) als auch die Arbeitsphasen und Referenten ($M_{\text{Arbeitsphasen}} = 4.51$, $n = 37$; $M_{\text{Referenten}} = 4.67$, $n = 37$) positiv bewerteten. Darüber hinaus konnte eine signifikante positive Änderung der Einstellung ($p = .006$, $\delta = 0.48$), Bereitschaft ($p = .017$, $\varphi = .39$) und Selbstwirksamkeit ($p < .001$, $\delta = 1.16$) sowie der Fähigkeiten, Elemente von UDL bei der Planung inklusiven Unterrichts, ($p < .001$, $\delta = 2.01$) erzielt werden. Die Analyse der unterrichtspraktischen Umsetzung zeigt, dass die Studierenden zwar durchaus in der Lage waren, Elemente von UDL umzusetzen, die Analyse der Planungsskizzen ($M = 2.44$, $n = 17$) und Schülerarbeitsmaterialien ($M = 2.36$, $n = 17$) lässt jedoch darauf schließen, dass es noch Entwicklungsbedarf bei den Studierenden gibt. Die Schüler bewerteten den durch die Studierenden durchgeführten Unterricht insgesamt jedoch als zugänglich ($M = 3.33$, $n = 50$).

Fazit und Ausblick
Die Studie konnte zeigen, dass das konzipierte Seminar eine Möglichkeit darstellt, um angehende Chemielehrkräfte auf die Herausforderungen des inklusiven Unterrichts vorzubereiten. Es deuten sich aber auch Weiterentwicklungsmöglichkeiten für das Seminar an. Dies wird in Folgeprojekten realisiert, in dem beispielsweise durch den Einsatz von Videovignetten eine stärkere Verzahnung zwischen Theorie und Praxis realisiert wird. Insgesamt sind ergänzend dazu noch weitere inklusionsorientierte Lehrveranstaltungen in der Fachdidaktik wünschenswert, in denen noch weitere Heterogenitätsdimensionen in den Blick genommen und andere inklusionspädagogische Kompetenzen bei den Studierenden angestrebt werden.

Literatur

Amrhein, B., & Dziak-Mahler, M. (2014). Fachdidaktik inklusiv: Eine Aufgabe für die LeherInnenbildung der Zukunft. In B. Amrhein & M. Dziak-Mahler (Eds.), *Fachdidaktik inklusiv. Auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule* (1st ed., pp. 11–13). Münster: Waxmann.

Arndt, A.-K., Nehring, A., Schiedek, K., Schiedek, S., Schomaker, C., & Werning, R. (2017). Sonderpädagogisches und gymnasiales Lehramt in Kooperation?: Zwei Pilotprojekte mit Studierenden. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*. (1), 26–30.

Bosse, S., & Spörer, N. (2014). Erfassung der Einstellung und der Selbstwirksamkeit von Lehramtsstudierenden zum inklusiven Unterricht. *Empirische Sonderpädagogik*, 6(4), 279–299.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016). *Neue Wege in der Lehrerbildung: Die Qualitätsoffensive Lehrerbildung*. Retrieved February 14, 2017, from https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/files/Neue_Wege_in_der_Lehrerbildung.pdf.

CAST (2011). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.0*. Wakefield, MA: Author.

Costello, S., & Boyle, C. (2013). Pre-service Secondary Teachers' Attitudes Towards Inclusive Education. *Australian Journal of Teacher Education*, 38(4), 129–143.

de Boer, H. (2014). Potenziale in den Blick nehmen und Haltungen verändern - im Dialog professionalisieren. In S. Trumpa, S. Seifried, E.-K. Franz, & T. Klauß (Eds.), *Inklusive Bildung: Erkenntnisse und Konzepte aus Fachdidaktik und Sonderpädagogik* (pp. 137–152).

Kirkpatrick, D. L. (1979). Techniques for Evaluating Training Programs. *Training and Development Journal*, 33(6), 78–92.

Köpfer, A. (2011). Theorie-Praxis-Seminar "Inklusive Schulentwicklung in Köln" der Universität zu Köln - Perspektiven für die LehrerInnenbildung. In K. Ziemen, A. Langner, A. Köpfer, & S. Erbring (Eds.), *Schriftenreihe Integrationspädagogik in Forschung und Praxis: Vol. 8. Inklusion - Herausforderungen, Chancen und Perspektiven* (pp. 139–150). Hamburg: Kovač.

Krämer, P., Nessler, S., Schlüter, K., & Erbing, S. (2014). Lehramtsstudierendenprofessionalisierung für Inklusion und Didaktik im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I durch kooperative Seminarstrukturen. In B. Amrhein & M. Dziak-Mahler (Eds.), *Fachdidaktik inklusiv. Auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule* (1st ed., pp. 221–231). Münster: Waxmann.

Lambe, J., & Bones, R. (2006). Student teachers' perceptions about inclusive classroom teaching in Northern Ireland prior to teaching practice experience. *European Journal of Special Needs Education*, 21(2), 167–186.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2016). *Gesetz über die Ausbildung für Lehrämter an öffentlichen Schulen: LABG*.

Monitor Lehrerbildung (2015). *Inklusionsorientierte Lehrerbildung - vom Schlagwort zur Realität?* Retrieved February 12, 2017, from http://www.monitor-lehrerbildung.de/export/sites/default/.content/Downloads/Monitor_Lehrerbildung_Inklusion_04_2015.pdf.

Schlüter, A.-K., Melle, I., & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens: Universal Design for Learning. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 61(3), 270–285.

Schmitt, A. K. (2016). Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Studien zum Physik- und Chemielernen*: Vol. 198. Berlin: Logos.

Simone Abels[1] [1]Universität Lüneburg
Thomas Plotz[2] [2]Universität Wien
Brigitte Koliander[3] [3]Pädagogische Hochschule Niederösterreich
Christine Heidinger[2]

Berufliche Anforderungen im inklusiven Chemieunterricht

Lehrpersonen sind die vermittelnde Instanz zwischen der Chemie als Wissenschaft und der Erfahrungswelt der Schüler_innen. Hinderlich dabei kann die Fachkultur der Chemie als harte, abstrakte, komplexe, lebensferne Wissenschaft sein. Die zentrale Frage von Chemieunterricht im Kontext von Inklusion lautet daher oft: (Wie) Kann diese exklusive Fachkultur mit Ansprüchen inklusiver Bildung vereinbart werden? Eine Doppelstunde zum Thema Atombau in einer 8. Klasse einer inklusiven Mittelschule wurde einer Analyse mittels dokumentarischer Methode unterzogen, um die handlungsleitenden Überzeugungen der Chemielehrperson zu rekonstruieren. Aus der Analyse der Handlungen ergab sich folgender Orientierungsrahmen der Lehrperson: Chemievermittlung soll in allen Phasen und unabhängig vom Unterrichtsziel nicht autoritär, sondern partizipativ sein. Die Fachkultur der Chemie induziert jedoch oftmals eine direkte Instruktion und autoritäre Verhaltensweise. Die unterschiedlichen Betrachtungsebenen der Chemie (phänomenal, makroskopisch, submikroskopisch) machen sie als Wissenschaft erfolgreich, für Schüler_innen jedoch schwer zu verstehen (Taber, 2013). Das Fach Chemie ist für sie als Laien zunächst unverständlich, abstrakt und weit entfernt von konkreten, alltäglichen Erfahrungen. „As a result, scientific discourse comes across not only as impenetrable and forbidding, but also as anti-democratic and elitist to outsiders." (Sharma & Anderson, 2009, S. 1258) Inklusion fordert hingegen Partizipation an Bildung und Lernprozessen für alle Schüler_innen (UNESCO, 2009). Im täglichen Unterrichtsalltag ist die Umsetzung für Fachlehrpersonen kaum zu meistern. Ständig wechselnde Klassen mit vielen Schüler_innen sowie die Benotung nach vergleichbaren Standards erschweren die Aufgabe der Lehrpersonen. Hinzu kommt, dass stigmatisierende Effekte wie das Determinieren von Förderschwerpunkten und die Zuweisung entsprechender Materialien der Idee von Inklusion grundlegen zuwiderläuft (Florian & Spratt, 2013).
Daraus formuliert sich folgende These: Die Anforderungen an das Lehren von Chemie widersprechen den Anforderungen inklusiven Unterrichts. Belege für diese These ergeben sich aus der vorliegenden Studie.

Forschungsfeld und Datenerhebung
Die Studie wurde an einer inklusive Mittelschule (Klassenstufe 5-8, Jahrgänge sind zwei- oder dreizügig) in einer Stadt in Österreich durchgeführt. Unterrichtet werden Schüler_innen mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf gemeinsam, wobei die Schule 20 Jahren ein inklusives Schulprogramm entwickelt und evaluiert. Im Schnitt haben fünf von ca. 20 Schüler_innen einer Schulklasse einen diagnostizierten sonderpädagogischen Förderbedarf, der sich teilweise nur auf einzelne Fächer bezieht (Abels, 2015).
Der Fokus der Studie lag auf dem Chemieunterricht der zwei achten Klassen. Dieser war in Halbgruppen (max. 10 Schüler_innen) organisiert und wurde von einer Chemielehrerin gehalten. Insgesamt wurden im Schuljahr 2013/14 20 Schulstunden videographiert (Unterrichtsgespräche mit einer Kamera, Kleingruppenarbeit mit drei Kameras) und informelle Gespräche mit der Lehrperson zusätzlich audiographiert. Aus dem bestehenden Datensatz wurde eine Doppelstunde gezielt für eine vertiefende Re-Analyse ausgewählt und transkribiert. In dieser Doppelstunde wurde das Thema ‚Atomaufbau' ausführlich mit den

Schüler_innen besprochen und wiederholt. Sieben Schüler_innen der Halbgruppe (vier Jungen, drei Mädchen) waren anwesend.

Datenanalyse

Da eine deskriptive Beschreibung der Stunde „nur“ das WAS der Interaktion erfassen würde, wurde auf die Dokumentarische Methode zurückgegriffen (Bohnsack, Nentwig-Gesemann & Nohl, 2013; Bonnet, 2009). Dieser methodische Zugang erlaubt die Analyse des WIE und ermöglicht es somit auf handlungsleitende Orientierungsrahmen zu schließen. Das WAS beinhaltet in dieser Analyse die explizierten fachlichen Themen und die grobe Struktur des Unterrichts (Gruppenarbeit, Lehrervortrag). Den Beteiligten selbst ist dafür ein reflexiver Zugang möglich. Das handlungsleitende Wissen der Personen umfasst zusätzlich auch habitualisiertes Orientierungswissen, welches in den Handlungen der Personen sichtbar wird, diesen jedoch nicht reflexiv zugänglich ist (Bohnsack, 2013). In der Analyse des WIE der Interaktionen ist eine Rekonstruktion durch die Forscher_innen möglich.

Ergebnisse

Die Doppelstunde lässt sich in Bezug auf das WAS relativ genau in drei Teile unterteilen:

Phase	Dauer	Sozialform und Methoden	Fachbezug
1	20 Min.	Einzel-/Partnerarbeit und Präsentation im Plenum	Atomaufbau
2	50 Min.	Unterrichtsgespräch im Plenum	Schalenmodell
3	15 Min.	Unterrichtsgespräch im Plenum	Chemische Bindung

Tab. 1: Struktur der Doppelstunde

Nach Phase 1 verändert sich die Unterrichtsform in ein Unterrichtsgespräch, welches im Folgenden genauer analysiert wird. Die gewählte Sozialform des Unterrichts bleibt in den Phasen 2 und 3 gleich. Dennoch finden sich in der Analyse der Themen- (Academic Task Structure (ATS)) und der Partizipationsstruktur (Social Participation Structure (SPS)) eine deutliche Verschiebung (vgl. Bonnet, 2009). Methodisch wurde zunächst der Unterricht in Phase 2 einer reflektierenden Interpretation unterzogen. Diese wurde danach um die Analyse der Phase 3 erweitert, welche als Kontrastierung zur Phase 2 herangezogen wurde.

Betrachtet man die SPS der Phase 2 und fokussiert dabei auf die Kommunikationsmuster, so findet sich ein recht eindeutiges Ergebnis. Der Diskurs läuft überwiegend nach dem klassischen IRE-Muster ab (Mortimer & Scott, 2003): Initiate (durch die Lehrerin), Respond (durch eine/n Schüler/in), Evaluate (durch die Lehrerin; s. Transkriptausschnitt Z. 30-39).

30 **L:** [...] ***und was ist quasi dann die Ladung vom Kern?*** **(I)**
31 SW7: *Plus.* **(R)**
32 **L:** ***Die ist positiv, ok.*** **(E)** ***Also ich habe einen positiven Kern in der Mitte und dann***
33 ***habe ich rundherum die?*** **(I)**
34 SM3: *Negativen* **(R)**
35 **L:** ***Die?*****(E)**
36 SW7: *Elektronen.* **(R)**
37 **L:** ***Elektronen und wo befinden sich die? Wo stellt man sich vor dass diese*** **(I)**
38 SW9: *In Schalen.* **(R)**
39 **L:** ***In Schalen, genau.*** **(E)**

Bezogen auf die ATS verläuft das Gespräch in Unterrichtsphase 2 fast nur auf der submikroskopischen Ebene der Teilchen (Taber, 2013), auch wenn diese Ebene nie expliziert wird. Das Unterrichtsziel wird durch die objektive Sinnkonstruktion des Faches bestimmt, die von der Lehrerin auf Basis ihres Fachwissens, der Kenntnis von Curricula, Schulbüchern etc. vertreten wird (Bonnet, 2009).

Insgesamt zeigt sich die Gesprächsführung von Seiten der Lehrperson in dieser Phase als autoritär und gesteuert. Die Schüler_innen sind Stichwortgeber für die Entwicklung der richtigen fachlichen Sichtweise, eine verstehende Übernahme des Wissens wird ihnen aufgrund der fehlenden Verhandlung der fachlichen Sichtweise mit ihren lebensweltlichen

Vorstellungen nicht ermöglicht. Die Lehrerin versucht durch verschiedene Maßnahmen die Partizipation der Schüler_innen in dieser Phase hoch zu halten, erreicht dieses Ziel jedoch nur eingeschränkt.
In der dritten Phase dominiert nun im Gegensatz zur vorherigen Phase auf der Ebene der ATS die Sichtweise der Schüler_innen, die objektive Sinnkonstruktion des Faches tritt in den Hintergrund. Lebensweltliche Vorstellungen werden z.T. unter Co-Konstruktion mehrere Schüler_innen entwickelt. Der Inhalt ist dabei den Schüler_innen unbekannt und kann daher weder reproduziert oder erraten werden (s. Transkriptausschnitt Z. 64-90).

64 SM4: (Zeigt auf und deutet auf das Chemie Buch in seiner Hand) *Aber man kann ja nicht*
65 *Wasserstoff so lange einfrieren bis es passiert, dass es Helium wird.// Oder geht das?*
66 **L:** ***Aha. Nein, wir wollen nicht. Aufpassen! Wir wollen's nicht in ein anderes Element***
67 ***umwandeln, sondern wir wollen zwei zam hängen*** **(deutet diesen Vorgang mit den**
68 **Händen).**
69 SM4: *Aso, wir wollen nur das es wieder*
70 SM2: *Eines positiv machen und eines negativ machen.*
71 **L:** ***ja***
72 SM5: *Wir wollen.*
73 SM2: *Vielleicht bei einer Hitze //SM3: Ja Hitze.// geht vielleicht das negative weg und bei*
74 *der Kälte bleibt das negative oder umgekehrt?*
75 SM3: *Und dann mischens sich irgendwie.*
76 **L:** ***Okay, schau ma uns das mal an.***
77 SM2: *Das eine erhitz ma, das andere erkältet man und dann.*
78 SM5: *Oder wir erhitzen Wasser, und dann verdampft es.*
79 **L:** ***Und das Elektron verdampft plötzlich?***
80 (SM2 lacht)
81 SM4: *Vergiss es.*
82 SM5: *Weiß nicht, es entfliegt einfach?*
83 SM2: (lacht): *Nein es geht.*
84 SM3: *Wieso nicht?*
85 SM2: *Es löst sich.*
86 SM5: *Es ?ist? in einer Wolke.*
87 **L:** ***Und dann?***
88 SM3: *Regnet es.*
89 (Alle lachen)
90 SM2: *Es regnet Elektronen* (lacht dabei)

Auf Ebene der SPS verändert sich in der Phase 3 die Interaktionsform insofern, dass es sich zwar nach wie vor um ein fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch handelt, allerdings lassen sich am Gesprächsmuster (I-R-E Schema) Unterschiede erkennen. Die Lehrerin stellt offen formulierte Fragen. In weiterer Folge kommt es auch dazu, dass die Schüler_innen die Rolle der Initiatoren übernehmen und damit verlässt das Gespräch das autoritäre I-R-E-Schema gänzlich. Der Sprechanteil der Lehrperson reduziert sich massiv.
Diese Veränderung auf beiden Ebenen zieht auch einen gewissen Verlust der Fachlichkeit nach sich. Den Schüler_innen ist es nicht möglich das zu erarbeitende fachliche Wissen in der gemeinsamen Co-Konstruktion zu erschließen. Die Verwendung von alltäglichen Erfahrungen ermöglicht eine partizipative Kommunikation zwischen den Schüler_innen, führt aber zu kaum mehr fachlich zu nennenden Inhalten. So werden Atome durch Hitze oder Kälte ionisiert und die freiwerdenden Elektronen sammeln sich in Wolken und regnen herab.

Conclusio

Die Differenz in den Phasen 2 und 3 lassen sich gut im Spannungsfeld von Fachlichkeit und Inklusion ansiedeln. Es erscheint als wären diese beiden Pole im Unterricht nicht zu vereinen. Die Ergebnisse stützen die anfangs formulierte These.
Künftige Analysen anderer Unterrichtsequenzen (forschendes Lernen auf verschiedenen Stufen bzw. Durchführung von Experimenten) sollen aufklären, ob die gewählte Unterrichtsform einen Einfluss auf die Vereinbarkeit hat.

Literatur

Abels, S. (2015). Implementing Inquiry-Based Science Education to Foster Emotional Engagement of Special-Needs Students.In: (Hrsg.), Affective Dimensions in Chemistry EducationSpringer, 107-131

Bohnsack, R. (2013). Dokumentarische Methode und die Logik der Praxis.In: (Hrsg.), Pierre Bourdieus Konzeption des HabitusSpringer, 175-200

Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M. (2013). Einleitung: Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis.In: (Hrsg.), Die dokumentarische Methode und ihre ForschungspraxisSpringer, 9-32

Bonnet, A. (2009). Die Dokumentarische Methode in der Unterrichtsforschung: Ein integratives Forschungsinstrument für Strukturrekonstruktion und Kompetenzanalyse. Zeitschrift für Qualitative Forschung, 10 (2), 219–240

Florian, L., & Spratt, J. (2013). Enacting inclusion: A framework for interrogating inclusive practice. European Journal of Special Needs Education, 28 (2), 119-135

Mortimer, E., & Scott, P. (2003). Meaning Making In Secondary Science Classroomsaa. McGraw-Hill Education (UK).

Sharma, A., & Anderson, C. W. (2009). Recontextualization of Science from Lab to School: Implications for Science Literacy. Science & Education, 18 (9), 1253-1275

Taber, K. S. (2013). The Learner's Ideas.In: (Hrsg.), Modelling Learners and Learning in Science EducationSpringer Netherlands, 51-78

UNESCO (2009). "Inklusion: Leitfaden für die Bildungspolitik." Retrieved 13.10.2017, from http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bibliothek/inklusion_leitlinien.pdf

Nadezda Strunk
Dietmar Höttecke
Universität Hamburg

Perspektiven von Physiklehramtsstudierenden auf die Rolle der Sprache im Physikunterricht

Bildungsstandards sehen vor, dass auch im Physikunterricht sprachliche Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern gefördert werden müssen. Dafür brauchen Physiklehrkräfte, die meistens ein zweites naturwissenschaftliches Fach bzw. Mathematik studieren, eine entsprechende Vorbereitung in Fragen der Sprachbildung im Physikunterricht. Dabei ist bereits bekannt, dass Lehrkräfte so unterrichten, wie sie selbst unterrichtet wurden und ihre persönliche Erfahrung zum Teil stärker auf die Planung und Durchführung vom eigenen Unterricht auswirken kann als das explizit vermittelte Theoriewissen (vgl. Korthagen 1993).
Das Handeln der Lehrkräfte im Unterricht wird zum großen Teil vom impliziten, unbewussten Wissen bestimmt, welches auf eigenen Erfahrungen mit Schulunterricht basiert (Markic & Eilks 2007; vgl. Klinghammer et al. 2016). Entsprechend einigen Forschungsergebnissen (Riebling 2013, vgl. Tajmel 2017) führt Vermittlung von theoretischem Wissen in Lehreraus- und Fortbildung noch nicht zur Integration der sprachbildenden Aspekte in den naturwissenschaftlichen Unterricht.
In der vorliegenden Studie wird davon ausgegangen, dass die Perspektiven von Lehrkräften auf sprachliche Bildung im Physikunterricht, wie sie aus eigenen Erfahrungen hervorgegangen sein können, der Internalisierung vom neuen Wissen im Wege stehen können. Der Begriff der Perspektiven umfasst bewusste, explizite als auch unbewusste, implizite Wissensbestände, die das Handeln in unterrichtlichen Situationen im Kontext des Umgangs mit Sprache und sprachlicher Heterogenität beeinflussen. Sie entwickeln sich im Laufe der Sozialisation und biographischen Lernprozesse, wirken als eine Art Filter (vgl. Blömecke, Kaiser, Lehmann 2008) und ermöglichen Übernahme neuer Wissensbestände umso eher, wenn sie nicht in Konflikt mit den vorhandenen Perspektiven stehen.
Da unterrichtsbezogene Perspektiven von Lehrkräften deren Denk- und Handlungsweisen im Unterricht beeinflussen (Markic & Eilks 2007), muss man mehr über bereits bestehende Perspektiven der angehenden Physiklehrkräfte wissen, bevor neues Wissen bezüglich der Sprachbildung im Physikunterricht vermittelt wird.

Forschungsstand und Forschungsziel

Bis heute wurden Perspektiven auf Sprache und sprachliche Heterogenität überwiegend auf der explizierbaren Ebene durch Fragebögen erfasst (Riebling 2013; Hammer et al. 2016). Der zentrale Punkt aus Sicht von Vogelsang und Reinhold (2013, vgl. Sander 2017) ist dabei die Feststellung, dass in vielen standardisierten Testverfahren vor allem Wissen erhoben wird. Einstellungen bzw. Perspektiven sind in der Regel nicht oder kaum bewusst (Trautmann & Wischer 2011) und können dementsprechend nicht unmittelbar verbalisiert werden. Die Untersuchung der Tiefendimension von Lehrerperspektiven stellt in diesem Bereich ein Desiderat dar (vgl. Morek & Heller 2012). Daher sollen im Rahmen dieser Studie neben expliziten, verbalisierten vor allem implizite Wissensbestände rekonstruiert werden, da sie in erster Linie das Handeln in unterrichtlichen Situationen beeinflussen.
Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Rekonstruktion von Perspektiven von angehenden Physiklehrkräften auf die Rolle der Sprache für das Lernen im Physikunterricht sowie Perspektiven auf Umgang mit sprachlicher Heterogenität. Es werden sowohl sprachbezogene als auch allgemeine Perspektiven auf Physikunterricht, -lehren und -lernen rekonstruiert, die möglicherweise das Internalisieren des Wissens über Sprache, sprachliche Heterogenität und Physiklernen beeinflussen können. Um an die impliziten Wissensbestände zu gelangen, wurde

für die Auswertung des Datenmaterials die dokumentarische Methode (Bohnsack 2010) ausgewählt. Diese Methode ermöglicht die Rekonstruktion von Perspektiven auf der Oberflächenstruktur, was den expliziten Wissensbeständen entspricht, sowie Rekonstruktion von Perspektiven auf der Tiefenstruktur, was implizite Wissensbestände widerspiegelt. Diese Perspektiven, die in der dokumentarischen Methode als Orientierungen bezeichnet werden, ermöglichen eine Einsicht in die Struktur des Handelns, diese Struktur leitet ihrerseits das Handeln der Lehrkräfte im Unterricht.

Stichprobe und Untersuchungsdesign

Im Rahmen der Hauptstudie wurden zehn Interviews mit Physiklehramtsstudierenden im zweiten Mastersemester und vier Interviews mit bereits praktizierenden Physiklehrkräften an Gymnasien und Stadtteilschulen mit zwei bis vierzehn Jahren Berufserfahrung geführt. Die Aufnahme von praktizierenden Lehrkräften in Sample sollte erlauben, mögliche Kontraste in Sample zu steigern. Der Interviewleitfaden wurde in einer Vorstudie entwickelt und erprobt. Der Leitfaden wurde so konzipiert, dass zu Beginn des Interviews allgemeine Fragen gestellt wurden, die sich nicht auf sprachliche Aspekte beziehen. Im weiteren Interviewverlauf wurden explizite Fragen zum Umgang mit Sprache im Unterricht sowie Wahrnehmung der Unterrichtssituationen, in denen Sprache eine Rolle spielen kann, gestellt. Durch diese zwei Typen von Fragen wird erwartet, dass ein Vergleich von Perspektiven auf Oberflächen- und auf der Tiefenstrukturebene möglich ist.

Die transkribierten Interviews werden nach dem Auswertungsverfahren von Nohl (2017, vgl. Sander 2017; Krüger 2017) ausgewertet. Im ersten Schritt der *formulierenden Interpretation* wird der objektive Sinngehalt jeder Aussage rekonstruiert, indem sprachliche Äußerungen gegliedert und paraphrasiert wird, um die thematische Struktur zu beschreiben. Im zweiten Schritt, der *reflektierenden Interpretation,* steht der dokumentarische Sinngehalt im Fokus. Dafür werden Art und Weise dessen, wie ein Thema behandelt wird, analysiert. Ausgehend davon werden im Fallvergleich Vergleichsdimensionen entwickelt und Orientierungen rekonstruiert (Sander 2017).

Ergebnisse, Diskussion und Ausblick

Im Folgenden wird ein Einblick in das Datenmaterial gegeben. Dazu werden Perspektiven auf der Tiefenstrukturebene von zwei Fällen beschrieben. Die Interviewausschnitte dienen lediglich der Illustration, da die Analysen immer auf dem Vergleich innerhalb von Fällen und über Fälle hinweg beruhen.

Beispiel Mila: Mila positioniert sich beim Sprechen als Lehrerin und nimmt dabei eine aktiv handelnde Position ein. Im Unterricht geht es ihr in Situationen, in denen Sprache eine Rolle spielt, darum, Beobachtungen zu beschreiben und daraus Schlüsse zu ziehen. Somit hat Sprache im Unterricht für sie vor allem eine kognitive Funktion. Präzises Sprechen, genaues Beschreiben und Benutzen von Fachbegriffen haben für Mila eine wichtige Bedeutung. Ebenso wichtig sind für sie Reflexion über eigene Handlungen im Unterricht und eigenen Sprachgebrauch. Die Reflexion dient dem Ziel eigene Handlungen im Unterricht fachsprachlich und verständlich für andere zu beschreiben, somit kommt auch die kommunikative Funktion der Sprache zum Tragen. Die Fachsprache hat für Mila eine

> *„In dem Moment wo ich Sachen versuchen will zu beschreiben. Und versuche dann aus dieser Beschreibung oder aus dieser Beobachtung Schlüsse zu ziehen. Weil es dort ja auf die Genauigkeit drauf ankommt und dort dann eben drauf ankommt nicht, dass es ‘n Dingsda war, was man genommen hat, sondern war‘s jetzt ‘ne Linse, war‘s ‘n Messer, war‘s was auch immer, also dass da irgendwie ganz klar sein muss, „Was nutze ich denn eigentlich“, also dass man da die Fachbegriffe hat, und*

besonders hohe Bedeutung, dagegen sollte aus ihrer Sicht Alltagssprache kaum Platz im Unterricht haben.

Beispiel Adrian: Für Adrian steht stärker im Vergleich zu Mila das Unterrichtsgeschehen im Mittelpunkt. Er beschreibt Unterrichtssituationen als Beobachter und tritt in seiner Beschreibung als jemand, der das Geschehen im Unterricht koordiniert und kontrolliert auf. Sprache wird von ihm als eine gewisse Macht konzipiert: sprachbezogene Situationen „kommen", er „hatte sie sich bei mir im Unterricht", sie „brechen los". Es gehört zu seiner Lehreraufgabe diese Macht unter Kontrolle zu halten, was ihm auch gelingt, da er selbst entscheidet, ob er eine Situation „laufen lässt" oder nicht. Sprechen über fachliche Inhalte aus der Alltagsperspektive im Unterricht wird von ihm als „abdriften" gesehen, was auch unterschiedlich stark ausgeprägt und entsprechend kontrolliert werden kann. Alltagssprache wird metaphorisch als etwas Flüssiges, dass losbrechen kann und vom Lehrer kanalisiert werden muss, konzipiert. Jedoch hat Alltagsperspektive, hier kann man auch von der Alltagssprache sprechen, aus seiner Sicht ihren Platz im Unterricht, weil sie den Schülerinnen und Schülern hilft, durch den Alltagsbezug und den Austausch miteinander sich dem Thema zu nähern.

> *„[…] ich glaub' im Physik kommen gerade solche, hatte ich auch öfters diese Situation bei mir im Unterricht, dass das dann so bisschen abdriften oder schon über den physikalischen Gegenstand reden, aber unter seiner alltäglichen oder Alltagsperspektive, also wo ich das sehr stark hatte, das habe ich dann auch mit Absicht so laufen lassen, war als ich in der siebten Klasse, die ich unterrichtet habe, war Einstieg in das Thema Licht und Optik und es ging grob gesagt um das Thema leuchtende und beleuchtende Gegenstände vor allem die Diskussion', die dann losgebrochen sind vorher, ich hab halt die Schüler Hypothesen sammeln lassen, was für Gegenstände,*

Diskussion

Bei der Analyse des Materials zeigt sich unterschiedliche Selbst-Positionierung von Physiklehrkräften im Unterricht. An den Beispielen Mila und Adrian kann man eine aktive (über das Geschehen im Unterricht bestimmen) und eine halb-aktive (beobachten, Kontrolle behalten) Positionen unterscheiden. Es werden auch Unterschiede bei der Konzipierung der Sprache bemerkbar. Mila sieht Sprache als ein Konstrukt zwischen zwei Polen – reflektierter, präziser Gebrauch von Fachsprache vs. ungenauer Sprachgebrauch. Dagegen ist Sprache für Adrian eine Macht, die der Kontrolle durch den Lehrer bedarf. Es zeigen sich unterschiedliche Sichtweisen auf die Rolle der Alltagssprache im Unterricht. Während Adrian den Gebrauch der Alltagssprache im Unterricht zulässt, wenngleich er dies als „Abdriften" sieht, geht es aus der Sicht von Mila im Unterricht vor allem um eine korrekte, präzise Fachsprache. Die konstruktive Funktion, die Alltagssprache neben Bildungs- und Fachsprache im Lernprozess einnehmen kann, wird von Adrian intuitiv berücksichtigt, von Mila jedoch weder gesehen noch wertgeschätzt.

Hinweise auf diese Perspektiven, die hier auch bestimmte Handlungsmuster in Bezug auf Sprache offenbaren, finden sich auch in weiteren Interviewpassagen von Adrian und Mila wieder.

Ausgehend von hier angeführten Interviewpassagen kann vermutet werden, dass Perspektiven von angehenden Physiklehrkräften auf Rolle der von Alltagssprache und Fachsprache zum einen stark variieren können und zum anderen mit allgemeinen Perspektiven verbunden sind (aktive oder eher passive Selbst-Positionierung im Unterricht) Diese Erkenntnisse können eine Möglichkeit bieten, in der Lehrerausbildung daran anzuknüpfen und ausgehend davon relevante Inhalte für die Gestaltung eines sprachbildenden Unterrichts zu thematisieren.

Literatur

Blömeke, S., Kaiser, G., Lehmann, R. & Schmidt, W. H. (2008). Introduction to the issue on Empirical research on mathematics teachers and their education. ZDM – The International Journal on Mathematics Education, 40(5), 715-717

Bohnsack, R. (2010). Rekonstruktive Sozialforschung: Einführung in qualitative Methoden (8. Aufl.). Stuttgart: UTB

Hammer, S., Fischer, N. & Koch-Priewe, B. (2016). Überzeugungen von Lehramtsstudierenden zu Mehrsprachigkeit in der Schule. Die Deutsche Schule (13), 147–171

Korthagen, F. A. J. (1993). Two modes of reflection. Teacher & Teacher Education, 9 (3), 317-326

Trautmann, M. & Wischer, B. (2011). Heterogenität in der Schule. Eine kritische Einführung. Wiesbaden: VS-Verlag

Klinghammer, J., Rabe, T., Krey, O. (2016). Unterrichtsbezogene Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22(1), 181-195

Krüger, J. (2017). Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften. Theoretische Grundüberzeugungen und empirische Erkenntnisse. Berlin: Logos

Markic, S. & Eilks, I. (2007). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Physik über Physikunterricht zu Beginn ihres Studiums und ihre Einordnung. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 6(2), 31-42

Morek, M. & Heller, V. (2012). Bildungssprache – Kommunikative, epistemische, soziale und interaktive Aspekte ihres Gebrauchs. Zeitschrift für Angewandte Linguistik, 67–101

Nohl (2017). Interview und Dokumentarische Methode. Wiesbaden: Springer VS (5. Auflage)

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

Sander, H. (2017). Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft. Berlin: Logos

Tajmel, T. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft. Grundzüge einer Reflexiven Physikdidaktik und kritisch-sprachbewussten Praxis. Wiesbaden: Springer VS

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

Markus Sebastian Feser Universität Hamburg
Dietmar Höttecke

Physiklehrkräfte beurteilen Schülertexte – Eine Explorationsstudie

Die Beurteilung der Leistung von Schüler_innen ist ein bedeutsamer Aspekt der täglichen Berufspraxis von Lehrkräften. Bisherige Untersuchungen aus einer eher allgemeindidaktischen Perspektive haben gezeigt, dass Sekundarstufenlehrkräfte für die Leistungsbeurteilung von Schüler_innen tendenziell vor allem auf Klassenarbeiten zurückgreifen und auf diese als Informationsquelle vertrauen (vgl. Marso & Pigge, 1993). Des Weiteren deutet die bisherige Forschung darauf hin, dass sich Lehrkräfte Strategien und Kriterien, die dazu dienen, die Leistung von Schüler_innen im Rahmen einer Klassenarbeit zu beurteilen, vor allem in ihrem Berufsalltag, jedoch kaum im Rahmen von theoretischer Aus- und Weiterbildung aneignen (vgl. Terhart, 2000). Generell ist jedoch festzustellen, dass alltägliche Leistungsbeurteilung durch Lehrkräfte einen Gegenstand dargestellt, mit dem sich die erziehungswissenschaftliche und insbesondere physikdidaktische Forschung bislang nur sehr wenig auseinandergesetzt hat (z. B. Stiggins, 1991).
Aus der fachdidaktischen Forschung ist bekannt, dass der Physikunterricht neben fachlichen auch hohe sprachliche Anforderungen an Schüler_innen stellt (z. B. Riebling 2013; Rincke, 2007). Nach Wellington & Osborne (2001) ist daher «[e]very science lesson [...] a language lesson» (S. 2), weswegen Sprache eine zentrale Zugangsbarriere für naturwissenschaftliche Bildung darstellt (vgl. ebd.; Tajmel, 2017). Es ist daher naheliegend davon auszugehen, dass die Beurteilung schriftlicher Schülerleistungen durch Physiklehrkräfte hiervon nicht unberührt bleibt. An Fallbeispielen konnte Tajmel (2010) bereits darlegen, dass Physiklehrkräfte bei fachlicher Leistungsbeurteilung hohe Erwartungen an die sprachliche Form stellen und beim Fällen fachlicher Leistungsurteile mitbewerten. Wir vermuten, dass sich dies auch auf die Beurteilung von Klassenarbeiten niederschlägt. Darüber, wie Physiklehrkräfte bei der Beurteilung einer Klassenarbeit vorgehen und ob hierbei fachliche und sprachliche Urteile konfundieren, liegt allerdings bis dato keine belastbare empirische Evidenz vor. Im Projekt „Fachliche und sprachliche Urteilskriterien von Physiklehrkräften“ explorieren wir daher die Genese von Urteilen über schriftliche Schülerlösungen aus einer Leistungssituation. Zusammengefasst interessieren uns die folgenden beiden Forschungsfragen in diesem Projekt:

1. Welche Ressourcen werden von Physiklehrkräften zur fachlichen und sprachlichen Beurteilung schriftlicher Leistungsaufgaben eingesetzt?
2. Inwieweit findet beim Beurteilen von Schülerleistungen eine Konfundierung fachlicher und sprachlicher Leistungsurteile statt?

Methodisches Vorgehen

Um diese beiden Fragen explorieren zu können, haben wir im Rahmen einer Vorstudie ein geeignetes Erhebungsinstrument für Physiklehrkräfte entwickelt. Dessen finale Version soll nun zunächst kurz beschrieben werden (für eine detaillierte Darstellung der Entwicklungsarbeit siehe Feser et al. (2016), sowie Feser & Höttecke (2017a)): Die zentrale Idee hinter dem Aufbau des Instruments ist die Erhebungssituation so authentisch wie möglich zu gestalten. Die teilnehmenden Lehrkräfte werden daher im ersten Teil der Erhebung darum gebeten, einen Erwartungshorizont zu einer Leistungsaufgabe so zu erstellen, wie sie dies unter normalen Umständen auch tun würden. Die Leistungsaufgabe

fordert Schüler_innen dazu auf, ein physikalisches Phänomen der Akustik in Form eines Textes zu erklären. Mit Hilfe ihres Erwartungshorizonts korrigieren die Lehrkräfte anschließen vier auf sprachlicher und auf fachlicher Ebene stark unterschiedliche Schülerlösungen. Geeignete Schülerlösungen sind in einer Vorstudie generiert worden (vgl. Feser & Höttecke, 2017b). In einem sich anschließenden Postinterview wird die fachliche und sprachliche Qualität der zuvor von den Lehrkräften korrigierten Schülerantworten noch einmal beleuchtet. Dazu werden den Lehrkräften die Schülerantworten in Paaren vorgelegt. Bei vier verschiedenen Schülerantworten gibt es insgesamt sechs unterschiedliche Paare. Jedes dieser sechs Paare wird den Lehrkräften zweimal vorgelegt. Beim ersten (zweiten) Mal erhalten sie die Instruktion:

> «Beurteilen Sie, ob eine der beiden Antworten fachlich (sprachlich) besser ist, oder ob sie fachlich gleich gut sind. Ob evtl. eine der beiden Antworten sprachlich (fachlich) besser ist, soll hierbei komplett unberücksichtigt bleiben. Bitte begründen Sie Ihre Entscheidung.»

Audiographien der Think-Aloud-Aufgabe und des Postinterviews bilden die Datenbasis der Hauptstudie dieses Projekts. Die Datenanalyse ermöglicht schlussendlich Einblicke in die Denkprozesse der Lehrkräfte während der Materialbearbeitung, die durch bloße Beobachtung nicht zugänglich sind (Heine & Schramm, 2016). Vor der eigentlichen Korrekturarbeit findet zudem ein intensives Training der Think-Aloud-Methode statt, um die Validität der erhobenen Daten sicher zu stellen (Heine & Schramm, 2007; van Someren et al. 1994).

Die Erhebung der Hauptstudie, in der das eben beschriebene Instrument eingesetzt wurde, fand von April bis September 2016 statt. Insgesamt wurde dabei ein heterogenes[1] Gelegenheitssample von N=21 Hamburger Physiklehrkräfte gewonnen. Parallel zur Erhebungsphase wurden von den Audiographien der Think-Aloud-Aufgabe und des Postinterviews manualgeleitete Detailtranskripte angefertigt (vgl. Fuß & Karbach, 2014). Anschließend wurde damit begonnen, die Laut-Denk-Protokolle und die Transkripte der Postinterviews zunächst getrennt voneinander auszuwerten. Die Entscheidung, den erhobenen Datensatz zunächst in zwei Teildatensätze zu zerlegen, erfolgte, um dem Umstand gerecht zu werden, dass die Postinterviews Einblicke in die «reflective perspective» von Physiklehrkräften auf die Beurteilung schriftlicher Schülerleistungen gewähren, wohin gehen die Laut-Denk-Protokolle die «in-action perspective» beleuchten (vgl. Lindmeier, 2011). Die Analysen der Datensätze erfolgte ferner unter zu Hilfenahme von sowohl qualitativen als auch quantitativen Methoden: Die Verbaldaten wurden mit Hilfe verschiedener Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (vgl. Mayring, 2015) und sofern dies möglich bzw. zulässig war, wurden die so gewonnen qualitativen Befunde quantifiziert (vgl. Kuckartz, 2014) und mit Hilfe non-parametrischer statistischer Methoden weiter analysiert (vgl. Siegel, 1976). Wir berichten hier ausgewählte Befunde, die wir aus der Analyse der Postinterviews gewonnen haben:

[1] Es wurden Physiklehrkräfte mit unterschiedlich langer Berufserfahrung (2.5 bis 37 Jahre), mit verschiedenen Zweitfächern (insbesondere sprachlichen Fächern) und die an Gymnasien und/oder Stadtteilschulen unterrichten befragt.

Befunde aus der Analyse der Postinterviews

In einem ersten Analyseschritt wurden die Postinterview-Transkripte einer inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) unterzogen. Dieses Verfahren ermöglichte es uns, die von den befragten Lehrkräften für die Beurteilungen der Schülertexte verwandten Beurteilungskriterien induktiv zu identifizieren. Dabei zeigte sich, dass die befragten Lehrkräfte für die Paarvergleiche bzgl. der fachlichen Qualität zweier Schülertexte insgesamt 13 verschiedene Beurteilungskriterien und für die Paarvergleiche bzgl. der sprachlichen Qualität zweier Schülertexte insgesamt 20 verschiedene Beurteilungskriterien eingesetzt haben[2]. Insbesondere wurde allerdings sichtbar, dass die befragten Lehrkräfte 7 Kriterien in beiden Paarvergleichsaufgaben eingesetzt haben. Wortwörtlich waren diese, «die Entsprechung meiner persönlichen Erwartungen», «die Quantität von Fachwörtern», «die Qualität der (Fach-)Sprache», «der/die Verdichtungsgrad/Präzision des Textes», «die Strukturiertheit/Gliederung des Textes», «die Differenziertheit/Komplexität des Textes» und «das Vorhandensein von Redundanz». Aus unserer Sicht besonders hervorzuheben sind dabei die hier an zweiter und dritter Stelle aufgeführten Kriterien. Bei beiden handelt es sich eindeutig um Beurteilungskriterien, die die sprachliche Realisierung eines Schülertextes betreffen, was umso bemerkenswerter ist, als dass diese von den befragten Lehrkräften (trotz explizit andere Aufforderung!) dazu verwandt wurden, Unterschiede zwischen zwei Schülertexten bzgl. ihrer fachlichen Qualität ggf. zu begründen. Anders ausgedrückt zeigt sich hier also ein sehr deutlicher empirischer Hinweis einer Konfundierung der fachlichen und sprachlichen Leistungsbeurteilung, wie Eingangs von uns vermutet.

Wie ausgeprägt diese Konfundierung ist, darüber lässt sich mit Hilfe des von uns gewählte qualitative Vorgehen jedoch keine Aussage treffen. Aus diesem Grund wurden die in den Postinterviews gewonnenen Daten einer zusätzlichen quantitativen Analyse unterzogen. Hierzu wurden die von jeder Lehrkraft vorgenommenen Beurteilungen durch paarweisen Vergleich in zwei Rangreihen der 4 Schülertexte bzgl. ihrer fachlichen bzw. ihrer sprachlichen Qualität quantifiziert und mit Hilfe dieser Rangreihen anschließend das von Togerson (1956) und Ludwig (1962) vorgeschlagene Rangkorrelationsmaß τ^* bestimmt. Vereinfacht ausgedrückt liefert dieses non-parametrische Korrelationsmaß eine Schätzung der „mittleren“ Stärke des monotonen Zusammenhangs zwischen der fachlichen und sprachlichen Leistungsbeurteilung der befragten Lehrkräfte im Rahmen der Postinterviews. Unsere Berechnung liefert dabei einen Wert von $\tau^*=.42$, der zum Signifikanzniveau $\alpha=.01$ verschieden von 0 ist. Hierbei ist zu beachten, dass die 4 Schülertexte im Rahmen der Vorstudie derart ausgewählt wurden, dass ein Wert von $\tau^*\approx 0$ theoretisch zu erwarten gewesen wäre, der sich hätte zeigen müssen, wenn die Lehrkräfte fachliche und sprachliche Urteile nicht konfundieren.

Resümee

Wie aus dem vorangegangen Abschnitt deutlich wurde, liefert bereits die Analyse der im Rahmen der Postinterviews erhobenen Daten einen reichhaltigen Einblick in die bislang kaum erforschte Genese von Leistungsurteilen von Physiklehrkräften. Zusätzlich hervorzuheben ist, dass die aufgedeckten empirischen Hinweise auf eine Konfundierung von fachlicher und sprachlicher Leistungsbeurteilung als ein Indiz auf eine mangelnde «kritisch-reflexive Sprachbewusstheit» (vgl. Tajmel, 2017) der von uns befragten Physiklehrkraft aufgefasst werden kann und damit deren professionelles Handeln im Kontext von schulischer Leistungsbeurteilung zumindest fragwürdig erscheint.

[2] Eine vollständige Auflistung dieser 13 bzw. 20 Kriterien findet sich bei Feser & Höttecke (2017c).

Literatur

Feser, M.S., Höttecke, D., & Ehmke, T. (2016). Testitems zur qualitativen Untersuchung der Ressourcen von Physiklehrkräften beim Bewerten schriftlicher Schülerleistungen. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, o. V. (o. N.), o. S..

Feser, M. & Höttecke, D. (2017a). Wie Physiklehrkräfte Schülertexte beurteilen – Instrumententwicklung. In Chr. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis (S. 123-126). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016.

Feser, M.S. & Höttecke, D. (2017b). Klassenarbeiten kriteriengeleitet korrigieren – Wie beurteile ich eine Schülererklärung?. Unterricht Physik, 158, S. 15-18.

Feser, M.S. & Höttecke, D. (2017c). How physics teachers assess students' texts in teacher-made tests. Paper presented at the ESERA conference 21st-25th August 2017 in Dublin, http://keynote.conference-services.net/resources/444/5233/pdf/ESERA2017_0099_paper.pdf (14.09.2017).

Fuß, S., & Karbach, U. (2014). *Grundlagen der Transkription. Eine praktische Einführung*.Verlag Barbara Budrich.

Heine, L., & Schramm, K. (2007). Lautes Denken in der Fremdsprachenforschung: Eine Handreichung für die empirische Praxis. In H.J. Vollmer (Ed.), *Synergieeffekte in der Fremdsprachenforschung. Empirische Zugänge, Probleme, Ergebnisse* (pp. 167-206)Europäischer Verlag der Wissenschaften.

Heine, L., & Schramm, K. (2016). Introspektion. In K. Schramm, K. Schramm, & F. Klippel, M.K. Legutke (Eds.), *Forschungsmethoden in der Fremdsprachendidaktik. Ein Handbuch* (pp. 173-181)Narr Francke Attempto Verlag.

Kuckartz, U. (2014). *Mixed Methods. Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*.Springer VS.

Lindmeier, A. (2011). *Modeling and Measuring Knowledge and Competencies of Teachers. A Threefold Domain-specific Structure Model for Mathematics*. Münster: Waxmann.

Ludwig, O. (1962). Über Kombination von Rangkorrelationskoeffizienten aus unabhängigen Meßreihen. *Biometrical Journal*, 4 (1), 40-50.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*.Beltz Verlag.

Marso, R.N., & Pigge, F.L. (1993). Teachers' Testing Knowledge, Skills, and Practices. In S.L. Wise (Ed.), *Teacher Training in Measurement and Assessment Skills* (pp. 129-185), Lincoln (NE): Buros Institute of Mental Measurements.

Riebling, L. (2013). *Sprachbildung im naturwissenschafltichen Unterricht. Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität*.Waxmann.

Rincke, K. (2007). *Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*.Logos Verlag Berlin.

Siegel, S. (1976). *Nichtparametrische statistische Methoden*.Fachbuchhandlung für Psychologie Verlagsabteilung.

Stiggins, R.J. (1991). Assessment Literacy. *Phi Delta Kappan*, 72 (7), 534-539.

Tajmel, T. (2010). DaZ-Förderung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht. In B. Ahrenholz (Ed.), *Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache* (pp. 167-184) 1 ed. Narr Francke Attempto Verlag.

Tajmel, T. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft. Grundzüge einer Reflexiven Physikdidaktik und kritisch-sprachbewussten Praxis*. Wiesbaden: Springer VS.

Terhart, E. (2000). Schüler beurteilen - Zensuren geben. Wie Lehrerinnen und Lehrer mit einem leidigen, aber unausweichlichen Element ihres Berufsalltags umgehen. In S.I. Beutel, & W. Vollstädt (Eds.), *Leistung ermitteln und bewerten* (pp. 39-50), Hamburg: Bergmann + Helbig.

Togerson, W.S. (1956). A non-parametric test of correlation using rank orders within subgroups. *Psychometrika*, 21 (2), 145-152.

van Someren, M.W., Barnard, Y.F., & Sandberg, J.A.C. (1994). *The Think Aloud Method. A pracitcal guide to modelling cognitive processes*.Academic Press.

Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*.Open University Press.

Maren Ebel
Patrick Löffler
Alexander Kauertz
Gisela Kammermeyer
Universität Koblenz-Landau

Konzeptuelles Verständnis und Sprache fördern: Erprobung einer Kita-Lernumgebung

Relevanz

Frühe Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte und Bildungssprache erscheint sinnvoll, da beide als wichtige Faktoren für Schulerfolg gelten und ihre Entwicklung vor Schuleintritt beginnt (Ehlich, Bredel & Reich 2008; Saçkes, Trundle & Bell 2013). Für den frühpädagogischen Bereich liegen allerdings noch keine Studien vor, die die Lernzuwächse der Kinder sowohl in naturwissenschaftlichen Konzepten als auch in bildungssprachlichen Fähigkeiten berücksichtigen.

Theoretischer Hintergrund

Definition

Naturwissenschaftliche Konzepte sind mentale Repräsentationen, die mit Propositionen oder Theorien verbunden sind und auf deren Basis wir Erfahrungen kategorisieren und Schlussfolgerungen ziehen (Carey 2000). Sie sind somit nicht nur Ziel, sondern auch Basis naturwissenschaftlicher Lernprozesse (Carey 2000). Konzepte und Propositionen sind darüber hinaus mit Worten und Ausdrücken verbunden (Kommunikationsfunktion, vgl. Eckes 1996; Carey 2000). Um naturwissenschaftliche Konzepte sprachlich zu repräsentieren, wird Bildungssprache benötigt (Schleppegrell 2004).

Bildungssprache ist ein sprachliches Register, das es ermöglicht, alle zu kommunizierenden Inhalte durch linguistische Hinweise auszudrücken, um über komplexe und abstrakte Sachverhalte zu kommunizieren (Schleppegrell 2004). Sie ist im Vergleich zu alltäglicher face-to-face-Kommunikation durch komplexere grammatikalische Strukturen und präzisere Wortwahl charakterisiert (Schleppegrell 2012; Cummins 2008).

Entwicklung

Die Entwicklung naturwissenschaftlicher Konzepte beginnt bereits im Säuglingsalter auf Basis von Alltagserfahrungen als naive Biologie und Physik (Carey 2000; Fried 2013). Diese Konzepte sind funktional zur Bewältigung des Alltags, können aber den Erwerb wissenschaftlicher Konzepte behindern, wenn die Vorstellungen unvereinbar sind (Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou & Papademetriou 2001). Daraus kann geschlossen werden, dass Alltagserfahrungen alleine nicht genügen, um wissenschaftlich korrekte naturwissenschaftliche Konzepte zu erwerben und die Förderung so früh wie möglich beginnen sollte, um der Verfestigung von Fehlvorstellungen entgegenzuwirken. In der vorliegenden Studie wurde das Konzept Hebelwirkung ausgewählt, da (1) eine Verbindung zu den alltäglichen Erfahrungen von Kindergartenkindern hergestellt werden kann (z.B. Wippen und Scheren) und (2) es so aufbereitet werden kann, dass seine Elemente von Kindergartenkindern verarbeitet werden können, indem die einzelnen Elemente betrachtet werden, ohne zwei Dimensionen miteinander ins Verhältnis zu setzen (indem bspw. nur die Länge des Kraftarms unter Gleichhaltung aller übrigen Variablen betrachtet wird; Naber 2016).

Die sprachlichen Fähigkeiten sind im Alter von ca. vier Jahren so weit entwickelt, dass eine Förderung von Bildungssprache möglich ist: Die Kinder haben u.a. mit dem Erwerb von Adjektiven sowie spezifischen Verben und Nomen begonnen und verwenden Nebensätze und unpersönliche Konstruktionen (Ehlich, Bredel & Reich 2008).

Förderung
Die vorliegende Studie stützt sich auf Erkenntnisse zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte (z.B. Hardy, Möller & Stern 2006; Leuchter, Saalbach & Hardy 2014), Bildungssprache im Fachunterricht (Gibbons 2006; Quehl & Trapp 2013) und Unterrichtsqualität in der frühkindlichen Bildung (z.B. Pianta, La Paro & Hamre 2012). In allen drei Bereichen werden Hands-on-Erfahrungen (z.B. von den Lernenden selbst durchgeführte Experimente) in Kombination mit kognitiv aktivierenden Unterrichtsgesprächen als bedeutsam für gelingende Lernprozesse gesehen. Für die Förderung von Bildungssprache im Fachunterricht müssen die Unterrichtsgespräche zudem in kontext-reduzierten Gesprächen, d.h. außerhalb der Experimentiersituation, stattfinden, um eine Situation zu schaffen, in der die sprachliche Repräsentation der Gegenstände, Handlungsschritte und Beobachtungen notwendig ist. Bisher ist noch ungeklärt, wie sich kontext-reduzierte Gespräche auf den Erwerb von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache bei Kindergartenkindern auswirken. Da zur Untersuchung dieser Frage zunächst eine geeignete Lernumgebung gestaltet werden muss, wurde nach einer geeigneten frühpädagogischen Methode gesucht. Die Methode Plan–Do–Review aus dem amerikanischen High/Scope-Curriculum (Hohmann, Weikart & Epstein 2008) kombiniert kontext-reduzierte kognitiv aktivierende Unterrichtsgespräche mit Hands-on-Erfahrungen der Kinder, wurde bisher aber nur in einer Studie und fokussiert auf Sprachbildung in Freispielsituationen untersucht (Römstedt 2016). Die vorliegende Studie geht daher folgender Frage nach:

Forschungsfragen und Hypothesen
Welche Effekte hat Plan–Do–Review auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte und bildungssprachlicher Fähigkeiten bei Kindern im letzten Kita-Jahr? Es wird angenommen, dass sich Kinder, die mit Plan–Do–Review gefördert werden, stärker in ihren naturwissenschaftlichen Konzepten und bildungssprachlichen Fähigkeiten verbessern, als Kinder, die nur am Kita-Alltag teilnehmen.

Methode
In einem quasiexperimentellen Design (N = 35) wurden 19 Kinder mit Plan – Do – Review für 10 mal 60 Minuten im Zeitraum von 8 Wochen gefördert und im Vergleich zu einer Baseline-Gruppe untersucht. Erhoben wurden vor und nach dem Förderzeitraum

- das konzeptuelle Verständnis der Hebelwirkung mit zwei bildbasierten Tests zum Gleichgewichtsaspekt (vgl. Siegler 1978) und zur Kraftverstärkung (vgl. Naber 2016)
- die bildungssprachlichen Fähigkeiten mit (1) einer interviewartigen Situation, in der die Kinder verschiedene zweiseitige Hebel in Aussehen und Funktion beschreiben und vergleichen sollten. Die Interviews wurden transkribiert und hinsichtlich des Zielwortschatzes codiert. Zusätzlich wurde (2) der Untertest Bilderzählung des DELFIN 5 (Fried 2010) durchgeführt. Für diese Studie sind allerdings nicht alle Items des Tests gleich bedeutsam, da die Intervention nicht auf Erzählfähigkeit abzielt. Interventionssensitive Items sind bspw. das Benennen der einzelnen Akteure der Geschichte, das anschließende (eindeutige) Verweisen mit Personalpronomina sowie das Verwenden von Satzkonnektoren und Nebensatzkonstruktionen. Diese pragmatischen und grammatikalischen Fähigkeiten sind generell typisch für Bildungssprache.
- die kognitiven Fähigkeiten mit den Skalen Labyrinthe und Matritzen des CFT-1-R (Weiß & Osterland 2013).

Aufgrund der kleinen Stichprobe wurde für jedes Testverfahren eine ANCOVA mit geplanten Kontrasten (Field, Miles & Field 2013) durchgeführt.

Ergebnisse

Durch fehlende Werte bei der Testung und zu geringer Teilnahme an der Intervention konnten nur 28 Kinder (15 weiblich; Altersmittel 5;7 Jahre) in die Auswertung einbezogen werden. Abbildungen 1 und 2 zeigen, dass sich die Experimentalgruppe sowohl im konzeptuellen Verständnis der Hebelwirkung als auch im dazugehörigen Wortschatz und der bildungssprachlichen Grammatik und Pragmatik stärker verbessert hat als die Kontrollgruppe. In der Experimentalgruppe sind alle Verbesserungen signifikant, in der Kontrollgruppe nicht.

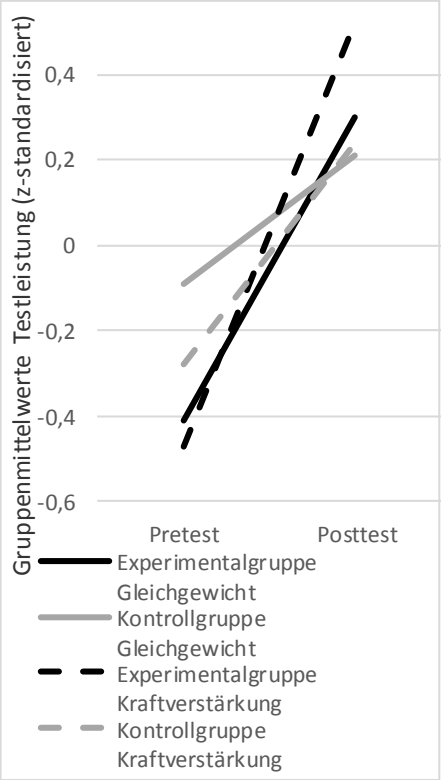


Abb. 1 Veränderung der Mittelwerte von Pre- zu Posttest für Hebel-Konzept

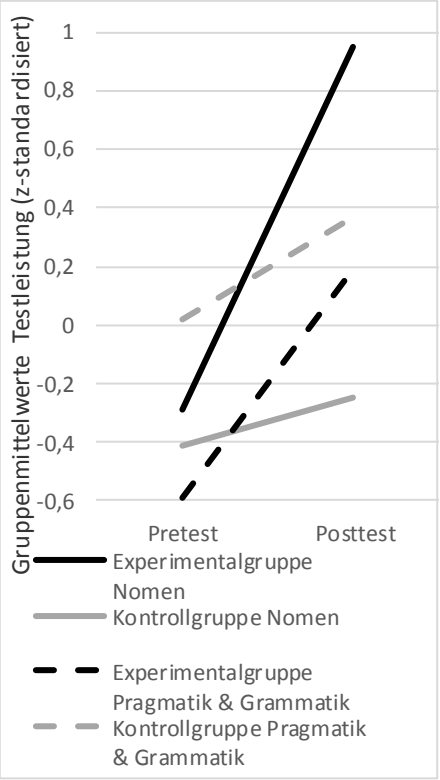


Abb2.: Veränderung der Mittelwerte von Pre- zu Posttest für Bildungssprache

Diskussion und Ausblick

Da die Ergebnisse auf einer sehr kleinen, nicht randomisierten Stichprobe und nur einem naturwissenschaftlichen Konzept beruhen, müssen die Ergebnisse sehr vorsichtig interpretiert werden. Sie können als erster Hinweis darauf gewertet werden, dass mit Plan–Do–Review sowohl naturwissenschaftliche Konzepte als auch bildungssprachliche Fähigkeiten von Vorschulkindern gefördert werden können. In einer Folgestudie wird die Methode deshalb dazu genutzt, den Effekt kontext-reduzierter Gespräche auf naturwissenschaftliche Konzepte und bildungssprachliche Fähigkeiten von Vorschulkindern in einem quasi-experimentellen Design zu untersuchen.

Literatur

Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. Journal of Applied Developmental Psychology, 21(1), 13–19.

Cummins, J. (2008). BICS and CALP: empirical and theoretical status of the distinction. In Street, B.V. & Hornberger Nancy H. (Hrsg.), Encyclopedia of language (S. 71–83). New York: Springer Science + Business Media LLC.

Eckes, T. (1996). Begriffsbildung. In Hoffmann, J. & Kintsch, W. (Hrsg.), Lernen (S. 273–319). Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.

Ehlich, K., Bredel, U. & Reich, H.H. (2008). Referenzrahmen zur altersspezifischen Sprachaneignung. Forschungsgrundlagen. Bildungsforschung 29/II.

Field, A., Miles, J. & Field, Z. (2013). Discovering statistics using R, Los Angeles, California: Sage.

Fried, L. (2010). Delfin 5. Durchführungsanleitung.

Fried, L. (2013). Frühkindliche Diagnostik domänenspezifischer Entwicklung – am Beispiel des naturwissenschaftlichen Entwicklungsbereichs. In Stamm, M. & Edelmann, D. (Hrsg.), Handbuch Frühkindliche Bildungsforschung (S. 831–843). Wiesbaden: Springer VS.

Gibbons, P. (2006). Bridging discourses in the ESL classroom. Students, teachers and researchers, London, New York: Continuum.

Hardy, I., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of Instructional Support Within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of "Floating and Sinking". Journal of Educational Psychology, 98(2), 307–326.

Hohmann, M., Weikart, D. & Epstein, A. (2008). Educating young children. Active learning practices for preschool and child care programs, Ypsilanti: High/Scope Press.

Leuchter, M., Saalbach, H. & Hardy, I. (2014). Designing science learning in the first years of schooling. An intervention study with sequenced learning material on the topic of 'Floating and Sinking'. International Journal of Science Education, 36(10), 1751–1771.

Naber, B. (2016). Wissenselemente und Vorstellungen 6- bis 7-Jähriger erfassen und verändern. Studien zum naturwissenschaftlichen Thema einseitiger Hebel. Dissertation. Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.

Pianta, R.C., La Paro, K.M. & Hamre, B.K. (2012). Classroom assessment scoring system (CLASS). Manual. pre-K, Maryland (Baltimore): Paul H. Brookes Publishing Co.

Quehl, T. & Trapp, U. (2013). Sprachbildung im Sachunterricht der Grundschule. Mit dem Scaffolding-Konzept unterwegs zur Bildungssprache, Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Römstedt, A. (2016). What are you going to play? / What did you play today? Early language learning by planning and reviewing, Dublin, Irland.

Saçkes, M., Trundle, K.C. & Bell, R.L. (2013). Science Learning Experiences in Kindergarten and Children's Growth in Science Performance in Elementary Grades. Education and Science, 38(161), 114–127.

Schleppegrell, M.J. (2004). The language of schooling. A functional linguistics perspective, Mahwah, New Jersey: Erlbaum.

Schleppegrell, M.J. (2012). Academic Language in Teaching and Learning. Introduction to the Special Issue. Elementary School Journal, 112(3), 409–418.

Siegler, R.S. (Hrsg.) (1978). Children's thinking. What develops?, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. Learning and Instruction, 11(4-5), 381–419.

Weiß, R.H. & Osterland, J. (2013). CFT 1-R. Grundintelligenztest Skala 1 - Revision, Göttingen: Hogrefe.

Janine Freckmann Universität Oldenburg
Michael Komorek

Planung kommunikativer Strukturierungsprozesse im Physikunterricht

Forschungsrahmen.
Praxisphasen sind wichtiger Bestandteil in der Ausbildung von Lehrkräften: Studierende können ihr fachliches, fachdidaktisches und pädagogisches Wissen mit Schüler/innen anwenden, um ihr eigenes professionelles Handeln weiterzuentwickeln und zu reflektieren. Daher wird insbesondere von Studierenden mehr Praxis gefordert (Makrinus, 2013). Gleichzeitig ist es eine wichtige Aufgabe, die Studierenden in den Praxisphasen zu begleiten und ihr theoretisches fachdidaktisches Wissen mit den Erfahrungen in der Praxisphase zu verbinden. Dabei kommt in der ersten Phase der Lehrerausbildung vor allem dem Planungshandeln der Studierenden eine wichtige Funktion zu, worauf in der Begleitveranstaltung zum Fachpraktikum fokussiert wird. Als Hintergrundmodell zum Planungshandeln der Studierenden dient das Modell professioneller Kompetenz (Baumert & Kunter, 2006). Zu wissen, wie man Unterricht plant, gehört zum Professionswissen und insbesondere zum fachdidaktischen Wissen. Dieses Wissen untergliedert sich in fünf Aspekte: Knowledge of Curriculum, Knowledge of Assessment, Knowledge of Instructional Strategies, Teaching Orientation, Knowledge of Students‘ Understanding (Magnusson et al., 1999). Das Planungshandeln steht dabei in enger Verbindung mit dem Wissen um grundlegende Instruktionsstrategien und dabei vor allem um Klarheit von Zielen, Prozessen und Funktionen darzustellen. Die Frage, die sich stellt, ist, warum man genau an diesem Punkt des Planungshandelns der Studierenden ansetzen sollte?

Forschungs- und Entwicklungsdefizit.
Aus Erfahrungen der letzten Jahre gibt es empirische Hinweise auf bestimmte Defizite bei Fachpraktikanten (Komorek & Richter, 2017). Fachpraktikanten orientieren sich beim Planen von Physikunterricht vorwiegend an der Sachlogik des Unterrichtsinhalts, nicht an der „Lernlogik“. Das bedeutet, dass sie noch Schwierigkeiten haben, eine stimmige Segmentierung und Sequenzierung von Unterrichtselementen vorzunehmen z.B. gemäß den Basismodellen nach Oser und Patry (1990), und dass sie Vorwissen und Vorstellungen von Schüler/innen in ihre Planungen noch nicht gut einbeziehen können. Ihr Planungsverhalten macht deutlich, dass sie vor allem auf die eigenen Lehrprozesse und noch zu wenig auf die Lernprozesse der Schüler/innen fokussieren. Weiterhin haben sie Schwierigkeiten, ihren Schüler/innen die Ziele, die geplanten Prozesse im Unterricht und die Funktionen ihrer Unterrichtselemente zu erklären; Vorschauen, Rückblicke oder die Umsetzung von Metakommunikation bleiben oft aus. Aus diesen Gründen muss das Begleitseminar zum Fachpraktikum Physik so weiterentwickelt werden, dass es diese Probleme explizit macht. Voraussetzung dafür ist, die ablaufenden Prozesse auf Studierendenseite zu modellieren und damit zu verstehen.

Struktur des Begleitseminars.
Das im vorliegenden Projekt betrachtete Begleitseminar zum Fachpraktikum stellt das Planungshandeln der Studierenden in den Mittelpunkt. Besondere Foki liegen dabei auf der Unterscheidung von *Sicht- und Tiefenstruktur,* auf einer *„Rückwärtsplanung“* und auf den *Einsatz kommunikativer Impulse*. Das Seminar findet sowohl im Semester vor dem sechswöchigen Fachpraktikum als auch begleitend zum Praktikum statt. Die *Sicht- und Tiefenstruktur* wird in Anlehnung an Kunter & Trautwein (2013) unterteilt in die Sichtebene, die sich

auf sichtbare Gestaltungsmerkmale von Unterricht, Schüler/innen- und Lehrerhandlungen, Sozial- oder Organisationsformen bezieht. Die Tiefenstruktur bedenkt die Denk- und Lernprozesse der Schüler/innen und deren Auseinandersetzung mit den Lerninhalten. Bei der *Rückwärtsplanung* (Abb. 1) geht es darum, die Planung ausgehend von den Schülerkognitionen zu denken. Der große Pfeil symbolisiert die Denklogik beim Planen von Unterricht.

Abb. 1: Im Begleitseminar verwendetes Schema zur Rückwärtsplanung von Unterricht.

Im Seminar wird unterstützt, dass die Planung bei den kognitiven Prozessen der Schüler/innen beginnt und die Frage klären muss, welcher Lernprozess angezielt werden soll. Daran anschließend sollen die Handlungen der Schüler/innen so geplant werden, dass sie dadurch den anvisierten Lernprozess durchlaufen können. Darauf folgend wird geplant, wie die Lehrkraft handeln muss, um diese Handlungen der Schüler/innen und in Folge deren Kognitionen auszulösen. *Kommunikative Impulse* der Lehrkraft sind dafür so zu planen, dass sich Ziele und Abläufe den Schüler/innen im Unterricht transparent darstellen. Es werden drei Arten von Impulsen (Tab. 1) unterschieden:

Impulse zu kognitiven Schülerprozesse	**Impulse zu den Handlungen der Schüler/innen**	**Impulse zur Verknüpfung**
Ziele/Absichten/Zweck, den Standort im Unterrichtsverlauf oder den Wechsel von… ...Sprachebenen …Kommunikationsebenen …Sicht- und Tiefenebene	Objekte, konkrete Handlungen, Messprozeduren, Aufgaben, Experimentierhandlungen	Bezug zwischen den Kognitionen und den Handlungen der Schüler/innen, um sie zu unterstützen, sich Sinn und Verlauf der Unterrichtselemente zu Eigen zu machen.

Tab. 1: Die im Begleitseminar unterschiedenen Arten von kommunikativen Impulsen.

Forschungsfragen und -design.
Aufgrund des oben Gesagten ergeben sich folgende Forschungsfragen.
Sprachsensibiliät: Inwiefern können Fachpraktikanten eine Sensibilität bzgl. sprachlicher Kommunikation im Physikunterricht aufbauen und kommunikative Impulse formulieren?
Planungshandeln: Wie planen Fachpraktikanten „kommunikative Impulse“ für die didaktische Strukturierung ihres Physikunterrichts? Inwiefern zielen sie damit Ziel-, Prozess- und Funktionstransparenz an?
Unterrichtshandeln: Inwiefern können Fachpraktikanten ihre geplante Unterrichtsstruktur mithilfe kommunikativer Impulse ihren Schüler/innen erklären, um Ziel-, Prozess- und Funktionstransparenz herzustellen?
Methodik: Um diese Fragen zu untersuchen, wurden die Fachpraktikanten im Praktikum 2016/17 begleitet (Abb. 2). Vor und nach dem Praktikum haben alle 16 teilnehmenden Fachpraktikanten einen Fragebogen bearbeitet. Acht dieser Studierenden wurden im weiteren Verlauf engmaschiger begleitet. Dazu wurden Interviews geführt, um Begründungen der in den Fragebögen gegebenen Antworten zu erhalten. Die Planungsprodukte und ein Lerntagebuch der Praktikanten bezogen auf zwei inhaltlich zusammenhängende Physik-Doppel-

stunden wurden per Dokumentenanalyse untersucht. Der Unterricht in diesen vier Unterrichtsstunden wurde mittels eines Beobachtungsrasters dokumentiert. Audioaufnahmen von den Praktikanten während dieser Stunden wurden angefertigt. Die aufgenommenen Daten wurden transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. Falldarstellungen im Wechselspiel mit Generalisierungen stellen den Kern der Auswertungen dar.

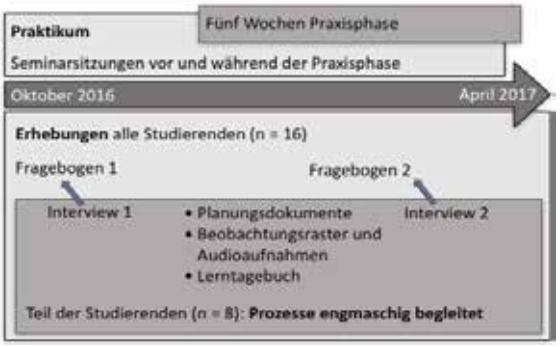


Abb. 2: Design und Instrumente der Studie

Falldarstellung.
Beispielhaft wird der Fall der Praktikantin Simone skizziert, die im ersten Semester des Master of Education die Fächer Physik und Mathematik studiert, um die Auswertung der Daten bzgl. der Forschungsfragen zu verdeutlichen.
Sprachsensibiliät: Es lässt sich zeigen, wie Simone kommunikative Impulse in ihrer Planung berücksichtigt und diese aktiv formulieren kann. In beiden Interviews kann sie darstellen, welche Wichtigkeit in der Planung von kommunikativen Impulsen und besonders der kommunikativen Verknüpfung von kognitiver und Handlungsebene der Schüler/innen besteht.
Planungshandeln: In ihren Planungsunterlagen zeigt Simone, dass sie Sicht- und Tiefenebene unterscheiden und beide Ebenen getrennt und differenziert darstellen kann. Sie unterscheidet die Handlungen der Schüler/innen („die Schüler/innen führen ein Experiment durch und beobachten“) von deren kognitiven Prozessen, die angeregt werden sollen („sie überprüfen ihre Vermutungen“). Simone lässt ihre Planungen größtenteils von den kognitiven Lernprozessen ihrer Schüler/innen ausgehen, allerdings zeigen sich Probleme, die Tiefenstruktur der kognitiven Prozesse zu durchdenken. Betrachtet man die Planung unter dem Aspekt der kommunikativen Strukturierung mit dem Ziel der Transparenz, zeigt sich, dass Simone sowohl das Ziel der Stunde als auch den Prozess, den die Schüler/innen dabei durchlaufen sollen, fachdidaktisch begründen kann. Dies korrespondiert mit geplanten kommunikativen Impulsen, die den Schüler/innen die Funktion der Experimente verdeutlichen sollen.
Unterrichtshandeln: Simone stellt Zielklarheit her, allerdings versagt sie dabei, den Unterrichtsprozess für ihre Schüler/innen erkennbar zu machen. Obwohl Simone die Wichtigkeit der Funktionsklarheit, wonach Schüler/innen die Funktion bestimmter Elemente des Unterrichts verstehen sollen, wichtig ist, fehlen aber solche Impulse ihrerseits im beobachteten Unterricht komplett.

Fazit.
Mit der vorliegenden Studie gelingt es, Bereiche der Dynamik im Fachpraktikum aufzuklären. Es wird nachvollziehbar, inwiefern es Fachpraktikanten gelingt, den im Seminar angestrebten switch from teaching to learning umzusetzen. Grundsätzlich ist den Praktikanten die Absicht dahinter verständlich, ihre Planungen zeugen auch davon, allerdings sind sie in der Umsetzung oft überfordert. Konsequenzen für das Begleitseminar können aus der Studie gezogen werden.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Vol.9(4), pp.469-520. Springer Science & Business Media B.V.

Komorek, M. & Richter, C. (2017). Backbone - Rückgrat bewahren beim Planen. In: S. Wernke & K. Zierer, (Hrsg.) (2017). Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Status Quo und perspektiven aus Sicht der empirischen Forschung. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Kunter, M., Baumert, J., Blum, W. & Neubrand, M. (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann.

Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). Psychologie des Unterrichts. Paderborn: Ferdinand Schöningh.

Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In: J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (1999). Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for scienceeducation. Dordrecht: Kluwer.

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

Oser, F.& Patry, J.-L. (1990). Choreographien unterrichtlichen Lernens: Basismodelle des Unterrichts. (Berichte zur Erziehungswissenschaft Nr. 89). Freiburg (CH): Pädagogisches Institut der Universität Freiburg.

Christoph Vogelsang[1] [1]Universität Paderborn
Daniel Laumann[2] [2]WWU Münster
Christoph Thyssen[3] [3]TU Kaiserslautern
Alexander Finger[4] [4]Universität Halle

Der Einsatz digitaler Medien im Unterricht als Teil der Lehrerbildung - Analysen aus der Evaluation der Lehrinitiative Kolleg *Didaktik:digital* -

Ausgangslage
Digitale Medien stellen ein (mögliches) Werkzeug zur methodischen Gestaltung naturwissenschaftlichen Unterrichts dar. Angehende Lehrkräfte sollten demnach auch im Rahmen ihrer universitären Ausbildung Kompetenzen zum zielgerichteten und reflektieren Einsatz digitaler Medien im Unterricht erwerben. Hierzu bedarf es geeigneter Lehrkonzeptionen, die den Erwerb entsprechender Kompetenzen (Wissen, Einstellungen etc.) unterstützen (z.B. Petko, 2012).

Hintergrund
Um die (Weiter-)Entwicklung und Erprobung derartiger universitärer Lehrveranstaltungen zu ermöglichen, wurde von der Joachim Herz-Stiftung das Kolleg *Didaktik:digital* initiiert, in dem Nachwuchswissenschaftlerinnen und –wissenschaftler der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken im Rahmen eines Fellowships finanzielle und ideelle Unterstützung zur Realisierung von Lehrkonzepten und eine Möglichkeit zum regelmäßigen kollegialen Austausch erhalten (Meßinger-Koppelt, 2015). In der ersten Förderphase (WS 2016/2017 & SS 2017) wurden bisher zwölf Lehrveranstaltungen aller naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken an Universitäten aus ganz Deutschland entwickelt und implementiert (Biologie (2), Chemie (4), Physik (4), Natur & Technik (2)). Die Veranstaltungen verfolgten dabei unterschiedliche Ziele und setzten unterschiedliche Schwerpunkte (z.B. Einsatzformen von Tablets oder Simulation und Modellierung). Für eine erste Wirksamkeitsanalyse der einzelnen Projekte und des gesamten Kollegs, wurden die Projekte begleitend evaluiert.

Theoretischer Rahmen
Eine Evaluation des Kollegs sollte fünf Rahmenbedingungen genügen. Sie sollte naturwissenschaftsspezifische Medieneinsatzformen berücksichtigen, die den Kerngegenständen der Lehrveranstaltungen entsprechen (1), unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Domänen und Lehrziele vergleichbar sein (2), an Erkenntnisse der Professionsforschung anschlussfähig (3), möglichst Erkenntnisse generieren, die über das Kolleg hinaus übertragbar sind, (4) und in kurzer Zeit durchgeführt werden können (5).
Als Heuristik zur Auswahl von allen Veranstaltungen geteilter Zielgrößen wurde die *Theory of planned behavior* herangezogen (Fishbein & Ajzen, 2010). Als relevante Einflussfaktoren für das spätere Zielhandeln (hier: Einsatz digitaler Medien im Unterricht) der Studierenden wurden daher die folgenden zu evaluierenden Zielkonstrukte gewählt:

- Einstellung zum Lernen mit digitalen Medien
- soziale Normerwartungen zur Verwendung digitaler Medien im Unterricht
- subjektiv wahrgenommene *constraints* zum Medieneinsatz
- Selbstwirksamkeitserwartungen bzgl. verschiedener Medieneinsatzformen im NW-Unterricht
- Motivation zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht

Diese Konstrukte entsprechen intentionalen Facetten professioneller Handlungskompetenz von Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2006). Als zusätzliche Einflussfaktoren auf die Motivation zum Einsatz digitaler Medien wurde das digitale Mediennutzungsverhalten der

Studierenden und ihre lernbezogenen Vorerfahrungen mit digitalen Medien in der Schule und während des Lehramtsstudiums erfasst.

Ziele & Forschungsfragen
Im Zentrum der Evaluation standen die folgenden Forschungsfragen:

1. *Voraussetzungen:* Welches Profil weisen NW-Lehramtsstudierende bzgl. der Zielkonstrukte (vor Beginn der Veranstaltungen) auf?
2. *Wirkung:* Wie verändern sich die Zielkonstrukte nach Absolvierung der entwickelten Lehrveranstaltungen?

Studiendesign
Die Zielkonstrukte wurden mit Hilfe vierstufiger Likert-Skalen in Form eines Fragebogens (insgesamt: 80 Items) operationalisiert (Einsatzzeit: ca. 10 Minuten). Die Formulierung der Items orientierte sich stark an bekannten Skalen (z.B. Lang & Fries (2006) bzgl. der Motivation) und berücksichtigte die oben beschriebenen Anforderungen. Zur Skalenbildung wurden post-hoc explorative Faktorenanalysen durchgeführt und Items ausgeschlossen, die uneindeutige Faktorladungen aufwiesen (verbleibend: 74 Items). Die gebildeten Skalen weisen zufriedenstellende Reliabilitäten auf (α=0.76 bis 0.84) mit Ausnahme der Normerwartungen (α=0.58) und der subjektiven *constraints* (α=0.67). Die Studierenden der Kollegveranstaltungen wurden in einem *pre-post-survey*-Design zu Beginn und am Ende der Veranstaltungen befragt. Um zu prüfen, inwiefern die Teilnehmenden sich von anderen Studierenden an den Standorten unterscheiden, wurden zusätzlich zu einem Messzeitpunkt Vergleichsgruppen aus anderen Lehrveranstaltungen ohne Bezug zum Kolleg erfasst.

Stichprobe
Der bisherige Zwischenstand der Stichprobe der laufenden Erhebung setzt sich zusammen aus den Befragungsdaten im WS 2016/2017 und im SS 2017 (Tab.1).

Gruppe	Anzahl	Geschlecht (m/w)		Hochschulsemester (MW, SD)	
Kolleg	186	59,7%	33,3%	8,2	2,8
Vergleich	210	69,5%	30,5%	6,3	3,2
Gesamt	396	64,9%	31,8%	7,2	3,2
Fächer (Mehrfach)	Biologie	Chemie	Physik	Sachunterricht	
	84	134	101	122	

Tab. 1 Stichprobe - Zwischenstand

Insgesamt ist ein leichter Überhang an weiblichen Studierenden der Chemie und des Sachunterrichts zu verzeichnen. Weiterhin dominieren die Studiengänge für das Lehramt and Gymnasien und Grundschulen. Nachfolgend folgt eine kurze Auswahl an Ergebnissen.

Vorerfahrungen
In Abbildung 1 sind die Antworten aller Studierenden zu Beginn (N=396) bzgl. schulischer lernbezogenen Vorerfahrungen für konkrete Medieneinsatzformen dargestellt (Item-Prompt: „Während meiner Schulzeit habe ich…“). Erkennbar ist, dass die Studierenden generell wenig lernbezogene Erfahrungen berichten und insbesondere in Einsatzformen, die für den naturwissenschaftlichen Unterricht besondere Vorteile bieten (z.B. digitale Videoanalyse), nahezu keine Erfahrungen während der Schulzeit gemacht haben. Vorerfahrungen können eher in Standardanwendungen (z.B. Textverarbeitung) erwartet werden. Es bestehen keine bzw. sehr kleine Korrelationen zur Semesterzahl und ebenfalls keine Unterschiede zwischen Studierenden der Kollegveranstaltungen und der Vergleichsgruppe.

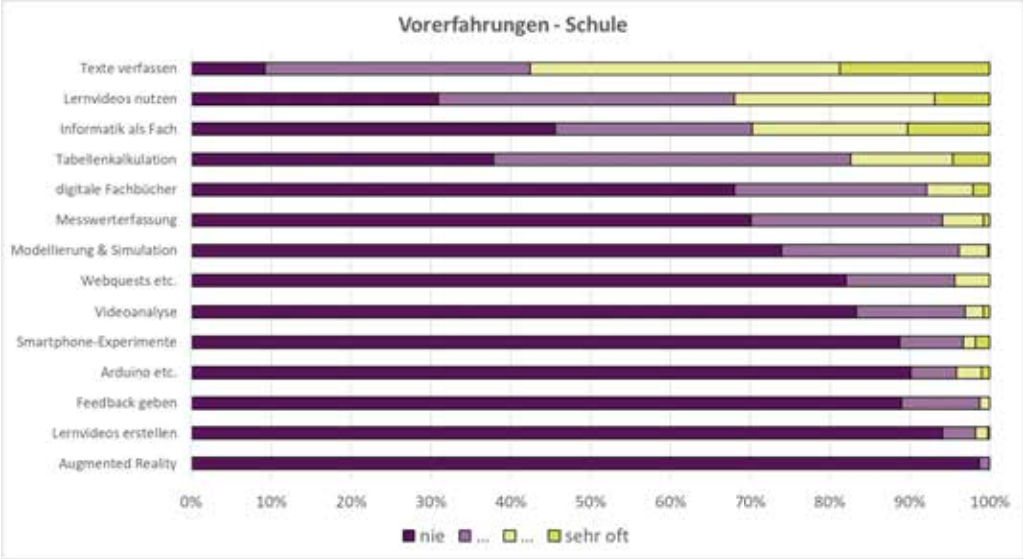


Abb. 1 Schulische lernbezogene Vorerfahrungen mit digitalen Medien

Profil
Zur Beschreibung der Voraussetzungen der Studierenden zu Beginn wurde ebenfalls die gesamte Stichprobe herangezogen (N=396) (Tab. 2).

	Einstellung	Motivation	Selbstwirk-samkeit	subjektive *constraints*	Norm-erwartungen
MW	2.87	2.49	2.23	2.54	2.77
SD	0.48	0.61	0.50	0.70	0.56

Tab. 2 Profil -Zielkonstrukte

Insgesamt verfügen die befragten Studierenden generell über eine relativ positive Einstellung zum Lernen mit digitalen Medien bei einer vergleichsweise eher geringen Selbstwirksamkeitserwartung zum adäquaten Einsatz. Es zeigte sich ein deutlicher Geschlechtereffekt, wobei Studentinnen auf fast allen Skalen (außer Normerwartungen) signifikant niedrigere Werte aufweisen (z.B. Selbstwirksamkeitserwartungen: d=0.77).

Wirkung
In Prä-Post-Vergleichen (N=121-126, 30-35% Dropout) konnten hochsignifikante positive Veränderungen (t-Test, verbundene Stichproben, $p<0.001$) mit kleinen bis mittleren Effektstärken für die Einstellungen der Studierenden zum Lernen mit digitalen Medien (d=0.47), ihrer Motivation zum Einsatz (d=0.41) und mit einer großen Effektstärke für ihre Selbstwirksamkeitserwartungen bei nw-spezifischen Einsatzformen (d=1.15) beobachtet werden. Das Kolleg als Ganzes erscheint daher wirksam bzgl. der Evaluationsgrößen.

Fazit
Studierende des Lehramts mit einem naturwissenschaftlichen Fach weisen kaum schulische Vorerfahrungen zum Lernen mit digitalen Medien auf, was mit Ergebnissen zum geringen Medieneinsatz unter Lehrkräften korrespondiert (z.B. Wenzel & Wilhelm, 2015). Fokussierte Veranstaltungen können jedoch dazu beitragen, motivationale Orientierungen zum Medieneinsatz substantiell zu erhöhen.

Hinweis
Die Evaluation des Kollegs *Didaktik:digital* wurde gefördert durch die Joachim Herz-Stiftung.

Literatur

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

Fishbein, M. & Ajzen, I. (2010). Predicting and changing behavior: The reasoned action approach. New York: Psychology Press.

Grosch, M. & Gidion, G. (2011). Mediennutzungsgewohnheiten im Wandel - Ergebnisse einer Befragung zur studiumsbezogenen Mediennutzung. Karlsruhe: KIT.

Lang & Fires (2006). A Revised 10-Item Version of the Achievement Motives Scale – Psychometric Properties in German-Speaking Samples. In European Journal of Psychological Assessment, 22(3), 216-224.

Meßinger-Koppelt, J. (2015). Kolleg Didaktik:digital. Hamburg. URL: www.joachim-herz-stiftung.de/was-wir-tun/naturwissenschaften-begreifen/naturwissenschaften-vermitteln/kolleg-didaktik:digital/ (24.10.2016)

Petko, D. (2012). Teachers' pedagogical beliefs and their use of digital media in classrooms: Sharpening the focus of the 'will, skill, tool' model and integrating teachers' constructivist orientations. In Computers & Education, 58 (4), 1351-1359.

Wenzel. M. & Wilhelm, T. (2015). Erhebung zum Einsatz Neuer Medien bei Physik-Gymnasiallehrern. In PhyDid B, URL:

Michael Wenzel
Thomas Wilhelm
Universität Frankfurt

Computereinsatz im Physikunterricht: Nutzung und Einstellung von Schülerinnen und Schülern

Motivation

Der digitale Wandel in der Gesellschaft geht nicht an den Schulen und den dortigen Akteuren vorbei. Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass der Computereinsatz im Unterricht eine Chance für selbigen darstellt. Gerade die authentischen Probleme, die mithilfe von digitalen Werkzeugen untersucht werden können, und die stärkere Individualisierung von Schülertätigkeiten stellen eine Möglichkeit dar, den Unterricht für Schülerinnen und Schüler interessanter zu gestalten (Jong & van Joolingen 1998; Müller, Blömeke & Eichler 2006). Die Betrachtung komplexer, authentischer Problemstellungen mit Neuen Medien kann helfen, kognitive Flexibilität aufzubauen (Vosinadou 1994; Weinberger, Fischer & Mandl 2002; Müller, Blömeke & Eichler 2006). Deimann (2002) und Weidenmann (1996) ziehen den Schluss, dass multimediale Angebote das Interesse und die Lernmotivation der Schülerinnen und Schüler steigern können. Diese und weitere Untersuchungen sprechen dafür, dass der Computereinsatz im Unterricht einen wertvollen Beitrag leisten kann.

Zusätzliche Relevanz erfährt die Implementation durch Forderungen nach häufigerer Nutzung von Computern aus Wissenschaft, Politik und Gesellschaft (z. B. Europäische Kommission 2013; Wößmann et al. 2017). Gerade im Rahmen internationaler Studien schneidet Deutschland oftmals nur im Mittelfeld ab, was die Einsatzhäufigkeit im Unterricht und die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler betrifft (vgl. etwa Bos et al. 2014).

Neben diesen allgemeinen Chancen des Computereinsatzes im Unterricht gilt es jedoch auch zu beachten, dass der Physikunterricht spezielle Arten des Computereinsatzes bietet, die in anderen Fächern bestenfalls eine untergeordnete Rolle spielen (Wenzel & Wilhelm 2015, 2017). Daher ist auch der fachbezogene Blick auf die Möglichkeiten und das, was tatsächlich schon genutzt wird, sinnvoll (Jones 1999). Die Einstellungen zum Computereinsatz der schulischen Akteure sind von besonderer Bedeutung, weil sie einen entscheidenden Einfluss auf die Implementation der Computernutzung haben (Eickelmann 2011; Teo 2009; Owston 2007; Ertmer 2005). Die Einstellungen der Lehrkräfte wurde bereits von Wenzel & Wilhelm (2016, 2017) untersucht.

Die zweiten wesentlichen Akteure im Unterricht sind aber die Schülerinnen und Schüler. Es ist bekannt, dass Lehrkräfte ihre Entscheidung für oder gegen eine Unterrichtsmethode auch von dem wahrgenommenen Nutzen derselben abhängig machen (Clarke & Hollingsworth 2002). Daher erscheint es sinnvoll, auch die Ansichten der Schülerinnen und Schüler genauer unter die Lupe zu nehmen und neben ihrem Nutzungsverhalten auch affektive Aspekte zu untersuchen. Der im Folgenden dargelegte Teil einer Studie zur Computernutzung im Physikunterricht soll dazu beitragen, diese Perspektive konkreter zu fassen.

Erhebung

Um die Einstellung zu und die Nutzung von Computern (damit sei in diesem Zusammenhang sowohl PC/Laptop als auch Smartphone/Tablet gemeint) von den Schülerinnen und Schülern zu erfragen, wurden Fragebögen eingesetzt. Die Befragung fand immer am Ende eines Besuchstages im Goethe-Schülerlabor Physik an der Universität Frankfurt statt und dauerte ca. 15 Minuten. Der Fragebogen gliederte sich in fünf Teile: demographische Daten, Fragen zum Schülerlabor, Angaben zur Quantität des Medieneinsatzes (im und außerhalb des Physikunterrichts), allgemeine Aussagen zum Computer und eine Selbsteinschätzung der

computerbezogenen Fähigkeiten. Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Fragen zum Schülerlabor ausgespart, da sie nur im spezielleren Kontext zu interpretieren sind. Die Items, aus denen der Fragebogen besteht, sind alle dem Testinstrument der Lehrkräfteuntersuchung aus 2015 entnommen und adaptiert nach Gröber & Wilhelm (2006), Pietzner (2009) und Richter, Naumann & Hortz (2010) und zum Teil sehr ähnlich zu denen von Spannagel & Bescherer (2009). Im Erhebungszeitraum Januar 2016 bis März 2017 haben 974 Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufen I (630 TN) und II (344 TN) aus dem Raum Frankfurt den Fragebogen ausgefüllt.

Ergebnisse

Die Angaben, die die Schülerinnen und Schüler im Fragebogen machen, sind insofern mit Vorsicht zu interpretieren, als dass es sich um deren subjektive Einschätzung und keine neutrale Beobachtung handelt. Dementsprechend ist auch bei der Interpretation der im Weiteren dargestellten Ergebnisse davon abzusehen, die Angaben zu stark zu belasten. Nichtsdestotrotz kann aufgrund der großen Stichprobe von knapp tausend Probenaden die Tendenz klar benannt werden.

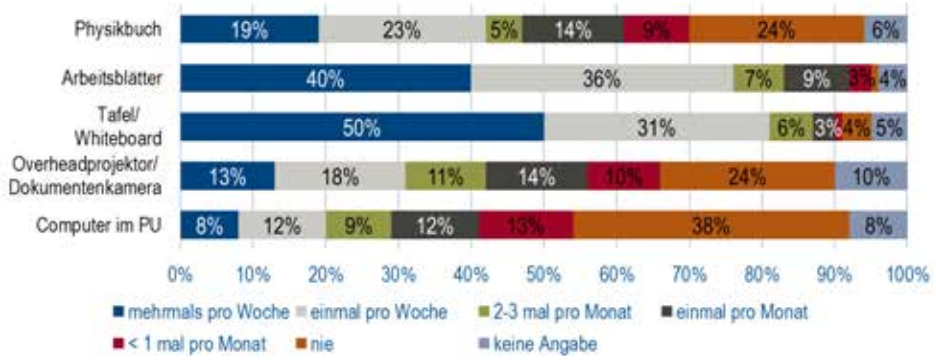


Abb. 1: Quantität der Mediennutzung im Physikunterricht

In Abbildung 1 erkennt man, dass klassische Medien wie Arbeitsblätter oder die Tafel zum Anschreiben quasi in jeder Physikstunde präsent zu sein scheinen. Allerdings erleben nur 29 % der Schülerinnen und Schüler regelmäßig (also mehrmals im Monat) den Computereinsatz im Physikunterricht.

Betrachtet man die Nutzungshäufigkeit von Smartphones und Tablets außerhalb des Unterrichts, so kann man aus der aktuellen JIM-Studie (Feierabend, Plankenhorn & Rathgeb 2016) zunächst erkennen, dass 99 % der Haushalte und 95 % der Jugendlichen zwischen zwölf und 17 Jahren ein Smartphone besitzen. Zwei Drittel der Haushalte verfügen auch über ein Tablet. Fast alle Jugendlichen nutzen täglich das Smartphone. In Abbildung 2 kann man sehen, wofür die Geräte nach Aussage der Schülerinnen und Schüler dieser Studie genutzt werden. Neben der sehr häufigen Nutzung im Freizeitkontext, etwa zum Chatten oder zum allgemeinen Surfen im Internet, lässt sich erkennen, dass die Schülerinnen und Schüler auch zu 41 % mindestens mehrmals pro Woche Smartphone oder Tablet zur Unterrichtsvorbereitung einsetzen. Entgegen ihres Rufs dienen diese Geräte keineswegs nur zum Vergnügen, sondern sind für Schülerinnen und Schüler allgemein ein nützliches Werkzeug, mit dem sie viele verschiedene Dinge erreichen können.

Vergleicht man diese Angaben mit denen zu Laptop und PC, dann lässt sich feststellen, dass diese Medien seltener eingesetzt werden als ihre mobileren Gegenstücke. Speziell der Freizeitaspekt ist bei Laptop und PC wesentlich geringer ausgeprägt 43 % nutzen sie nie zum Spielen und 51 % nie zum Chatten. Auch für alle anderen Anwendungen wird seltener PC oder Laptop genutzt. Jedoch sind die arbeitskonnotierten Anwendungen (Unterrichtsvorbe-

reitung 29 %, Informationssuche im Internet 47 % und E-Mails 33 %) nicht im gleichen Maße reduziert wie die Freizeitanwendungen. Dies lässt den Schluss zu, dass PC und Laptop eher als Arbeitsmedium gesehen werden.

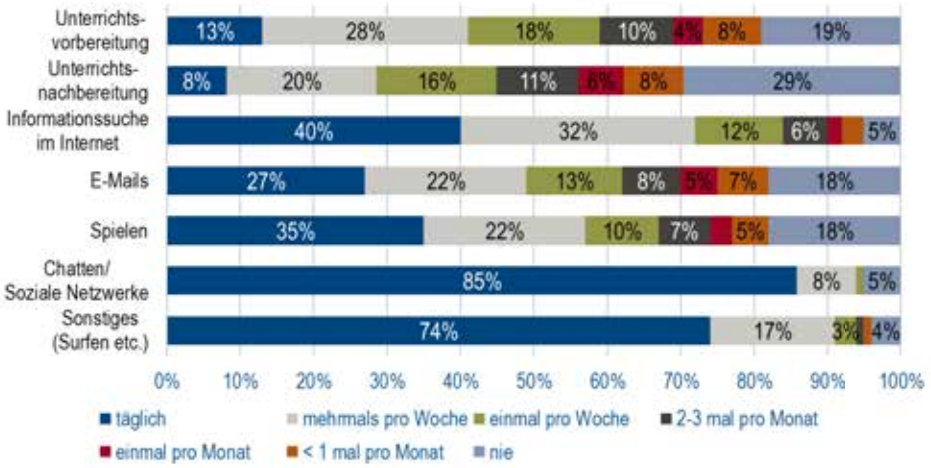


Abb. 2: Smartphone und Tablet außerhalb des Unterrichts

Betrachtet man die Einstellung der Schülerinnen und Schüler, so lassen sich an hohen Zustimmungen zu Aussagen wie „Es ist für mich wichtig, dass ich mich mit dem Computer auskenne.“ festmachen, dass die Relevanz von Computerkenntnissen in einer zunehmen digitalisierten Gesellschaft gesehen wird. Jeweils ein Drittel der Schülerinnen und Schüler meint, dass es sehr bzw. eher zutreffe, dass sie den Computer gerne häufiger im Physikunterricht einsetzen. Andererseits sagt aber auch die Hälfte, dass der Physikunterricht (eher) nicht dafür da ist, den Computereinsatz zu übern. Die meisten Schülerinnen und Schüler halten den Einsatz also dann für geboten, wenn er dem Physikunterricht einen inhaltlichen Mehrwert verspricht. Dies deckt sich mit der hohen Zustimmung zur Aussage „Ich glaube, durch den Computereinsatz wird der Physikunterricht interessanter.“ (trifft sehr zu 35 %, trifft eher zu 38 %).

Die eigenen Fähigkeiten schätzen die Schülerinnen und Schüler generell eher hoch ein. Je nach Item geben 75 bis 85 % von ihnen an, dass es (eher) zutreffe, dass sie sich gut mit dem Computer auskennen, es ihnen Spaß mache, Neues auszuprobieren und sie sich in neuen Programmen schnell zurechtfänden. Negative Assoziationen wie Angst, etwas falsch zu machen, eine generelle abschreckende Wirkung oder Unsicherheit im Umgang mit dem Computer haben nur 14 bis 27 % der Schülerinnen und Schüler. Auf die Frage, woher die eigenen Fähigkeiten im Umgang mit dem Computer stammen, geben 77 % an, dass sie es sich selbst beigebracht haben. Das passt zur Ablehnung der Aussagen, in der Schule gut für den Computereinsatz vorbereitet worden zu sein und in der Schule gelernt zu haben, wie man den Computer richtig zum Arbeiten einsetze, die zwei Drittel der Schülerinnen und Schüler (eher) ablehnen. Es ist also ein Defizit bei der Computerbildung in der Schule auszumachen, das die Chancengleichheit gefährdet. Wenn die Schülerinnen und Schüler zu Hause nicht die Möglichkeit haben, einen sinnvollen Umgang mit Computern zu lernen, dann sind sie im Vergleich zu Klassenkameraden benachteiligt, deren Eltern es ihnen gut beibringen können.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Schülerinnen und Schüler dem Computereinsatz generell offen gegenüberstehen. Sie sind es auch im Privaten gewohnt, mit den Geräten umzugehen. Gerade Smartphones und Tablets sind vor allem – aber nicht nur! – Spiel- und Freizeitgeräte, während PCs/Laptops eher Arbeitsgeräte sind. Jedoch ist es notwendig, dass der Einsatz im Unterricht zweckmäßig ist und nicht wahllos eingebaut wird.

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.

Clarke, D. & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, *18*(8), 947–967.

Deimann, M. (2002). Motivationale Bedingungen beim Lernen mit Neuen Medien. In Bleek, W.-G. (Hrsg.), *Medienunterstütztes Lernen - Beiträge von der WissPro-Wintertagung 2002* (S. 61–70). Hamburg: Univ. Bibliothek des Fachbereichs Informatik.

Eickelmann, B. (2011). Supportive and hindering factors to a sustainable implementation of ICT in schools. *Journal for educational research online*, *3*(1), 75–103.

Ertmer, P.A. (2005). Teacher Pedagogical Beliefs: The Final Frontier in Our Quest for Technology Integration? *Educational Technology Research and Development*, *53*(4), 25–39.

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. (2016). JIM 2016 Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zur Mediennutzung 12-19-Jähriger in Deutschland. https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2016/JIM_Studie_2016.pdf (23.5.2017).

Gröber, S. & Wilhelm, T. (2006). Empirische Erhebung zum Einsatz neuer Medien bei Physik-Gymnasiallehrern in Rheinland-Pfalz: Arbeitsplatzausstattung und Mediennutzung. In Nordmeier, V. (Hrsg.), *Didaktik der Physik - Kassel 2006. CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*. Berlin: Lehmanns Media.

Jones, A. (1999). Teachers' Subject Subcultures and Curriculum Innovation: The Example of Technology Education. In Loughran, J.J. (Hrsg.), *Researching teaching. Methodologies and practices for understanding pedagogy* (S. 155–171). London, Philadelphia, PA: Falmer Press.

Jong, T. de & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, *68*(2), 179–201.

Müller, C., Blömeke, S. & Eichler, D. (2006). Unterricht mit digitalen Medien - zwischen Innovation und Tradition? Eine empirische Studie zum Lehrerhandeln im Medienzusammenhang. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 632–650.

Owston, R. (2007). Contextual factors that sustain innovative pedagogical practice using technology. An international study. *Journal of Educational Change*, *8*(1), 61–77.

Pietzner, V. (2009). Computer im naturwissenschaftlichen Unterricht - Ergebnisse einer Umfrage unter Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *15*, 47–67.

Richter, T., Naumann, J. & Hortz, H. (2010). Eine revidierte Fassung des Inventars zur Computerbildung (INCOBI-R). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *24*(1), 23–27.

Spannagel, C. & Bescherer, C. (2009). Computerbezogene Selbstwirksamkeitserwartung in Lehrveranstaltungen mit Computerwerkzeug. *Notes on Educational Informatics*, *5*(1), 23–43.

Teo, T. (2009). Modelling technology acceptance in education. A study of pre-service teachers. *Computers & Education*, *52*(2), 302–312.

Vosinadou, S. (1994). Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, *4*(1), 45–69.

Weidenmann, B. (1996). Instruktionsmedien. In Weinert, F.E. (Hrsg.), *Psychologie des Lernens und der Instruktion* (S. 319–368). Göttingen: Hofgrefe.

Weinberger, A., Fischer, F. & Mandl, H. (2002). *Gemeinsame Wissenskonstruktion in computervermittelter Kommunikation: Welche Kooperationsskripts fördern Partizipation und anwendungsorientiertes Wissen?* Forschungsbericht. Ludwig-Maximilian-Universität.

Wenzel, M. & Wilhelm, T. (2015). Erhebung zum Einsatz Neuer Medien bei Physik-Gymnasiallehrern. In Groetzebauch, H. & Nordmeier, V. (Hrsg.), *PhyDid B – Didaktik der Physik. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Wuppertal 2015*.

Wenzel, M. & Wilhelm, T. (2016). Einstellung von Physik-Gymnasiallehrern zum Computereinsatz. In Maurer, C. (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015* (Band 36) (S. 214–216).

Wenzel, M. & Wilhelm, T. (2017). Interviews mit Physik-Gymnasiallehrkräften zum Computereinsatz. In Maurer, C. (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016* (Band 37) (S. 111–114).

Wößmann, L., Lergetporer, P., Grewenig, E., Kugler, F. & Werner, K. (2017). Fürchten sich die Deutschen vor der Digitalisierung? Ergebnisse des ifo Bildungsbarometers 2017. http://www.cesifo-group.de/DocDL/sd-2017-17-woessmann-etal-2017-09-14.pdf (10.10.2017).

Sebastian Hedtrich Universität Gießen
Nicole Graulich

e-Learning
Neue Wege um individuell zu fördern

Feedback und e-Learning

Feedback ist eine der stärksten Einflussgrößen für den Lernerfolg von Studierenden (Hattie & Timperley, 2007). Studierende haben ohne ein entsprechendes Feedback Schwierigkeiten ihren aktuellen Lernstand sowie den noch notwendigen Lernaufwand korrekt einzuschätzen (Hattie, 2013). Dabei stehen vor allem Universitäten vor einer großen Hürde, Studierende ausreichend mit formativen Feedback zu versorgen (Yorke, 2003). Gleichzeitig leiden gerade Studierende in ihren ersten Semestern unter der deutlich anonymeren Betreuungssituation im Vergleich zur Schule (Seery & Donnelly, 2012). Lehrende, wie auch die Institution Universität selbst, stehen deshalb vor der großen Aufgabe diese Informationslücke der Studierenden zu füllen und für ein ausreichendes Angebot an formativem Feedback zu sorgen.

Durch die Auslagerung bzw. die Ergänzung der Präsenzlehre durch elektronische Lernangebote kann nur oberflächlich eine Abhilfe geschaffen werden. Denn Studierende erfahren in einem elektronischen Lernangebot ebenfalls nur wenig Unterstützung (Baker, Lindrum, Lindrum, & Perkowski, 2015). Darüber hinaus liefert ein Lern-Management-System (LMS) Lehrenden zu wenige Informationen, um adäquat auf Lernschwierigkeiten der Studierenden reagieren zu können (Baker et al., 2015; Zorrilla, Menasalvas, Marín, Mora, & Segovia, 2005). Als eine erste Maßnahme beginnen einige Universitäten damit automatische Frühwarnsysteme in den Lernangeboten zu implementieren, die Studierende mit entsprechenden Warnungen über „kritisches Studierverhalten“ informieren können (Baker et al., 2015; Fritz, 2011; Macfadyen & Dawson, 2010). Während die Universität automatisierte Verfahren des Educational Data Minings (EDM) auf ihrem LMS laufen lässt, verbleibt so das Ableiten von Maßnahmen ausschließlich auf Seiten der Studierenden. Studierende erfahren zwar, dass ihr Verhalten (Frequentierung, Nutzungsdauer und -art des Lernangebots) kritisch ist, werden aber ohne Informationen darüber zurückgelassen, in welcher Weise sie ihr Lernverhalten ändern müssen. Insbesondere individuelle Rückmeldungen, welche Defizite als nächstes anzugehen sind, werden nicht gemacht.

Das LMSA Kit verschafft Lehrenden den fehlenden Einblick

Das Lern-Management-System Analysation Kit (LMSA Kit) ist eine von uns entwickelte Software, die Lehrende dabei unterstützen soll, die fehlenden Einblicke in das Online-Lernen ihrer Studierenden zu erlangen (Hedtrich & Graulich, in press). Als Datengrundlage werden lediglich die Export-Dateien verwendet, die Lehrende für ihren Kurs in allen gängigen LMS selbstständig erstellen können. Dadurch ist das LMSA Kit unabhängig vom jeweils eingesetzten LMS. Gleichzeitig kann die Software von jedem Lehrenden auf seinem eigenen PC betrieben werden, es werden keine Anpassungen am LMS notwendig und der Einsatz ist nicht von Dritten abhängig.

Ein LMS bietet lediglich summative Bewertungen an, indem erreichte Gesamtpunktzahlen in einzelnen, isolierten Lernkontrollen rückgemeldet werden. Mit dem LMSA Kit kann nun der Lernfortschritt der Studierenden vor dem Hintergrund eines ausgewählten Kriteriums innerhalb des gesamten elektronischen Lernangebots betrachtet werden. Statt die erreichten Punktzahlen in allen Aufgaben einer einzelnen Lernkontrolle zu addieren, werden alle

Aufgaben innerhalb des LMS, die zu einem gemeinsamen Kriterium gehören, gemeinsam betrachtet und ausgewertet. Ein Kriterium kann hierbei eine Aufgabenzusammenstellung unter verschiedenen Gesichtspunkten sein. Es kann sich um eine Zusammenstellung von Aufgaben handeln, die das gleiche Lernziel oder die gleiche zu erwerbende Kompetenz adressieren, oder schlicht das gleiche Thema ansprechen. Für die didaktischen Gesichtspunkte der Aufgabenauswahl ist der Lehrende verantwortlich.

Das LMSA Kit nutzt zur Auswertung der Daten Verfahren des sogenannten Matchmakings verschiedener Online-Spiele. Diese Verfahren werden eigentlich dazu verwendet, um die Fähigkeit einzelner Spieler zu ermitteln, mit dem Ziel möglichst spannende Spiele zwischen ebenbürtigen Gegnern anzusetzen. Sie können für pädagogische Zwecke zweckentfremdet werden, indem statt Spielern Studierende und Aufgaben „gegeneinander spielen". Die so ermittelte Fähigkeit einer Aufgabe kann als deren Aufgabenwert σ und die Fähigkeit eines Studierenden kann als dessen Fähigkeitswert θ gesehen werden. Die Nutzbarkeit solcher Verfahren für pädagogische Diagnostik konnte bereits unter anderen Einsatzbedingungen gezeigt werden (Pelánek, 2016). Verschiedene Matchmaking-Verfahren sind im LMSA Kit hinterlegt: das ELO Verfahren (Elo, 1978), das vom Weltschachverband genutzt wird, oder verschiedene Weiterentwicklungen davon, wie TrueSkill (Dangauthier, Herbrich, Minka, & Graepel, 2008) oder Glicko (Glickman, 1999).

Pilotierung des LMSA Kits

Um die hinterlegten Verfahren zu testen und zu kalibrieren, wurde auf Daten einer bereits abgeschlossenen Lehrveranstaltung zurückgegriffen. Es handelt sich um 750 Studierende mit Chemie im Nebenfach, die im Wintersemester 2015/16 ein Laborpraktikum belegt haben. Alle Studierende mussten semesterbegleitend elektronische Lernkontrollen absolvieren und bestehen. 240 von ihnen führten die Abschlussprüfung ebenfalls im LMS durch. Die absolvierten Aufgaben konnten in 12 Kriterien, wie „sicheres Arbeiten", „Verständnis organischer Mechanismen" etc., zusammengestellt werden. Anschließend wurde die Übereinstimmung der geschätzten Fähigkeiten mit der später gezeigten Klausurleistungen verglichen (Abb. 1).

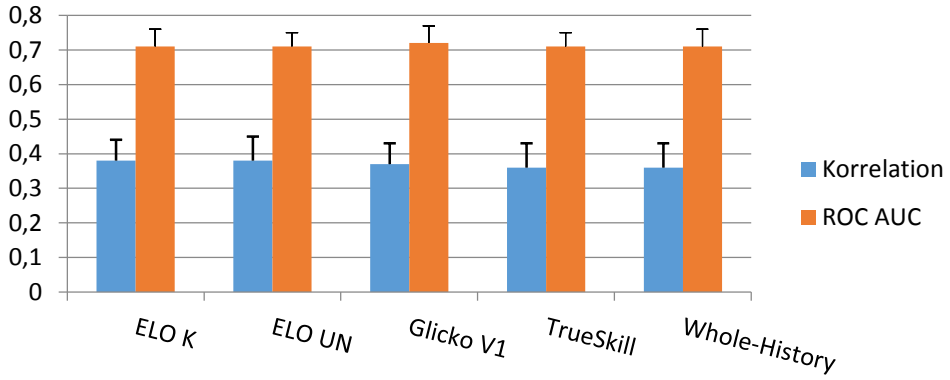


Abb. 1: Übereinstimmung der Prognose mit der tatsächlichen Klausurleistung

Die durchschnittliche Korrelation der Kriterien mit den entsprechenden Klausuraufgaben liegt bei $r \approx .37$. Bewerten zwei Personen die gleiche Arbeit so liegt deren Übereinstimmung bei $r = .59$ (Liu, Rios, Heilman, Gerard, & Linn, 2016). Da hier die Daten der Lernkontrollen für eine Prognose genutzt wurden, ist ein geringerer Wert nicht verwunderlich. Die kalibrier-

ten Verfahren zeigten eine hinreichend hohe Prognosegüte, um sie als eine Grundlage für weiteres pädagogisches Handeln zu nutzen.

Automatisches Feedback für eine individuelle Förderung

Lehrende sind an einer Universität allerdings kaum in der Lage individuelle Förderangebote für alle Kursteilnehmer anzubieten. Sie benötigen weitere Unterstützung beim Anbieten dieser Fördermaßnahmen und -angeboten. Aus diesem Grund wird das LMSA Kit um den Easy Snippet Feedback Edit (ESF Edit) ergänzt, in ihm kann eine Bauanleitung für die Feedbackgabe erstellt werden. Der ESF Edit ist eine Integrierte Entwicklungsoberfläche (IDE), die für die Anwendungsentwicklung eine visuelle Programmiersprache nutzt. Lehrer müssen also keine Kenntnisse in einer Programmiersprache beherrschen; sie setzen stattdessen grafische Bausteine zusammen, um die Feedbackgenerierung zu beschreiben.

Das System aus LMSA Kit und ESF Edit wurde zunächst in Laborpraktika an unserem Institut einem ersten Praxistest unterzogen (Tab 1.). Die Studierenden erhielten dabei ca. eine Woche vor der Abschlussklausur ein Feedback, das sie über ihre momentane Leistung informierte, welche Entwicklungen in welchen Bereichen noch notwendig sind. Zusätzlich wurden zu jedem Bereich dem jeweiligen Leistungsstand angepasste weitere Lernangebote unterbreitet.

	WiSe 15/16 (n=19)	**SoSe 2016 (n=22)**	**SoSe 2017 (n≈35)**
Empfänger (abgerufenes Feedback)	*43*	*48*	*781 (93)*
Nutzen (Allgemein)	1,9	1,8	2,0
Nutzen (Klausurvorbereitung)	3,0	2,7	1,9
Weiteres Feedback	2,0	1,9	1,6

Tab. 1: Ergebnisse der Evaluation des Feedbacksystems („Vergeben Sie Schulnoten.“)

Während der ersten und der zweiten Feedback-Runde wurden sowohl die Modelle des LMSA Kits als auch das Feedback im ESF Edit weiter verbessert, daraus resultiert die leichte Verbesserung der Bewertung. Anschließend konnte das Feedbacksystem in einer großen Lehrveranstaltung getestet werden. Es wurde daher im Sommersemester 2017 im Nebenfachpraktikum getestet, in dem auch schon die Modelle des LMSA Kits getestet und kalibriert wurden. Hier zeigt sich besonders deutlich der Nutzen des Feedbacksystems für die Studierenden, da in einer solchen großen Lehrveranstaltung mit mehr als 700 Teilnehmern keine individuelle Betreuungssituation mehr gegeben ist. Das System kommt den Studierenden zugute, die mit dieser anonymeren Lehre im Vergleich zur Schule ihre Schwierigkeiten haben.

Fazit und Ausblick

Gerade in den ersten Semestern haben Studierende besondere Schwierigkeiten mit dem fehlenden, individuellen, formativen Feedback, das sie aus der Schulzeit gewohnt sind. Auch in einem LMS wird ihnen dieses notwendige formative Feedback nur unzureichend bereitgestellt. Dieser Orientierungslosigkeit kann durch die Kombination des LMSA Kits mit dem ESF Edit erfolgreich entgegengewirkt werden. Das LMSA Kit eröffnet Lehrenden einen Einblick in das digitale Lernen ihrer Studierenden. Es lassen sich erstmals zielgerichtete Maßnahmen für die Präsenzphase ableiten. Darüber hinaus erlaubt der ESF Edit die Gabe eines formativen Feedbacks, das den individuellen Bedürfnissen der Studierenden deutlich besser gerecht wird als bisherige Informationsquellen. Eine gezielte, individuelle Förderung wird so erstmals auch in großen Kursen möglich.

Literatur

Baker, R. S., Lindrum, D., Lindrum, M. J., & Perkowski, D. (2015). Analyzing Early At-Risk Factors in Higher Education eLearning Courses. In O. C. Santos, J. G. Boticario, C. Romero, M. Pechenizkiy, A. Merceron, P. Mitros, M. Desmarais (Eds.), Proceedings of the International Conference on Educational Data Mining (EDM) (8th, Madrid, Spain, June 26-29, 2015), International Educational Data Mining Society, 150–155

Dangauthier, P., Herbrich, R., Minka, T., & Graepel, T. (2008). TrueSkill Through Time: Revisiting the History of Chess. In J. C. Platt, D. Koller, Y. Singer, & S. T. Roweis (Eds.), Advances in Neural Information Processing Systems 20, Curran Associates, Inc., 337–344

Elo, A. E. (1978). The rating of chessplayers, past and present. Batsford chess book: Batsford.

Fritz, J. (2011). Classroom walls that talk: Using online course activity data of successful students to raise self-awareness of underperforming peers. The Internet and Higher Education, 14(2), 89–97

Glickman, M. E. (1999). Parameter Estimation in Large Dynamic Paired Comparison Experiments. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 48(3), 377–394

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. Review of Educational Research, 77(1), 81–112

Hattie, J. (2013). Calibration and confidence: Where to next? Learning and Instruction, 24, 62–66

Hedtrich, S., & Graulich, N. (in press). Crossing Boundaries in Electronic Learning: Combining Fragmented Test Data for a New Perspective on Students' Learning. In Computer-Aided Data Analysis in Chemical Education Research (CADACER). -Advances and Avenues.

Liu, O. L., Rios, J. A., Heilman, M., Gerard, L., & Linn, M. C. (2016). Validation of automated scoring of science assessments. Journal of Research in Science Teaching, 53(2), 215–233

Macfadyen, L. P., & Dawson, S. (2010). Mining LMS data to develop an "early warning system" for educators: A proof of concept. Computers & Education, 54(2), 588–599

Pelánek, R. (2016). Applications of the Elo rating system in adaptive educational systems. Computers & Education, 98, 169–179

Seery, M. K., & Donnelly, R. (2012). The implementation of pre-lecture resources to reduce in-class cognitive load: A case study for higher education chemistry. British Journal of Educational Technology, 43(4), 667–677

Yorke, M. (2003). Formative assessment in higher education: Moves towards theory and the enhancement of pedagogic practice. Higher Education, 45(4), 477–501

Zorrilla, M., Menasalvas, E., Marín, D., Mora, E., & Segovia, J. (2005). Web Usage Mining Project for Improving Web-Based Learning Sites. In R. Moreno Díaz, F. Pichler, & A. Quesada Arencibia (Eds.), Computer Aided Systems Theory – EUROCAST 2005: 10th International Conference on Computer Aided Systems Theory, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, February 7 – 11, 2005, Revised Selected Papers, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 205–210

Peter Wulff IPN Kiel
Melanie Keller
Stefan Petersen
Knut Neumann

Förderung junger Frauen in der PhysikOlympiade im Projekt *identiφ*

Immer stärker prognostizieren Wissenschaft, Wirtschaft und Politik einen Fachkräftemangel in MINT-Fächern[1] in Industrienationen wie der Bundesrepublik Deutschland (Institut der Deutschen Wirtschaft Köln, 2016). Mathematische, ingenieurwissenschaftliche, naturwissenschaftliche und technische Fähigkeiten besitzen für viele Tätigkeiten eine zunehmende Bedeutung. Demgegenüber steht das durchschnittlich hohe Alter von MINT-Fachkräften und ein fehlender MINT-Nachwuchs, der die Innovationskraft und damit Zukunftsfähigkeit von Industrienationen gefährden (BusinessEurope, 2011; Institut der Deutschen Wirtschaft Köln, 2016; PCAST, 2012). Um die zukünftige Innovationskraft von Industrienationen zu sichern, müssen interessierte und talentierte Jugendliche für MINT-Fächer begeistert werden.

Um diesem Ziel Rechnung zu tragen, wurden sog. Enrichmentmaßnahmen für Schülerinnen und Schüler als Instrumente der Talentförderung und -identifikation etabliert (Campbell, Wagner, & Walberg, 2000). Insbesondere sind in diesem Zusammenhang die sog. ScienceOlympiaden zu nennen, die in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik einen Beitrag zur Nachwuchsrekrutierung leisten. Bei genauerer Betrachtung der Teilnehmendenzahlen registriert man allerdings, dass Persistenz und Erfolg in diesen Wettbewerben stark vom Geschlecht der Teilnehmenden abhängen (Campbell, 2002). Dieses trifft insbesondere auf den Auswahlwettbewerb zur Internationalen PhysikOlympiade zu. Beispielsweise sind hier anfänglich etwa 25–30% der Teilnehmenden weiblich. Dieser Anteil nimmt dann überproportional im Verlauf des Wettbewerbs ab auf etwa 7% in der Finalrunde ab (Petersen & Wulff, 2017). Demzufolge gelingt eine umfassende Identifikation und Förderung aller Talente durch diese Maßnahmen de facto nicht. Eine mögliche Ursache für das differentielle Engagement von Schülerinnen und Schülern in Wettbewerben wie der PhysikOlympiade kann in der mangelnden Identitätsbildung bzw. -unterstützung liegen (Hazari, Sonnert, Sadler, & Shanahan, 2010; Tytler, 2014). Ziel des vorliegenden Projekts ist, eine die PhysikOlympiade flankierende Interventionsmaßnahme zu implementieren und zu evaluieren. Es soll untersucht werden inwieweit es gelingt, das Physikengagement und die Identifikation mit der Physik der am Wettbewerb teilnehmenden jungen Frauen zu fördern.

Physikidentity und Gender

"'[I]dentity' represents the process of searching for and settling on a set of commitments to personal standards and life roles." (Schwartz et al., 2011, p. 373). Der Mensch hat multiple Identitäten, sodass das Zusammenspiel unterschiedlicher Identitätsaspekte wie soziale Identität (bspw. Geschlechtsrollenzugehörigkeit), personale Identität (Persönlichkeitseigenschaften) und domänenspezifische Identität (bspw. Physikidentität) von Bedeutung ist (Burke, 2003). Mit Fokus auf die Physikidentität konnten zentrale Einstellungen und Überzeugungen identifiziert werden, die eine Identifikation mit der Domäne und somit Engagement ermöglichen. So sind die beiden Aspekte der *Erfolgserwartung* bezogen auf typische Probleme in der Domäne sowie des *Zugehörigkeitsgefühls* zur Community

[1] Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften und Technik.

entscheidende Faktoren, die Identitätsentwicklung beeinflussen (Baumeister & Leary, 1995; Eccles, 1983; Hazari et al., 2010; Lave & Wenger, 1991). Insbesondere mit Bezug zur Physik zeigen Studien, dass Schülerinnen im Vergleich zu Schülern trotz gleicher Leistungen eine geringere *Erfolgserwartung* (oder ein geringeres Selbstkonzept/eine geringere Selbstwirksamkeitserwartung) zeigen, in Physik erfolgreich zu sein, (Eccles, 2011; Schütz, 2000). Ebenso konnte gezeigt werden, dass das *Zugehörigkeitsgefühl* für Schülerinnen in dem physiknahen Fach Mathematik geringer ausgeprägt ist und stärker über die Zeit abfällt als dies für Schüler der Fall ist (Good, Rattan, & Dweck, 2012). Das Ziel der vorliegenden Interventionsmaßnahme ist es, Mechanismen zu stärken, die sowohl die *Erfolgserwartung* in Bezug auf ein Physikstudium als auch das *Zugehörigkeitsgefühl* zur Physik-Community von Schülerinnen in der PhysikOlympiade verstärken. Dabei sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- FF1: Inwieweit kann die *Erfolgserwartung* in Bezug auf ein Physikstudium von Schülerinnen positiv beeinflusst werden? Gibt es genderdifferentielle Effekte?
- FF2: Inwieweit kann das *Zugehörigkeitsgefühl* zur Physik-Community gestärkt werden? Gibt es genderdifferentielle Effekte?

Methode

Verschiedene Aspekte wurden in der Forschung identifiziert, die sowohl die *Erfolgserwartung* als auch das *Zugehörigkeitsgefühl* fördern können. Zur Stärkung der *Erfolgserwartung* der Schülerinnen wurden gezielte Adaptionen der Inhalte vorgenommen. So werden Inhalte mit Bezug zu lebensweltlich relevanten Themen von Schülerinnen als interessanter wahrgenommen (Häußler & Hoffmann, 2002). Das Interesse an den Physikproblemen erhöht dann wiederum die Wahrscheinlichkeit sich mit diesen auseinanderzusetzen, was das Kompetenzerleben stärkt. In der vorliegenden Intervention wurden teilweise Inhalte adaptiert, die solche medizinischen Kontexte aufgreifen (hier: DNA). Weiterhin erfolgt die Bearbeitung sowohl durch theoretische physikalische Probleme als auch durch Hands-On-Experimente, was sich als insbesondere förderlich für Schülerinnen herausstellte (Freedman, 2001). Zur Stärkung des *Zugehörigkeitsgefühls* wurden eine 50/50 Gruppenzusammensetzung gewährleistet (Dasgupta, Scircle, & Hunsinger, 2015), sowie Expertinnen als Mentorinnen eingesetzt (Dasgupta, 2011). Als Expertinnen konnten wir die erfolgreichsten jungen Frauen in den letzten Jahren der PhysikOlympiade gewinnen, die alle nunmehr ein physiknahes Studium aufgenommen haben. Diese Aspekte wurden in einem Förderseminar umgesetzt, welches zweimalig vor-Ort und zweimalig online stattfand über den Zeitraum eines halben Jahres (Oktober 2016 bis März 2017). Zusätzlich gab es eine Kontrollgruppe, die ausschließlich die Inhalte (ohne Experimente) in Einzelarbeit online absolviert hat; d.h. für die Kontrollgruppe wurde ausschließlich die Adaption der Inhalte in der Intervention umgesetzt. Die 5 Messzeitpunkte lagen jeweils vor und nach den Vor-Ort-Seminaren und streckten sich damit über den Zeitraum des gesamten halben Jahres. Tab. 1 zeigt eine Übersicht der verwendeten Skalen. Insgesamt haben von den eingeladenen Teilnehmenden 23% ihre Teilnahme zugesagt. Im Seminarprogramm gab es einen differentiellen Dropout in der Art, dass in der Treatment-Bedingung der Dropout bei 36% und in der Kontroll-Bedingung bei 63% lag. Unsere Analysen fokussieren diejenigen Schülerinnen und Schüler, die bis zum Ende in der Interventionsmaßnahme verblieben sind (Treatment-Bedingung: N=37, Kontroll-Bedingung: N=11). Hierbei ist zu konstatieren, dass sich diese Gruppen signifikant in ihren Physiknoten und der Wettbewerbsleistung unterscheiden, beide Male zugunsten der Kontrollgruppe.

Zur Auswertung der Ergebnisse wurde ein Mehrebenenmodell geschätzt mit Messzeitpunkten geschachtelt in den individuellen Schülern. Es wurden mit Bezug auf die Forschungsfragen jeweils die Haupteffekte Zeit, Geschlecht sowie Bedingung (Treatment

versus Kontrolle) getestet, sowie entsprechende Interaktionseffekt, bspw. ob es für Schülerinnen andere zeitliche Verläufe als für Schüler gibt. Abhängige Variablen waren *Erfolgserwartung* im Physikstudium und *Zugehörigkeitsgefühl* zur Physik-Community.

Tab. 1: Übersicht der verwendeten Skalen.

Skala (Quelle)	MZP	# Items	Beispielitems
Erfolgserwartung in Physik [.76 ≤ α ≤ .82] (Lykkegaard et al., 2016)	1,5	4 Items	"Wenn ich Physik studieren oder einen physiknahen Beruf ergreifen werde, glaube ich, dass ich dabei erfolgreich sein werde."
Zugehörigkeitsgefühl zur Physik-Community [.92 ≤ α ≤ .94] (Good et al., 2012)	1,2,3,4,5	5 Items pro Subskala (5 Subskalen)	"...fühle ich, dass ich zur Physik-Community dazugehöre."
Unterstützung durch Lehrkräfte, Eltern, Peers [.80 ≤ α ≤ .83]	1	6 Items	„Meine Eltern unterstützen mich aktiv in meinem Physikengagement."
Wertkomponente [α = .63] (Lykkegaard et al., 2016)	1	4 Items	„Wenn ich Physik studieren oder einen physiknahen Beruf ergreifen werde, werden mir die Inhalte, die ich dort lerne, auch für mein alltägliches Leben nützlich sein."
Feedback Seminar 1 und Seminar 2 [.89 ≤ α ≤ .91] (Fechner, 2009; Lewalter & Knogler, 2014)	2,5	17 Items	„Ich fühlte mich von der Leherperson ernst genommen.", „Die Arbeit an den physikalischen Problemen im Seminar hat mir Spaß gemacht."
Noten Physik	5	1 Item	„Bitte gib im Folgenden deine letzte Semesternote für die folgenden Fächer an. Physik"
Wettbewerbsleistung	-	5 Items	Bearbeitung von 4 physikalischen Problemen mit Kontrolle durch Lehrkräfte auf Basis einer Musterlösung

Ergebnisse

Mit Bezug auf die *Erfolgserwartung* (FF1) konnten keine signifikanten Effekte festgestellt werden. Im Hinblick auf das *Zugehörigkeitsgefühl* (FF2) fanden sich ebenfalls keine Haupteffekte, jedoch zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt von Zeit und Bedingung. Die Kontrollgruppe verzeichnet einen positiveren Zuwachs im Zugehörigkeitsgefühl im Verlauf des Seminars als dies bei der Treatmentgruppe der Fall ist. Die erwarteten geschlechterdifferenziellen Effekte des Treatments (d.h. des Interaktionseffektes Geschlecht x Bedingung) auf *Erfolgserwartung* und *Zugehörigkeitsgefühl* konnten nicht gezeigt werden.

Diskussion

Die vorliegende Interventionsmaßnahme wurde als ergänzende Maßnahme im Rahmen des Auswahlwettbewerbs zur Internationalen PhysikOlympiade entwickelt und hatte zum Ziel, die teilnehmenden Schülerinnen in ihrem Physikengagement und ihrer Physikidentitätsentwicklung zu fördern. Die Auswertung mit Hinblick auf die Forschungsfragen zeigte allerdings nicht die erwarteten Effekte, beispielsweise eine positivere Zeitentwicklung für die Schülerinnen in der Treatmentgruppe im Vergleich mit der Kontrollgruppe. Allerdings stellten wir auch keinen differentiellen negativen Effekt für Schülerinnen fest wie dies beispielsweise in der Studie von Good et al. (2012) der Fall war. Insbesondere stellten wir fest, dass sich Treatment- und Kontrollgruppe signifikant in der Leistung voneinander unterscheiden und ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler aus der Kontrollgruppe ausgeschieden ist (63%). Die Rückmeldezahlen aller Teilnehmenden zum Wettbewerb zeigen, dass in etwa 51% der Teilnehmenden (unabhängig von Geschlecht und Bedingung) sich zurückgemeldet haben. Das bedeutet, dass sie Aufgaben im Wettbewerb im nächsten Jahr bearbeitet haben. Dies liegt etwas über der vergleichbaren Population in der PhysikOlympiade (41%), was ein positiver Indikator für die Wirksamkeit beider Fördermaßnahmen (Treatment und Kontrollgruppe) ist. Für zukünftige Interventionen erachten wir eine sensiblere Justierung der Skalen auf die Gegebenheiten für sinnvoll (siehe: Stake & Mares, 2001). Im Jahr 2018 wird das Projekt identiφ in umfassenderer Form fortgeführt.

Literatur

Baumeister, R. F., & Leary, M. R. (1995). The Need to Belong: Desire for Interpersonal Attachments as a Fundamental Human Motivation. *Psychological Bulletin, 117*(3), 497–529.

Burke, P. J. (2003). Introduction. In P. J. Burke, T. J. Owens, R. T. Serpe, & P. A. Thoits (Eds.), *Advances in identity theory and research* . New York: Kluwer Academic.

BusinessEurope. (2011). Plugging the gap: the clock is ticking. Retrieved from http://www.businesseurope.eu/Content/default.asp?pageid=568&docid=28659

Campbell, J. R. (2002). Gender Inequity Among Academic Olympians Across the Globe: Theoretical Paradigms. *Journal of Research in Education, 12*(1), 75–79.

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.

Dasgupta, N. (2011). Ingroup Experts and Peers as Social Vaccines Who Inoculate the Self-Concept: The Stereotype Inoculation Model. *Psychological Inquiry, 22*(4), 231–246. doi:10.1080/1047840X.2011.607313

Dasgupta, N., Scircle, M. M., & Hunsinger, M. (2015). Female peers in small work groups enhance women's motivation, verbal participation, and career aspirations in engineering. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 112*(16), 4988–4993. doi:10.1073/pnas.1422822112

Eccles, J. E. (1983). Expectancies, Values, and Academic Behaviors. In J. T. Spence (Ed.), *Achievement and Achievement Motives. Psychological and Sociological Approaches* (pp. 75–138). San Francisco, CA: Freeman and Company.

Eccles, J. (2011). Gendered educational and occupational choices: Special section Applying the Eccles et al. model of achievement-related choices. *International Journal of Behavioural Development, 35*(3), 195–201.

Freedman, M. P. (2001). The influence of laboratory instruction on science achievement and attitude toward science among ninth grade students across gender differences. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering, 8,* 191–200.

Good, C., Rattan, A., & Dweck, C. S. (2012). Why do women opt out? Sense of belonging and women's representation in mathematics. *Journal of Personality and Social Psychology, 102*(4), 700–717. doi:10.1037/a0026659

Häußler, P., & Hoffmann, L. (2002). An Intervention Study to Enhance Girls' Interest, Self-Concept, and Achievement in Physics Classes. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(9), 870–888.

Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P., & Shanahan, M.-C. (2010). Connecting High School Physics Experiences, Outcome Expectations, Physics Identity, and Physics Career Choice: A Gender Study. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(8), 978–1003.

Institut der Deutschen Wirtschaft Köln. (2016). *MINT-Herbstreport 2016: Bedeutung und Chancen der Zuwanderung.*

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate peripheral participation*: Cambridge University Press.

PCAST. (2012). *Engage to excel: Producing one million additional college graduates with degrees in science, technology, engineering, and mathematics*. President's Council of Advisors on Science and Technology.

Petersen, S., & Wulff, P. (2017). The German Physics Olympiad—identifying and inspiring talents. *European Journal of Physics, 38*(3), 034005. doi:10.1088/1361-6404/aa538f

Schütz, C. (2000). Leistungsbezogene Kognitionen. In D. H. Rost (Ed.), *Hochbegabte und hochleistende Jugendliche* (pp. 303–338). Münster: Waxmann.

Schwartz, S. J., Klimstra, T. A., Luyckx, K., Hale, W. W., Frijns, T., Oosterwegel, A., . . . Meeus, Wim H. J. (2011). Daily dynamics of personal identity and self-concept clarity. *European Journal of Personality, 25*(5), 373–385. doi:10.1002/per.798

Stake, J. E., & Mares, K. R. (2001). Science Enrichment Programs for Gifted High School Girls and Boys: Predictors of Program Impact on Science Confidence and Motivation. *Journal of Research in Science Teaching, 38*(10), 1065–1088.

Tytler, R. (2014). Attitudes, Identity, and Aspirations Toward Science. In N. G. Lederman & S. Abell (Eds.), *Volume II. Handbook of research on science education* (pp. 82–103). New York: Routledge.

Lilith Rüschenpöhler Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Silvija Markic

Kulturelle Unterschiede der Selbstkonzepte in der Chemie

Die kulturelle Diversität in unserer Gesellschaft steigt, jedoch ist nur wenig darüber bekannt, wie diese Diversität auf motivationale Variablen im Unterricht wirkt. Die vorliegende Studie untersucht eine dieser Variablen, und zwar die Selbstkonzepte von Schülerinnen und Schülern in Chemie. Die Fähigkeitsselbstkonzeptforschung ist in den MINT-Fächern sehr populär, da die Selbstkonzepte mit zentralen schulrelevanten Variablen zusammenhängen. An erster Stelle steht die positive Korrelation mit akademischen Leistungen, die gut belegt ist (z. B. Marsh & Craven, 2006; Wylie, 1979). Auch die Verbindungen zwischen Selbstkonzept und Lernverhalten (Marsh & Yeung, 1997) sowie Kurs- und Berufswahlen (z. B. Wigfield & Eccles, 1992) sind hinreichend gesichert. Schülerinnen und Schüler mit positivem Selbstkonzept tendieren stärker dazu, weiterführende Kurse oder einen Beruf aus diesem Bereich zu wählen, als solche mit negativem Selbstkonzept.

Hinter dem Interesse an MINT-Selbstkonzepten stehen zwei Ziele, die – so unterschiedlich sie sind – zwei Seiten einer Medaille darstellen: Dominierend ist das wirtschaftliche Ziel, mehr Arbeitskräfte für MINT-Berufe zu gewinnen (z. B. Taskinen, Asseburg & Walter, 2009). Dieses Ziel ist zugleich aber auch ein Ziel sozialer Gerechtigkeit, da angestrebt wird, unterrepräsentierten Gruppen den Zugang zu gut bezahlten Berufen zu eröffnen (z. B. MacPhee, Farro & Canetto, 2013). In der Vergangenheit wurde deshalb bereits ausgiebig erforscht, wie das Geschlecht mit den MINT-Selbstkonzepten zusammenhängt und ein *gender gap* festgestellt (z. B. Brown & Ronau, 2012; Capobianco, Yu & French, 2015). In ähnlicher Weise rückt zunehmend auch die Frage nach kulturellen Unterschieden in den Selbstkonzepten in den Blickpunkt (z. B. DeWitt et al., 2011; Steele & Aronson, 1995).

Wie können jedoch Selbstkonzepte in kulturell diversen Gesellschaften erforscht werden? In den vergangenen Jahrzehnten wurden in der Selbstkonzeptforschung fast ausschließlich statistische Analysen von Surveydaten mit Likert-Fragebögen durchgeführt. Hier können jedoch in kulturell diversen Settings besondere Bias auftreten (Byrne et al., 2009; van de Vijver & Poortinga, 2005), die einerseits auf die mangelnde Äquivalenz zu testender Konstrukte und des Messprozesses, andererseits auf Schwierigkeiten bei der Dateninterpretation zurückgeführt werden können. Daher sollten nach Byrne und Kollegen (2009) in der Selbstkonzeptforschung auch qualitative Wege eingeschlagen werden.

Hatties Seilmodell des Selbstkonzepts (2008) bietet sich hierfür an. Im Gegensatz zu den üblicherweise genutzten Modellen in der Tradition nach Shavelson, Hubner und Stanton (1976) betrachtet Hatties dynamisches Modell psychische Prozesse, die in unterschiedlichen Situationen aktiviert werden. Es fasst Selbstkonzepte als Aktivierungsmuster dieser psychischen Prozesse auf. In akademischen Lern- und Leistungssituationen werden beispielsweise die Leistungszielorientierung (*performance goal orientation*, PGO) und die Lernzielorientierung (*learning goal orientation*, LGO) besonders relevant. Ziel der hier dargestellten Studie ist herauszufinden, was Selbstkonzepte für Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher kultureller Hintergründe – mit Fokus auf deren Migrationshintergründe – und unterschiedlichen Geschlechts bedeuten.

Methode und Stichprobe
Die Studie basiert auf halbstrukturierten Interviews (N=43) mit Schülerinnen und Schülern im Alter von 11-17 Jahren aus sechs verschiedenen Schulen aus Bremen und Hamburg. Etwas mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler (N=24; 56 %) wies einen Migrationshintergrund auf, die meisten dieser Untergruppe hatten türkische und/oder kurdische Wurzeln (N=9; 21 %), alle anderen Gruppen waren von geringerem Umfang.

Die Interviews basierten auf Hatties Seilmodell. Es wurde angestrebt, Einblick in die subjektiven Perspektiven der Schülerinnen und Schüler auf den Chemieunterricht zu erhalten. Dabei wurden die Lern- und Leistungszielorientierungen (LGO und PGO) der Schülerinnen und Schüler besonders betrachtet. Die Interviews wurden mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) analysiert. Die Analyse beschränkt sich auf die deutschen und türkischen/kurdischen Schülerinnen und Schüler, da hier die Stichproben ausreichend groß sind. Die Interviews wurden für deutsche Jungen und Mädchen sowie türkische/kurdische Jungen und Mädchen getrennt analysiert.

Ergebnisse
Hauptkategorien der Analyse stellen die Lernzielorientierung (LGO), die Leistungszielorientierung (PGO), soziale Orientierungen sowie die Bewertung eigener Leistungen dar. Letzteres entspricht dem Selbstkonzept nach dem Shavelson-Modell.

Zwei Gruppen zeigten starke Selbstkonzepte, und zwar die deutschen Jungen und die türkischen und kurdischen Mädchen. Diese Schüler äußerten sich positiver bezüglich ihrer eigenen Leistungen in Chemie als die anderen Gruppen. Weiterhin schienen sie — im Vergleich zu den anderen Teilnehmenden — die stärksten Lernzielorientierungen (LGO) und eine intrinsische Lernmotivation in für Chemie zu haben. Trotz dieser Ähnlichkeiten scheint sich ihre Perspektive auf den Chemieunterricht deutlich voneinander zu unterscheiden. So zeigten die deutschen Jungen eine sehr starke Leistungszielorientierung (PGO), während die türkischen und kurdischen Mädchen sich nur sehr wenig an Leistungszielen zu orientieren schienen. Dagegen war der soziale Kontext für die Jungen nur wenig salient, während er für die türkischen und kurdischen Mädchen sehr präsent zu sein schien.

Die zwei anderen Gruppen zeigten schwächere Selbstkonzepte. Die deutschen Mädchen und die türkischen und kurdischen Jungen schienen ihre Fähigkeiten in Chemie negativer zu bewerten als die anderen Gruppen. Viele drückten Zweifel an ihren eigenen Fähigkeiten aus. Soziale Ziele rückten sehr stark in ihren Fokus, darunter bei einigen Schülerinnen und Schülern auch die Frage, ob sie als Person im Unterricht akzeptiert sind. Beide Gruppen zeigten im Vergleich zu den Schülerinnen und Schülern mit starkem Selbstkonzept eine schwächere Lernzielorienrierung (LGO) und wenig intrinsische Motivation. Ihre Leistungszielorientierung (PGO) lag im mittleren Bereich, schien jedoch – anders als bei den deutschen Jungen – bei einigen Schülerinnen und Schülern negative Seiteneffekte zu haben: Sie berichteten von risikovermeidendem Verhalten und von einer geringen Persistenz bei schwierigen Aufgaben. Diese Indikatoren weisen auf niedrige Selbstkonzepte bei den deutschen Mädchen und den türkischen und kurdischen Jungen hin.

Diskussion und Implikationen
Zwei vorläufige Schlüsse lassen sich aus den Ergebnissen ziehen: 1. Es scheinen zwei unterschiedliche *gender gaps* zwischen deutschen und türkischen/kurdischen Schülerinnen und Schülern vorzuliegen. Zunächst zeigte sich der bekannte Unterschied zwischen deutschen Jungen mit starkem und deutschen Mädchen mit schwächerem Selbstkonzept. Demgegenüber scheint ein gegenläufiger *gender gap* zu stehen, zwischen türkischen und kurdi-

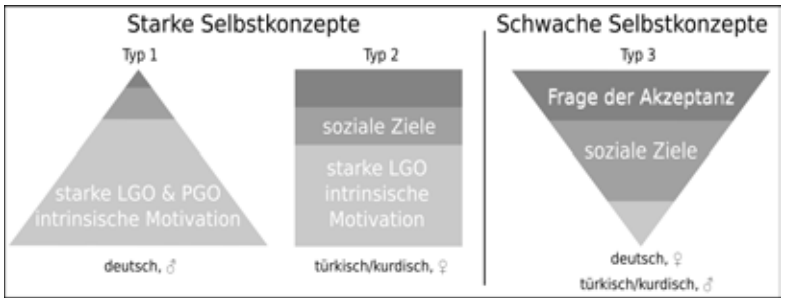


Abb. 1: Vorschlag einer Konzeptualisierung der drei Selbstkonzepttypen.

schen Mädchen mit starkem Selbstkonzept und türkischen und kurdischen Jungen mit schwachem Selbstkonzept. 2. Die Daten legen drei unterschiedliche Typen von Selbstkonzepten nahe (s. Abb. 1). Schülerinnen und Schüler des Typs 1 haben ein starkes Selbstkonzept mit sehr hoher Lern- und Leistungszielorientierung (LGO und PGO), bei der der soziale Kontext nur sehr wenig relevant erscheint. Schülerinnen und Schüler des Typs 2 haben ebenfalls ein starkes Selbstkonzept, jedoch mit hoher Lernzielorientierung (LGO) und hoher sozialer Orientierung. Typ 3 beschreibt Schülerinnen und Schüler mit schwachem Selbstkonzept, die soziale Unsicherheit und wenig Lernzielorientierung (LGO) zeigen.

Besonders interessant ist, dass nur die Schülerinnen und Schüler des Typs 1 die soziale Struktur der Klasse sehr wenig zu beachten scheinen. In allen Gruppen wurde zudem die Frage relevant, ob Schülerinnen und Schüler in der Gruppe akzeptiert sind – außer bei den Schülerinnen und Schülern des Typs 1. Viele Schülerinnen und Schüler beantworteten diese Frage negativ, zeigten also soziale Unsicherheit im Chemieunterricht.

Die Studie zeigt deutlich, wie qualitative Analysen die Selbstkonzeptforschung gerade in interkulturellen Kontexten bereichern und neue Wege für quantitative Studien eröffnen kann. Die hier formulierten Schlussfolgerungen sind jedoch als erste Konzeptualisierungen zu verstehen, die einer genauen Überprüfung anhand einer weiteren, größeren Stichprobe bedürfen. Dies würde es erlauben, auch Schülerinnen und Schüler mit anderem Migrationshintergrund angemessen zu berücksichtigen. Dabei sollten in tiefergreifenden Interviews und Analysen die spezifischen Narrative und Argumentationsketten der Schülerinnen und Schüler betrachtet werden. Das könnte zu einem tieferen Verständnis der inneren Logiken der Schülerperspektiven beitragen. Interessant wäre darüber hinaus, eine ähnliche Studie in den Herkunftsländern der Schülerinnen und Schüler durchzuführen, und die Daten beider Studien vergleichend zu analysieren. So könnten Rückschlüsse darauf gezogen werden, inwiefern es sich bei den hier festgestellten Tendenzen um Merkmale deutscher Subkulturen handelt bzw. wo nationalkulturelle Unterschiede eine Rolle spielen.

Mit Blick auf die Unterrichtsgestaltung könnten Ansätze interessant werden, die die sozialen Orientierungen der Schülerinnen und Schüler in den Unterricht einbinden. Soziale Unsicherheit könnte beispielsweise über narrative Elemente im Unterrichtsmaterial aufgenommen werden. Dies hätte zwei Ziele: Zunächst könnte es Schülerinnen und Schüler mit sozialer Unsicherheit im Chemieunterricht ansprechen. Denn es bedeutet eine Form der Anerkennung ihrer Situation, wenn ihre Gedanken und Gefühle thematisiert werden und kann schon auf diese Weise eine Einbindung in die Gruppe bedeuten. Ebenso könnte eine Sensibilisierung bei den Schülerinnen und Schülern bewirkt werden, die die Akzeptanz in der Sozialgruppe als selbstverständlich wahrnehmen und die also eine hohe soziale Sicherheit empfinden. Das könnte zu einem größeren Verantwortungsbewusstsein dieser Schülerinnen und Schüler für die sozialen Prozesse bewirken.

Literatur

Brown, S. L., & Ronau, R. R. (2012). Students' perceptions of single-gender science and mathematics classroom experiences. *School Science and Mathematics*, 112(*2*), 66–87. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00121.x

Byrne, B. M., Oakland, T., Leong, F. T. L., van de Vijver, F. J. R., Hambleton, R. K., Cheung, F. M., & Bartram, D. (2009). A critical analysis of cross-cultural research and testing practices: Implications for improved education and training in psychology. *Training and Education in Professional Psychology*, 3, 94–105. https://doi.org/10.1037/a0014516

Capobianco, B. M., Yu, J. H., & French, B. F. (2015). Effects of engineering design-based science on elementary school science students' engineering Identity Development across Gender and Grade. *Research in Science Education*, 45(*2*), 275–292.

DeWitt, J., Archer, L., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2011). High aspirations but low progression: The science aspirations-careers paradox amongst minority ethnic students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(*2*), 243–271.

Hattie, J. (2008). Processes of integrating, developing and processing self information. In D. M. McInerney, H. W. Marsh, & R. Craven (Eds.), *International advances in self research. Self-processes, learning, and enabling human potential. Dynamic new approaches* (pp. 51–85). Charlotte, NC: Information Age.

MacPhee, D, Farro, S., & Canetto, S. S. (2013): Academic Self-Efficacy and Performance of Underrepresented STEM Majors. Gender, Ethnic, and Social Class Patterns, *Analyses of Social Issues and Public Policy,* 13, 347-369. https://doi.org/10.1111/asap.12033

Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 133–163. https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2006.00010.x

Marsh, H. W., & Yeung, A. S. (1997). Coursework selection: Relations to academic self-concept and achievement. *American Educational Research Journal*, 34, 691–720. https://doi.org/10.3102/00028312034004691

Mayring, P. (2010): *Qualitative Inhalsanalyse. Grundlagen und Techniken*, Weinheim, Basel: Beltz.

Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, 46(*3*), 407–441. https://doi.org/10.3102/00346543046003407

Steele, C. M., & Aronson, J. (1995). Stereotype threat and the intellectual test performance of African Americans. *Journal of personality and social psychology*, 69, 797–811. https://doi.org/10.1037/0022-3514.69.5.797

Taskinen, P., Asseburg, R., & Walter, O. (2009): Wer möchte später einen naturwissenschaftsbezogenen oder technischen Beruf ergreifen? Kompetenzen, Selbstkonzept und Motivationen als Prädiktoren der Berufserwartungen in PISA 2006. In M. Prenzel, & J. Baumert (Eds.), *Vertiefende Analysen zu PISA 2006* (pp. 79-108). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

van de Vijver, F. J. R., & Poortinga, Y. H. (2005). Conceptual and methodological issues in adapting tests. In C. D. Spielberger, P. F. Merenda, & R. K. Hambleton (Eds.), *Applied Psychology. Adapting educational and psychological tests for cross-cultural assessment* (pp. 39–63). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Wigfield, A., & Eccles, J. S. (1992). The development of achievement task values: A theoretical analysis. *Developmental Review*, 12, 265–310. https://doi.org/10.1016/0273-2297(92)90011-P

Wylie, R. C. (1979): *The self concept. Theory and research on selected topics*. Lincoln: University of Nebraska Press.

Ann-Kathrin Nienaber TU Dortmund
Prof. Dr. Insa Melle

Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für den kompetenten Einsatz von Lernzielkontrollen

Einleitung

Die Grundlagen des hier beschriebenen Projekts liegen in zwei verschiedenen Herausforderungen, denen Lehrkräfte gegenüberstehen: 2004 empfahl die Kultusministerkonferenz, dass Lehrkräfte die Kompetenz der Diagnostik beherrschen sollten (KMK, 2004). In NRW wurde ein Jahr später das Recht eines jeden Schülers auf individuelle Förderung im Schulgesetz verankert (Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen, 2005). Um überhaupt individuell fördern zu können, ist eine vorangehende Diagnostik unumgänglich und somit auch diese verpflichtend. Dies gewann seit 2009 nochmal an Bedeutung, da Deutschland zu diesem Zeitpunkt die UN-Behindertenrechtskonvention ratifizierte und sich somit dazu verpflichtete, auf ein inklusives Bildungssystem umzustellen (Deutsches Institut für Menschenrechte, 2009). Für die Unterrichtsgestaltung in inklusiven Lerngruppen ist wichtig, dass regelmäßig pädagogisch diagnostiziert wird (Prengel, 2013).

Daher verpflichtete die Landesregierung NRW 2015 die Universitäten, zukünftig den Umgang mit Inklusion in der fachdidaktischen Ausbildung zu implementieren (Die Landesregierung, 2015). Somit ist es die Aufgabe der Universität, Lehramtsstudierende auch hinsichtlich der Verbesserung ihrer Diagnosekompetenz im Gemeinsamen Unterricht auszubilden. Das Ziel dieses Projektes ist es nun, durch die Entwicklung und Evaluation einer Seminareinheit angehende Chemielehrkräfte für den Einsatz von Diagnostik in inklusiven Lerngruppen zu professionalisieren.

Theoretische Fundierung

Mit diesem Projekt wird versucht, angehende Chemielehrkräfte für den Umgang mit diesen neuen Herausforderungen zu professionalisieren und ihnen Wege der Umsetzung aufzuzeigen. Dazu wurde eine Seminareinheit entwickelt, in der die Studierenden an das Formulieren von Lernzielen und die anschließende Kontrolle dieser herangeführt werden. Dabei werden Lernziele als sachliche Bezugsnorm (Helmke, 2013) zur Erstellung diagnostischer Urteile nicht nur theoretisch vermittelt, sondern von den Studierenden auch selbstständig erstellt. Die Studierenden lernen die Lernzielkontrollen als eine Möglichkeit der formativen Leistungsdiagnostik (Maier, 2015) kennen und üben das Erstellen im Seminar durch den Einsatz verschiedener Aufgabenformate und -typen (Maier, Hofmann & Zeitler, 2012).

Zusätzlich werden sonderpädagogische Aspekte bei der Überprüfung von Lernständen diskutiert. Dazu werden den Studierenden verschiedene Möglichkeiten der universellen Zugänglichkeit an die Hand gegeben, und zwar zum einen die der Akkommodation, bei der vertiefend das *Universal Design for Assessment* (UDA) (Lovett & Lewandowski, 2015) besprochen, erarbeitet und eingesetzt wird und zum anderen die der Modifikation, bei der das Erstellen unterschiedlicher Niveaus erfolgt (Phillips, 2011).

Akkommodationen sind immer dann notwendig, wenn die allgemein hinreichenden Testbedingungen für einzelne Lernende nicht fair sind und verhindern, dass sie ihre Kompetenzen vollumfänglich zeigen können (Lovett & Lewandowski, 2015). Das UDA dient hierbei als Hilfestellung und soll Lehrkräften bereits bei der Konstruktion von Leistungsmessungen Anregungen zu einigen Aspekten der Gestaltung geben.

Modifikationen dagegen sind notwendig, wenn einzelne Schüler mit den Aufgaben auf dem Schwierigkeitsniveau der Klasse völlig überfordert oder weitgehend unterfordert sind (Phillips, 2011). In beiden Fällen drohen Fehldiagnosen, denn ein überfordertes Kind kann das relevante Lernziel nicht zeigen, obwohl es vielleicht über wichtige Vorläuferfähigkeiten verfügt. Hingegen kann für einen besonders leistungsfähigen Schüler die Bearbeitung der viel zu leichten Aufgabe zu langweilig sein, weshalb er keine Ergebnisse produziert. In beiden Fällen sollte das Anforderungsniveau der Aufgaben angepasst werden, z. B. durch Einsatz von reduzierter Fachsprache (Schmitt-Sody & Kometz, 2014) oder durch eine Änderung des Aufgabenformates von geschlossen zu offen, um den kognitiven Leistungsanspruch zu erhöhen.
Eine eigenständige Erprobung des Gelernten findet im anschließenden Praxissemester statt, in dem die Studierenden die erworbenen Kompetenzen im Unterricht anwenden.

Untersuchungsdesign & -instrumente
Die Seminareinheit wurde theoriebasiert entwickelt und bisher mit n = 25 Master-Studierenden des Lehramtes an Gymnasien und Gesamtschulen, Haupt-/Real- und Sekundarschulen sowie am Berufskolleg durchgeführt. Die Seminareinheit besteht aus sieben Seminarsitzungen. Vor- und nachher nehmen die Studierenden an Tests teil, die unter anderem die Kompetenz, Einstellung, Selbstwirksamkeit und Bereitschaft messen, aber auch die Vorerfahrungen erheben und die Seminarqualität abfragen. Anschließend absolvieren die Studierenden das Praxissemester, in dem sie die gelernten Inhalte in ihrem eigenen Unterricht erproben. Abschließend werden einige der Tests ein drittes Mal eingesetzt und zusätzlich die durchgeführten Lernzielkontrollen ausgewertet sowie die Wirkung auf die Schüler mit einem Fragebogen erhoben.
Die Seminareinheit wird dabei auf der Grundlage des Viertstufen-Modells zur Evaluation von Trainingsprogrammen von Kirkpatrick (1979) auf evaluiert. Seine These besteht darin, dass eine Evaluation nur dann einen Mehrwert hat, wenn alle vier Stufen durchlaufen werden.
Daran angelehnt wird das Seminar auf den Stufen der *Attraktivität*, der *kognitiven Veränderung*, dem *unterrichtspraktischen Handeln* und der *Wirkung auf die Lernenden* evaluiert. Dazu werden die folgenden Tests eingesetzt:
Auf Ebene der *Attraktivität* wird ein Test zur Seminarqualität (5-stufige Likertskala, 26 Items, α = .884; 5 Items im offenen Format) eingesetzt. Um die *kognitive Veränderung* zu erfassen, werden die Einstellung (14 Items, α = .836), Selbstwirksamkeit (7 Items, α = .943) und Bereitschaft (6 Items, α = .774) mit einer 5-stufigen Likertskala gemessen. Zusätzlich wird der Kompetenzzuwachs mit 16 Items im offenen Antwortformat erhoben und mit einem Kodiermanual (ICC_{unjust} = .845) ausgewertet. Zur Erfassung des *unterrichtspraktischen Handelns* erstellen die Studierenden im Praxissemester selbstständig Lernzielkontrollen und setzen diese in ihrem eigenen Unterricht ein. Anschließend formulieren die Studierenden eine Ausarbeitung, in der sie ihre Vorgehensweise begründet darlegen. Diese beiden Formate werden anschließend gemeinsam mittels eines Kodiermanuals (ICC_{unjust} = .765) ausgewertet. Um die *Wirkung auf die Lernenden* zu erfassen, wurde ein kurzer Schülerfragebogen mit fünf Items (5-stufige Likertskala) eingesetzt.

Erste Ergebnisse
Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse stammen aus der Hauptuntersuchung. Die Datensätze sind jedoch noch nicht vollständig ausgewertet, sodass sich diese ersten Ergebnisse im Verlauf der Auswertung noch verändern können.

Attraktivität
Die Seminareinheit wird von den Studierenden nach dem Seminar bewertet und als attraktiv empfunden (M = 4.48 $_{1=\text{sehr schlecht bis } 5=\text{sehr gut}}$, SD = 0.37, n = 25). Die Unterteilung in Teilbereiche ergibt vergleichbar gleichmäßig gute Ergebnisse. So kann unterteilt werden in Seminarinhalt (M = 4.53, SD = 0.39, n = 25), Arbeitsphasen (M = 4.41, SD = 0.41, n = 25) und Referent (M = 4.48, SD = 0.46, n = 25).

Kognitive Veränderung
Die Einstellung, Selbstwirksamkeit und Bereitschaft der Studierenden bezogen auf den Einsatz von Lernzielkontrollen im Gemeinsamen Unterricht können im Pre-Post-Vergleich signifikant verbessert werden (Einstellung: M_{pre} = 3.94, M_{post} = 4,15, p = .002, δ = 0.71, n = 25; Selbstwirksamkeit: M_{pre} = 3,17, M_{post} = 4,23, p < .001, δ = 1.20, n = 25; Bereitschaft: M_{pre} = 4,1, M_{post} = 4,32, p = .004, δ = 0.64, n = 25).
Die Auswertung des Kompetenztests zeigt eine signifikante Verbesserung hinsichtlich Lernzielen und Lernzielkontrollen von Pre zu Post (p < .015, δ = 1.331, n = 9). Diese bleibt auch zum Post-II-Zeitpunkt nach dem Praxissemester (p < .010, δ = 1.497, n = 9) signifikant. Die bislang ausgewertete Stichprobe ist noch relativ gering, weshalb die Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten sind.

Unterrichtspraktisches Handeln
Die Studierenden sind in der Lage, angemessene Lernzielkontrollen auf Grundlage der Seminarinhalte für ihren Chemieunterricht zu entwickeln (M = 3.88 $_{1=\text{sehr schlecht bis } 5=\text{sehr gut}}$, SD = 0.27, n = 6). Die Unterteilung in Teilbereiche zeigt dabei, dass die Studierenden bereits gute Ergebnisse bei der Erstellung von Lernzielen (M = 4.63, SD = 0.38, n = 6) und Lernzielkontrollen (M = 4.79, SD = 0.27, n = 6) erzielen. Sie haben jedoch einige Schwierigkeiten bei der Herstellung einer Passung zwischen Lernziel und Lernzielkontrolle (M = 3.64, SD = 0.81, n = 6), sowie bei der Umsetzung der UDA Richtlinien (M = 3.67, SD = 0.51, n = 6).

Wirkung auf die Lernenden
Der eingesetzte Schülerfragebogen beinhaltet fünf Items. Dabei ergaben sich die folgenden Ergebnisse. Die Schüler empfanden …
- die Aufgaben als verständlich formuliert (M = 4.48, SD = 0.81, n = 208).
- den Aufgabenbezug zu den vorherigen Unterrichtsstunden als groß (M = 4.55, SD = 0.78, n = 208).
- den Schwierigkeitsgrad als angemessen (M = 4.15, SD = 0.95, n = 208).
- die Lernzielkontrolle als hilfreich, um die eigene Leistung besser einzuschätzen (M = 4.07, SD = 0.90, n = 208).

Ein Großteil der Schüler möchte häufiger kurze Lernzielkontrollen schreiben. (M = 3.16, SD = 1.42, n = 208)

Weitere Schritte
Ein Großteil der erhobenen Daten muss noch ausgewertet werden. Dazu zählen die fehlenden Datensätze zu den vorgestellten Ergebnissen sowie die Vorerfahrungen der Studierenden. Es konnte zusätzlich eine Vergleichsgruppe generiert werden, um Testwiederholungseffekte auszuschließen. Die Seminarkonzeption wurde vergleichend zudem mit leichten Abwandlungen auch mit Studierenden des Grundschullehramtes und der Sonderpädagogik durchgeführt. Auch diese Datenauswertung muss noch erfolgen.

Literatur

Deutsches Institut für Menschenrechte (2009). Behindertenrechtskonvention (CRPD). Online verfügbar unter: http://www.institut-fuer-menschenrechte.de/menschenrechtsinstrumente/vereinte-nationen/menschenrechtsabkommen/behindertenrechtskonvention-crpd.html#c1945

Die Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2015). Presseinformation. Ministerin Löhrmann: die Lehrerausbildung in Nordrhein-Westfalen folgt weiter konsequent der Schulentwicklung. Entwurf zur Änderung des Lehrerausbildungsgesetzes beschlossen. Online verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/bp/Ministerium/Presse/Pressemitteilungen/Archiv/2015_16_LegPer/PM20150929/index.html

Helmke, A. (2003). Unterrichtsqualität. Erfassen, Bewerten, Verbessern. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.

Kirkpatrick, D. L. (1979). Techniques for Evaluating Training Programs. Training and Development Journal, 33(6), S. 78–92.

Kultusministerkonferenz (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schul-abschluss (Jahrgangsstufe 10) – Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004. http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf

Lovett, B. J. & Lewandowski, L. J. (2015): Testing Accommodations for Students With Disabilities: Research-Based Practise. Baltimore: United Book Press.

Maier, U., Hofmann, F. & Zeitler, S. (2012). Formative Leistungsdiagnostik. Grundlagen und Praxisbeispiele. Schulmanagement Handbuch. Band 141. München: Oldenbourg Schulbuchverlag GmbH

Maier, U. (2015). Leistungsdiagnostik in Schule und Unterricht: Schülerleistungen messen, bewerten und fördern. Regensburg: UTB.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2005). Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (SchulG-NRW), § 1, Abs. 1. In der Fassung vom 15. Februar 2005 (GV. NRW. S. 102), zuletzt geändert am 13. November 2012 (GV. NRW. S. 514). Online verfügbar unter: http://www.schulministerium.nrw.de/docs/Recht/Schulrecht/Schulgesetz/Schulgesetz.pdf

Phillips, S. E. (2011). U.S. legal issues in educational testing of special populations. In S. N. Elliott, R. J. Kettler, P A. Beddow, & A. Kurz (Hrsg.). Handbook of accessible achievement tests: Bridging the gaps in policy, research, and practice for all students (S. 33-68). New York, NY: Springer.

Prengel, A. (2013). Humane entwicklungs- und leistungsförderliche Strukturen im inklusiven Unterricht. In: Moser, V. (Hrsg.), Die inklusive Schule: Standards für die Umsetzung (S. 177-185). Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH.

Schmitt-Sody, B. & Kometz, A. (2014): Differenzierung im Chemieunterricht. In: Eisenmann, M & Grimm, T. (Hrsg.): Heterogene Klassen – Differenzierung in Schule und Unterricht. (S.137-154) Hohengehren: Schneider Verlag.

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, in dem Lernende mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf gemeinsam unterrichtet werden (Deutsches Institut für Menschenrechte, 2009). Das Land Nordrhein-Westfalen setzt diese Forderung mit der neunten Schulrechtsgesetzänderung von 2013 um und bietet seither prinzipiell jedem Lernenden einen Platz an einer allgemeinbildenden Schule (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013). Durch diese gesetzliche Verankerung gewinnen inklusive Lernumgebungen zunehmend an Bedeutung. Die unterschiedlichen Dimensionen der Heterogenität sollen in einer inklusiven Schule gleichermaßen berücksichtigt und anerkannt werden, was eine besondere Gestaltung, Durchführung und Analyse von Unterricht erfordert (Hinz, 2004). Bis dato gibt es jedoch nur wenige erprobte und bewährte Konzepte, die inklusiven Unterricht unter Berücksichtigung einer Zugänglichkeit für alle sinnvoll umsetzen (Walkowiak & Nehring, 2017; Baumann, Zimmermann & Melle, 2016; Menthe & Hoffmann, 2015; Abels & Markic, 2013).

Theoretische Fundierung

Die Kultusministerkonferenz von 2011 beschreibt, dass innerhalb eines inklusiven Unterrichts die Vielfalt von unterschiedlichen Lern- und Leistungsvoraussetzungen der Lernenden Berücksichtigung finden sollte. Dabei wird das gemeinsame Lernen aller durch die Schaffung verschiedener Zugänge zu Lernumgebungen und -informationen und die Bereitstellung einer Vielfalt an Handlungsmöglichkeiten umgesetzt (KMK, 2011). Demnach werden die gemeinsamen Lerngegenstände im Unterricht auf unterschiedlichen Lernwegen und unter differenzierten Zielsetzungen bearbeitet. Gelingensbedingungen sind zum einen die Einstellung gegenüber schulischer Inklusion und die Anerkennung von Heterogenität als eine Bereicherung für das Unterrichtsgeschehen, obgleich eine positive Haltung nicht ausreicht, um der Heterogenität auf allen Ebenen des Unterrichts gerecht zu werden (Musenberg & Riegert, 2015; Trautmann & Wischer, 2011; Kullmann, Lütje-Klose & Textor, 2014). Herausfordernd ist insbesondere die Planung, Durchführung und Analyse von Unterricht unter Berücksichtigung der individuellen Förderung innerhalb maximal heterogener Lerngruppen, da die Umsetzung zu einem Spannungsfeld zwischen Individualisierung und Gemeinsamkeit führen kann (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 (KMK, 2011).

Eine Möglichkeit bietet die Implementierung instruktiven, lehrerzentrierten Unterrichts in konstruktive, selbstgesteuerte Arbeitsphasen (Reinmann, 2011; Gudjons, 2007, Reinmann & Mandl, 2006). Das *Universal Design for Learning* (UDL) (Cast, 2011) stellt einen Ansatz zur Gestaltung von Unterricht für heterogene Lerngruppen dar, der die verschiedenen Aspekte des Unterrichts aufgreift, potenzielle Barrieren im Unterricht erkennt und im Sinne einer Zugänglichkeit für alle modifiziert und konstruiert. Dieses Projekt verknüpft das integrative Modell von instruktiver und konstruktiver Elemente mit dem UDL und gestaltet

auf diese Weise ein Lernsetting, das aus Lehrerkurzvorträgen (Blaes & Melle, 2012), differenzierten Arbeitsmaterialien und Selbsteinschätzungsbögen (Kallweit & Melle, 2017) besteht.

Forschungsfragen

Im Rahmen der Studie 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
- einem vergleichbaren Arbeitsverhalten während der Experimentierphase führt.

Material

Das eingesetzte Material besteht aus einführenden Lehrerkurzvorträgen, die durch Power-Point-Präsentationen realisiert werden, aus Selbsteinschätzungsbögen, die das selbstregulierte Lernen ermöglichen, und aus differenziertem Schülerarbeitsmaterial sowie Experimentiervorschriften, dass während der Übungsphasen bearbeitet wird. Alle eingesetzten Materialien wurden unter Berücksichtigung 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 generieren. Die Lernwege bestehen aus den differenzierten Arbeitsmaterialien, bei denen das Anspruchsniveau an die Einschätzungen angepasst ist. Die Einheit umfasst sechs Kompetenzen des Basiskonzepts Chemische Reaktion, die sowohl in den Lehrerkurzvorträgen als auch auf den Selbsteinschätzungsbögen und dem Schülerarbeitsmaterial behandelt werden. Innerhalb der Experimentierphase bearbeiten die Lernenden in Partnerarbeit insgesamt vier verschiedene Experimente.

Test- und Auswertungsinstrumente

Das *Fachwissen* wird mit Hilfe eines 24 Items umfassenden Mutiple-Choice-Tests (Cronbachs α = .795) erfasst. Die *Einstellung* gegenüber der Übungseinheit wird mit 24 Items erhoben (5-stufige Likert-Skala (von 1 = *stimme voll zu* bis 5 = *stimme gar nicht zu*), Cronbachs α = .885). Außerdem werden die *kognitiven Fähigkeiten* mit dem CFT 20 (Weiß, 1998) erfasst und das *schulische Selbstkonzept* adaptiert an das DISK-GITTER in den Fächern Chemie und Mathematik (Rost, Sparfeldt & Schilling, 2007) gemessen. Darüber hinaus wurde ein Kodiermanual zur Untersuchung der Bearbeitungsqualität der Schülerarbeitsmaterialien (ICC_{unjust} = .845; 3-stufige Likert-Skala (von 1 = *gut* bis 3 = *nicht zufriedenstellend*) entwickelt sowie ein Videokodiermanual zur Analyse des Arbeitsverhaltens während der Experimentierphase (Cohens κ = 843; 7 Kategorien).

Hauptuntersuchung

Stichprobe

Die Hauptuntersuchung wurde mit acht Klassen der Jahrgangstufe 8 an Gesamtschulen durchgeführt (N = 224). 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 = 172). Für die abschließende Follow-up-Messung reduziert sich der Stichprobenumfang auf n = 158 Probanden.

Untersuchungsdesign

Die Hauptuntersuchung wurde in einem *Pre-Post-Follow-up-Design* mit zwei Interventionsgruppen durchgeführt. Der Unterschied zwischen den Gruppen besteht in ihrer

Klassenstruktur: Während es sich bei der IG_{mit} um eine inklusive Lerngruppe handelt, umfasst die IG_{ohne} 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. 10 Minuten gehalten, an den sich eine 80-minütige Selbstlernphase, geleitet durch einen Selbsteinschätzungsbogen, anschließt. Diese Kombination wird zweimal durchgeführt, dazwischen findet eine 45-minütige Experimentierphase zur Unterbindung der Methodenmonotonie statt. Thematisch orientiert sich diese an den zuvor behandelten Inhalten. Etwa eine Woche nach der Durchführung der Intervention werden erneut das Fachwissen (Post-Test) sowie die Attraktivität der Einheit durch den Einstellungstest erhoben. Weitere vier Wochen später findet die Follow-up-Testung des Fachwissens statt.

Ergebnisse

Zur Überprüfung der ersten Forschungsfrage wurde die Analyse der Residuen durchgeführt. Daraus resultiert, dass die Lernenden beider Gruppen sowohl unmittelbar (n_{IGmit} = 75, $p < .001$, $\varphi = .84$; n_{IGohne} = 97, p = <. 001, $\varphi = .84$) als auch nachhaltig (n_{IGmit} = 71, $p < .001$, $\varphi = .84$; n_{IGohne} = 87, $p < .001$, $\varphi = .83$) dazulernen. Im Gruppenvergleich zeigt sich weder im unmittelbaren ($p_{res} = .860$; $\varphi = .01$) noch im nachhaltigen ($p_{res} = .053$; $\varphi = .15$) Fachwissenszuwachs ein Unterschied. Im nachhaltigen Fachwissenszuwachs grenzt der Wert nahe an das Signifikanzniveau, wobei dieser Unterschied zu Gunsten der IG_{ohne} ausfällt. Eine Deutung ist dennoch nur unter Vorbehalt möglich, da keine kontrollierte Intervention zwischen dem Post-Follow-up-Testzeitpunkt erfolgt ist. Zur Analyse des Zusammenhangs zwischen dem unmittelbaren Fachwissenszuwachs und den kognitiven Fähigkeiten wird aufgrund der nicht vorliegenden Normalverteilung der Korrelationskoeffizient nach Spearman berechnet. Die Korrelation ist signifikant und weist auf einen moderaten Zusammenhang hin ($r_s = .320$, $p < .001$). Folglich erzielen Schüler mit höheren kognitiven Fähigkeiten einen höheren Lernerfolg. Da keine Interaktion besteht, tritt dieser Zusammenhang offenbar unabhängig von der Gruppe auf ($p = .348$; $\eta^2 = .013$). Für den Zusammenhang zwischen dem nachhaltigen Fachwissenszuwachs und den kognitiven Fähigkeiten ergibt sich ein ähnliches Ergebnis ($r_s = .270$, $p < .001$; $p = .432$; $\eta^2 = .011$). Hinsichtlich der Einstellung gegenüber der Unterrichtseinheit ($M_{IGmit} = 2.14$; $M_{IGohne} = 2.25$; $p = .253$; $\delta = 0.15$) ist ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen messbar. 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 ($n_{IGmit} = 75$; $n_{IGohne} = 95$; $M_{IGmit} = 1.64$; $M_{IGohne} = 1.57$; $p = .206$; $\delta = 0.10$). Zur Analyse des Arbeitsverhaltens während der Experimentierphasen wurde ein Kodiermanual konzipiert, das insgesamt sieben Kategorien umfasst: *Sonstiges*, *Organisation*, *Kommunikation*, *Musterlösung*, *Experimentieren*, *Arbeitsblatt*. Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied lediglich in der Kategorie *Sonstiges* ($p = .035$, $\varphi = .30$) und *Arbeitsblatt* ($p = .005$, $\varphi = .41$).

Weitere Schritte

Die erhobenen Videodaten der selbstregulierten Übungsphasen von 48 Lernenden sollen noch genauer untersucht werden. Dazu wurden erstens ein Kodiermanuale entwickelt, welche das Arbeitsverhalten kategoriengeleitet untersuchen. Zweitens werden das Nutzungsverhalten der Selbsteinschätzungsbögen und die Bearbeitung der Materialien insgesamt betrachtet.

Literatur

Baumann, T., Zimmermann, F. & Melle, I. (2016). Redoxreaktionen. Eine Unterrichtseinheit für inklusive Lerngruppen. Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, 65 (7), 41-46

Abels, S. & Markic, S. (2013). Umgang mit Vielfalt – neue Perspektiven im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 24 (135), 2-6

Blaes, C. & Melle, I. (2012). Übungsgestützte Lehrerpräsentation - Evaluation der Effektivität. In: S. Bernholt (Eds.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Münster: LIT-Verlag, 194-196

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: 02.10.2017)

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: 02.10.2017)

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. (Eds.), Inklusive Pädagogik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 41-74

Kallweit, I. & Melle, I. (2017). Selbsteinschätzungsbögen als Instrument zur individuellen Förderung im Chemieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23

Kullmann, H., Lütje-Klose, B. & Textor, A. (2014). Eine Allgemeine Didaktik für inklusive Lerngruppen – fünf Leitprinzipien als Grundlage eines Bielefelder Ansatzes der inklusiven Didaktik. In: B. Amrhein & M. Dziak-Mahler (Eds.): Fachdidaktik inklusiv. Auf der Suche nach didaktischen Leitlinien für den Umgang mit Vielfalt in der Schule. Münster: Waxmann, 89-107

Menthe, J. & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht- Chance und Herausforderung. In B. Riegert, & O. Musenberg (Eds.). Inklusiver Fachunterricht der Sekundarstufe. Stuttgart: Kohlhammer, 131-141

Musenberg, O. & Riegert, B. (2015). Inklusiver Fachunterricht als didaktiksche Herausforderung. In B. Riegert & O. Musenberg (Eds.). Inklusiver Fachunterricht der Sekundarstufe. Stuttgart: Kohlhammer, 13-28

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: 02.10.2017)

Reinmann, G. (2012). Das schwierige Verhältnis zwischen Lehren und Lernen: Ein hausgemachtes Problem?. In H. Giest, E. Heran-Dörr & C. Archie (Eds.). 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 A. Krapp & B. Weidemann (Eds.). Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch. Weinheim, Basel: Beltz, 613-656

Rost, D. H., Sparfeldt, J. R. & Schilling, S. R. (2007). DISK-Gitter mit SKSLF-8. Differentielles Schulisches Selbstkonzept-Gitter mit Skala zur Erfassung des Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten. 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

Trautmann, M. & Wischer, B. (2011). Heterogenität in der Schule. Eine kritische Einführung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften

Walkowiak, M. & Nehring, A. (2017). Die Förderung von Konzepten über die Natur der Naturwissenschaften in einer Lernumgebung für einen inklusiven Chemieunterricht. In: C. Maurer (Eds.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg, 460-463

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

Boubakri Christine[1]
Krabbe Heiko[2]
Fischer E. Hans[1]

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

Schreiben im Physikunterricht anhand der Textsorte Versuchsprotokoll Eine empirische Studie zu den Einflussgrößen auf die Schreibfähigkeiten im Physikunterricht

Die vorgestellte Studie ist Teil des Projektes SchriFT (**Schr**eiben **i**m **F**achunterricht unter Einbeziehung des **T**ürkischen), welches im Rahmen des Schwerpunktes „Mehrsprachigkeit und sprachliche Bildung“ vom BMBF gefördert wird.

Grundlagen

Die Sprache der Naturwissenschaften besitzt eine logisch formale Struktur. Das bedeutet, sie zeichnet sich durch Gegenstandsbindung, Eindeutigkeit und Ökonomie aus (Weinrich, 1985). Auch im Physikunterricht spielt diese besondere Sprachstruktur eine Rolle, die für viele Schülerinnen und Schüler jedoch ohne besondere Einführung nicht verständlich ist. So entsteht bei vielen Schülerinnen und Schülern eine Verstehensbarriere, die dazu führt, dass sie physikalische Inhalte nicht mehr adäquat aufnehmen und verarbeiten können (Lemke, 1990; Merzyn, 1994; Sumfleth & Schütter, 1995; Starauschek, 2003). Die Beherrschung der Sprache spielt demnach eine wichtige Rolle beim physikalischen Verstehensprozess und der systematischen Entwicklung von physikalischem und naturwissenschaftlichem Wissen (Beese & Roll, 2013; Boubakri, Krabbe & Fischer, 2016; Boubakri, Beese, Krabbe, Fischer & Roll, 2017). Deshalb sollte nach Becker-Mrotzek, Schramm, Thürmann und Vollmer (2013) Sprachvermittlung in Verbindung mit dem Fachkonzept ein wichtiger Bestandteil des Physikunterrichts sein.

Die Unterrichtspraxis zeigt, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht hauptsächlich Definitionen abgefragt werden und die strukturelle Entwicklung von Sprachstrukturen und Begriffen oft unberücksichtigt bleibt (Sumfleth & Pitton, 1998). Eine strukturierte Förderung der Fachkommunikation im naturwissenschaftlichen Unterricht (hier speziell des Chemieunterrichts) führt dagegen zu einer Steigerung des Lernerfolges (Knoblauch, Sumfleth & Walpuski, 2013). Vor allem das Schreiben im naturwissenschaftlichen Unterricht hilft Schülerinnen und Schülern, Fachverständnis zu entwickeln und führt dazu, dass Schülerinnen und Schüler Fachinhalte und naturwissenschaftliche Denkweisen strukturierter aufbauen (Prain, Hand & Kay, 1997; Hein, 1999; Klugemeyer & Schecker, 2012).

Naturwissenschaftliche Denkweisen sind für den Physikunterricht eine wichtige prozedurale Kompetenz, die in den KMK Standards (2005) als ein wichtiges Ziel des Physikunterrichts definiert wird. Jedoch zeigt eine Metaanalyse, dass der Umgang mit prozeduralem naturwissenschaftlichem Wissen in der Schule, ähnlich wie beim Schreiben, nicht systematisch erfolgt. Außerdem sind oftmals vorherrschende Vermittlungsstrategien nicht zielführend, um prozedurales naturwissenschaftliches Wissen zu fördern (Hattie und Marsh, 1996). In der hier beschriebenen Studie wird prozedurales naturwissenschaftliches Wissen erhoben und, in Anlehnung an Mayer (2007), als *methodisches* und *konzeptuelles* Wissen über naturwissenschaftliche Denkweisen charakterisiert. Das *methodische* naturwissenschaftliche Wissen bezieht sich auf den Aufbau und die Durchführung von Experimenten (z.B. Fragen stellen, Variablen kontrollieren, eine Durchführung strukturieren und zielgenau beobachten). Das *konzeptuelle* naturwissenschaftliche Wissen bezieht sich auf Metawissen zu experimentellen

Methoden (z.B. Funktion von Forschungsfragen, Metastruktur von Experimenten oder präzise, theoriegeleitete Begründungen für Beobachtungen).

In der Studie wurden die Einflüsse auf die Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern untersucht, einen kohärenten fachlichen Text im Physikunterricht zur Elektrizitätslehre zu schreiben (Textsortenfähigkeit Physik). Als Schreibaufgabe wurde die Textsorte Versuchsprotokoll gewählt. Das Versuchsprotokoll wird im Physikunterricht zwar nicht einheitlich verwendet (Krabbe, 2015), eignet sich aber, um methodisches und konzeptuelles naturwissenschaftliches Wissen über naturwissenschaftliche Denkweisen aufzubauen und fachliche (experimentelle) Prozesse strukturiert darzustellen (Boubakri, Beese, Krabbe, Fischer & Roll, 2017; Boubakri, Krabbe & Fischer, 2016). Die Textsortenfähigkeit Deutsch wurde mit einer Schreibaufgabe zum Verfassen einer Bauanleitung erhoben.

Die folgenden Forschungsfragen werden bearbeitet:
- Welchen Einfluss haben sprachliche Fähigkeiten auf prozedurales naturwissenschaftliches Wissen und auf Fachwissen?
- Welchen Einfluss hat die sprachliche Fähigkeit (bezogen auf die Textsorte Bauanleitung) auf die Fähigkeit ein Versuchsprotokoll im Physikunterricht zu schreiben?
- Wie beeinflussen sich sprachliche Fähigkeiten, fachliches Wissen und prozedurales naturwissenschaftliches Wissen?

Studiendesign
Folgende vier Testinstrumente (Tabelle 1) wurden entwickelt und eingesetzt:

Testinstrument	**gemessene(s) Fähigkeit/Wissen**	**Gütekriterien**
Schreibaufgabe Versuchsprotokoll	• Sprachliche Fähigkeit, bezogen auf ein Versuchsprotokoll (Textsorte Physik) • Fachliche Fähigkeiten, bezogen auf ein Versuchsprotokoll	κ=[.70; 1.0] α=[.67; .79]
Schreibaufgabe Bauableitung	• Sprachliche Fähigkeit, bezogen auf eine Bauanleitung (Textsorte Deutsch)	κ=[.70; 1.0] α = (.89)
prozedurales naturwissenschaftliches Wissen	• Methodisches naturwissenschaftliches Wissen • Konzeptuelles naturwissenschaftliches Wissen	α=[.73; .89]
Fachwissen	• Fachwissen zur Elektrizitätslehre	α=(.70)

Tabelle 1: Übersicht zu den eingesetzten Testinstrumenten

Die Datenerhebung erfolgte mit einer Gelegenheitsstichprobe von 304 Schülerinnen und Schülern (M=14,6 Jahre) der siebten und achten Klasse aus 25 Klassen von 13 Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen.

Die sprachlichen Fähigkeiten, bezogen auf die Textsorte Bauanleitung aus dem Deutschunterricht, das konzeptuelle naturwissenschaftliche Wissen und das Fachwissen zur E-Lehre werden in der Analyse als Prädiktorvariablen betrachtet (siehe Abb. 1); sie beziehen sich nicht auf das vorgeführte Experiment, sondern auf das Vorwissen und die Fähigkeiten, die Schülerinnen und Schüler mitbringen müssen, um die Aufgaben bearbeiten zu können. Die Textsortenfähigkeit in Physik (sprachliche und fachliche Fähigkeiten, bezogen auf die Textsorte Versuchsprotokoll) ist die Zielvariable, weil Schülerinnen und Schüler das Anwenden ihres Wissens, durch die Darstellung eines Experiments in einem kohärenten Text,

zeigen sollen. Das methodische naturwissenschaftliche Wissen bezieht sich direkt auf das Experiment, es wird als Mediator für das Versuchsprotokoll betrachtet.

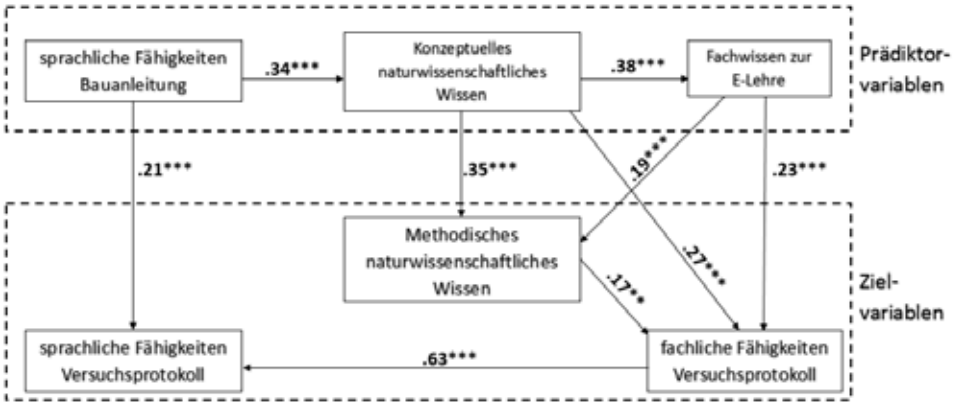


*Abbildung 1: Strukturgleichungsmodell, um den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Variablen darzustellen; *** < .001, ** < .005*

Ergebnisse

In Abbildung 1 sind nur signifikante Einflüsse mit p < .005 berücksichtigt, andere Zusammenhänge werden durch die Daten nicht gestützt. Das gebildete Modell (siehe Abb. 1) fittet gut auf die Ausgangsdaten (χ^2= .090; χ^2/df=1.823; NFI= .976; IFI= .989; TLI= .972; CFI= .989; $RMSEA$= .052). In Abbildung 1 ist zu erkennen, dass die sprachlichen Fähigkeiten aus dem Deutschunterricht nur auf das konzeptuelle naturwissenschaftliche Wissen und die sprachlichen Fähigkeiten im Versuchsprotokoll wirken. Alle weiteren Effekte werden über das prozedurale naturwissenschaftliche Wissen mediiert. Das Fachwissen zur E-Lehre und das prozedurale naturwissenschaftliche Wissen haben nur einen Einfluss auf die fachlichen Fähigkeiten im Versuchsprotokoll. Der Einfluss des Fachwissens zur E-Lehre und des prozeduralen naturwissenschaftlichen Wissens auf die sprachlichen Fähigkeiten im Versuchsprotokoll ist indirekt und wird über die fachlichen Fähigkeiten im Versuchsprotokoll mediiert. Die fachlichen Fähigkeiten im Versuchsprotokoll haben den stärksten Einfluss auf die sprachlichen Fähigkeiten im Versuchsprotokoll.

Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass sprachliche Fähigkeiten wichtig für das prozedurale naturwissenschaftliche Wissen sind, welches wiederum den Erwerb von Fachwissen begünstigt. Sprachliche Fähigkeiten aus dem Deutschunterricht helfen Schülerinnen und Schülern aber nur im geringen Maße beim kohärenten Schreiben eines Versuchsprotokolls. Sprachliche Strukturen sollten demnach funktional in Verbindung mit dem Fachwissen und dem prozeduralen naturwissenschaftlichen Wissen im Physikunterricht vermittelt werden. Anhand des Modells ist zu erkennen, dass alle Variablen komplex zusammenwirken und nicht einzeln betrachtet werden können. Bislang wurden nur korrelative Zusammenhänge erhoben und einer Kausalanalyse unterzogen. Im nächsten Schritt sollte mit einer Intervention kausal getestet werden, wie weit sich eine sprachsensible Gestaltung von Physikunterricht, bei der fachliches und sprachliches Lernen funktional verbunden wird, auf das Fachwissen und das prozedurale naturwissenschaftliche Wissen auswirkt.

Literaturverzeichnis

Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. (2013). *Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen.* Münster: Waxmann.

Beese, M., & Roll, H. (2013). Gemeinsam Versuchsprotokolle schreiben - zur fächerübergreifenden Förderung literaler Routinen bei mehrsprachigen Schülern der Sek. I. In Y. Decker, & I. Oohme-Welke (Hrsg.), *Zweitsprache Deutsch: Beiträge zu durchgängiger sprachlichen Bildung* (S. 213-229). Stuttgart: Filibach bei Klett.

Boubakri, C., Beese, M., Krabbe, H., Fischer, H. E., & Roll, H. (2017). Sprachsenisbler Fachunterricht. In M. Becker-Mrotzek, & H.-J. Roth (Hrsg.), *Sprachliche Bildung - Grundlagen und Handlungsfelder, Band 1* (S. 335-350).

Boubakri, C., Krabbe, H., & Fischer, H. E. (2016). Sprachkompetenz im Versuchsprotokoll - Erste Ergebnisse aus der Pilotierung im Projekt SchriFT. In C. Maurer (Hrsg.), *Authenzität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. GDCP Tagungsband* (S. 205-207). Regensburg: Universität Regensburg.

Hattie, J., & Marsh, H. W. (1996). The relationship between research and teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research, 66(4)*, 507-542.

Hein, T. L. (1999). Using writing to confront student misconceptions in physics. *European Journal of Physics*(20), 137-141.

Klugemeyer, C., & Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kommunikationsbegriffs. *Zeitschrift für Didaktik der naturwissenschaft Jg.15*, 131-153.

KMK. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungssandarts im Fach Physik für den mittleren Bildungsabschluss (Beschluss vom 16. Dezember 2004).* München: Wolters Kluwer.

Knoblauch, R. (2013). Förderung der Qualität fachinhaltlicher Schüleräußerungen in experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 19*, 347-373.

Lemke, J. L. (1992). *Talking Science: Language, Learning, and Values.* Cambridge: Cambridge University Press.

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

Merzyn, G. (1994). *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht.* Kiel: IPN.

Prain, V., Hand, B., & Kay, S. (1997). Writing for learning in physics. *The Physics Teacher*, 40-41.

Starauschek, E. (2003). Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 9*, S. 135-146.

Sumfleth, E., & Pitton, A. (1998). Sprachliche Kommunikation im Chemieunterricht: Schülervorstellungen und ihre Bedeutung im Unterrichtsalltag. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 4, Heft 2*, 4-20.

Sumfleth, E., & Schüttler, S. (1995). Linguistische Textverständlichkeitskriterien. Helfen sie bei der Darstellung chemischer Inhalte? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 1*, 55-72.

Weinrich, H. (1985). *Wege der Sprachkultur.* Augsburg: Deutsche Verlags-Anstalt.

Robert Aleksov[1]
Heiko Krabbe[2]
Hendrik Härtig[1]
Hans E. Fischer[1]

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

Sprechen Sie Physik?
Konditionale Satzmuster und Lernen im Physikunterricht

Hintergrund

Erfolgreiches Lehren und Lernen ist im naturwissenschaftlichen Unterricht ohne Sprache undenkbar. Ebenso ist Sprachbildung in allen Fächern ein zentrales Anliegen von Bildungspolitik (KMK, 2004). Durch die zunehmende Heterogenität an Schulen in Deutschland, wird sprachsensibler Unterricht zur Herausforderung für professionelles Handeln der Lehrpersonen und damit für die Bildungsforschung. Schulerfolg ist eng mit Sprachkompetenz verknüpft (Beese & Benholz, 2015). Insbesondere dem Schreiben wird dabei eine positive Wirkung auf Lernprozesse und Lernerfolg zugeschrieben (Bergeler, 2009; Langer & Appleby, 1987).

In der Schulpraxis wird allerdings eine dezidierte Berücksichtigung/Förderung von Sprache im Fachunterricht bislang kaum umgesetzt (Becker-Mrotzek, Hentschel, Hippmann & Linnemann, 2012). Thürmann (2012) stellt in einer Analyse von Unterrichtsbeobachtungen fest, dass insbesondere Schreiben als Medium des fachlichen Lernens wenig eingesetzt wird. Deshalb besteht Handlungsbedarf bei der Entwicklung und Evaluation von Unterrichtskonzepten, um sprachbewusstes Lernen im Fachunterricht empirisch abgesichert zu ermöglichen (Beese & Roll, 2015).

Vor diesem Hintergrund werden im Projekt *Sprachbildung im Physikunterricht* der Universität Duisburg-Essen (finanziert durch die Stiftung Mercator) Lehrerinnen und Lehrer für sprachliche Aspekte im Physikunterricht sensibilisiert und bei der Umsetzung sprachsensiblen Unterrichts unterstützt. Zusätzlich werden Methoden und Werkzeuge vermittelt, die es ermöglichen, Sprachdefizite bei Schülerinnen und Schülern zu diagnostizieren, um auch im Fachunterricht Sprachkompetenzen gezielt und nachhaltig zu fördern.

Der Zusammenhang zwischen sprachlichem Handeln und fachlichem Lernen kann im sprachsensiblen Physikunterricht über fachtypische sprachliche Muster hergestellt werden. Konditionale Satzmuster sind z.B. ein typisches sprachliches Muster in der Physik. Sie stellen u.a. Bedingung-Folge-Relationen dar, die für die Dokumentation experimenteller Ergebnisse und die Vermittlung fachlicher Zusammenhänge wichtig sind (z.B. „Wenn der Stromkreis geschlossen ist, dann leuchtet die Glühlampe."). Das Verstehen fachlicher Mitteilungsstrukturen ist somit vermutlich eine Voraussetzung für das Verständnis fachlicher Konzepte (Buhlmann & Fearns, 2000). Dabei wird durch die Verschriftlichung fachlicher Inhalte durch funktionale sprachliche Muster sowohl ein positiver Effekt auf fachliche als auch auf sprachliche Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern angenommen (Schmölzer-Eibinger & Thürmann, 2015; Wygotski 1964).

Forschungsfragen

Für die empirische Überprüfung dieser Annahmen ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Inwiefern lassen sich durch eine Intervention im Umgang mit Sprachmustern die sprachlichen Fähigkeiten von Schülerinnen und Schülern schulen?

- Welchen Zusammenhang zwischen der Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, Sprachmuster anzuwenden, und ihren fachlichen Fähigkeiten gibt es?
- Welche differenziellen Effekte der Intervention auf sprachliche und fachliche Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler lassen sich feststellen?

Studiendesign
Wie in Aleksov, Krabbe, Fischer & Härtig (2017) dargestellt, sollen die Forschungsfragen mithilfe einer quasiexperimentellen Interventionsstudie mit einer Experimental- und einer Kontrollgruppe im Prä-Post-Design untersucht werden. Über die Pilotierung des Designs und der Instrumente wird im Folgenden berichtet.

Für die Intervention wurde in einer Entwicklungspartnerschaft mit drei Projektschulen eine Unterrichtseinheit für die Unterstufe konzipiert, die konditionale Satzmuster in den Unterricht zur Elektrizitätslehre integriert. Tabelle 1 stellt einen Ausschnitt der Ziele der entwickelten Unterrichtseinheit für die Experimentalgruppe dar und verdeutlicht die Vernetzung der fachinhaltlichen und der sprachlichen Stundenziele.

UE	**Fachinhaltliche Stundenziele** Die Schülerinnen und Schüler …	**Sprachliche Stundenziele** Die Schülerinnen und Schüler …
1	- erarbeiten handlungsorientiert die Anschlussbedingung für einfache Stromkreise (die Bedingung für das Fließen von Strom) - verstehen, dass ein geschlossener Stromkreis die Voraussetzung für das Fließen von Strom ist	- lernen einfache konditionale Satzmuster (wenn-dann-Sätze) kennen und benutzen diese, um Bedingungen und Voraussetzungen zu formulieren - analysieren den Aufbau von Konditionalsätzen und reflektieren über die Funktion der beiden Satzteile bei der Beschreibung von Bedingungen
2	- lernen Leiter als Materialien kennen, durch die Strom fließen kann und Isolatoren als Materialien, durch die Strom nicht fließen kann - ordnen Materialien der Gruppe „Leiter“ oder der Gruppe „Isolator“ aufgrund von Beobachtungen experimentell zu	- nutzen konditionale Satzformen (einfache wenn-dann Satzmuster) um Beobachtungen fachlich und sprachlich korrekt zu dokumentieren (Anwendung des Konzepts „Konditionalsatz“ im Kontext der Beobachtungsbeschreibung) - analysieren den Aufbau von Konditionalsätzen und reflektieren über die Funktion der beiden Satzteile bei der Beschreibung von Beobachtungen (Darstellung: abhängige und unabhängige Größe)

Tabelle 1: Fachinhaltliche und sprachliche Stundenziele für zwei Unterrichtsstunden der Unterrichtseinheit

In Tabelle 2 sind die zu erhebenden Konstrukte und der zeitliche Umfang der Intervention für die Experimental- und die Kontrollgruppe aufgelistet. Ebenfalls wird der inhaltliche Unterschied der Unterrichtseinheiten für die Intervention dargestellt. Während in der Unterrichtseinheit der Experimentalgruppe die Verschriftlichung fachlicher Inhalte und die Reflexion des Einsatzes konditionaler Satzmuster im Mittelpunkt stehen, werden in der Kontrollgruppe Fachinhalte in zusätzlichen Kontexten integriert und weitere Experimente durchgeführt.

	Experimentalgruppe	Kontrollgruppe
Prätest 2 Schulstunden	Kognitive Fähigkeiten Test (Heller & Perleth, 2000), Fragebogen zum sozioökonomischen Status (PISA, 2006), Fachwissenstest Elektrizitätslehre (Eigenentwicklung), Test zur Variablenkontrollstrategie (Schwichow, 2015), Test zum Umgang mit konditionalen Satzmustern (Eigenentwicklung), Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001)	
Intervention 5 Doppelstunden	**Unterrichtseinheit zum Themenbereich der Elektrizitätslehre** **Verschriftlichung von Fachinhalten durch konditionale Satzmuster**	zusätzliche Fachinhalte und Experimente
Posttest 1 Schulstunde	Fachwissenstest Elektrizitätslehre, Test zur Variablenkontrollstrategie Test zum Umgang mit konditionalen Satzmustern, Intrinsic Motivation Inventory (Markland & Hardy, 1997) Learning Climate Questionnaire (Black & Deci, 2000)	

Tabelle 2: Studiendesign und Interventionsumfang

Der Test zum Fachwissen über Elektrizitätslehre ist eine Eigenentwicklung in Anlehnung an Engelhardt & Beichner, 2003; Krabbe & Fischer, 2015).
Zur Pilotierung der Intervention und ausgewählter Instrumente wurde mit 7 Klassen der Jahrgangsstufen 6 und 7 an den drei Projektschulen (Gelegenheitsstichprobe) herangezogen. Die Verteilung auf zwei Jahrgangstufen resultiert aus der unterschiedlichen Verteilung des Physikunterrichts in der Stundentafel der Projektschulen. An jeder Schule wurden Parallelklassen als Kontrollgruppe herangezogen. In der Pilotierung wurden kognitive Fähigkeiten und sozioökonomischer Status nicht erhoben. Ebenso wurde aus pragmatischen Gründen auf Schülercodes verzichtet, so dass eine personenbezogene Zuordnung von Prä- und Posttestdaten nicht möglich ist.

.

Ergebnisse

Die Qualität der entwickelten und adaptierten Instrumente wurde überprüft, sie zeigen akzeptable bis gute interne Konsistenzen ($.70 \leq \alpha \leq .86$). Aus unseren Erhebungen der Pilotierung liegen Daten von 181 Schülerinnen und Schülern (84w, 97m) vor. Messwiederholungsanalysen zeigen, dass die Intervention die Fähigkeit im Umgang mit konditionalen Satzmustern (FUKS) ($p < .05$; $d = 0.82$) und das Fachwissen ($p < .01$; $d = 1.89$) in der Experimentalgruppe steigert und dass die FUKS in der Experimentalgruppe nach der Intervention höher als in der Kontrollgruppe ist ($p < .01$; $d = 1.20$).

Ausblick

Analysen der am Ende des ersten Halbjahres des Schuljahres 2017/2018 vorliegenden Daten der Hauptstudie sollen aufzeigen, ob und in welchem Ausmaß die Lernförderlichkeit der Intervention über die FUKS mediiert wird und ob die Stärke dieser Zusammenhänge von weiteren individuellen Schülereigenschaften abhängen. Unsere Ergebnisse können wertvolle Einsichten in die Zusammenhänge zwischen sprachlichen und fachlichen Kompetenzen liefern und Lehrkräften dabei helfen, Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht bestmöglich zu fördern.

Literatur

Becker-Mrotzek, M., Hentschel, B., Hippmann, K. & Linnemann, M. (2012). Sprachförderung in deutschen Schulen - die Sicht der Lehrerinnen und Lehrer. Von http://www.mercator-institut-sprachfoerderung.de/fileadmin/user_upload/Lehrerumfrage_Langfassung_final_30_05_03.pdf [07.10.2016]

Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. (2013). Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster: Waxmann.

Beese, M. & Benholz, C. (2013). Sprachförderung im Fachunterricht - Vorraussetzungen, Konzepte und empirische Befunde. In C. Röhner, & B. Hövelbrinks (Hrsg.), Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache - Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen (S. 37-57). Weinheim und Basel: Beltz Juventa.

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. Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag

Bergeler, E. (2009). Lernen durch eigenständiges Schreiben von sachbezogenen Texten im Physikunterricht. Eine Feldstudie zum Schreiben im Physikunterricht am Beispiel der Akustik. Dissertation. technische Universität Dresden.

Buhlmann, R., & Fearns, A. (2000). Handbuch des Fachsprachenunterrichts: unter besonderer Berücksichtigung naturwissenschaftlich-technischer Fachsprache. Tübingen: Narr.

Gogolin, I. & Lange, I. (2011). Bildungssprache und durchgängige Sprachbildung. In: Fürestenau, Sara & Gomola, Mechthild (Hrsg.), Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit. Wiesbaden: VS, 107-127

KMK. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz - Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Bildungsabschluss (Beschluss vom 16. Dezember 2004). München: Wolters Kluwer.

Langer, J. A. & Appleby, A. N. (1987). How writing shapes thinking: A study of teaching and learning. Urbana, IL: National Council of Teachers of English.

Ministerium für Schule, Jugend und Kinder (Hrsg.). (1999). Föderung in der deutschen Sprache als Aufgabe des Unterrichts in allen Fächern - Empfehlung. Frechen: Ritterbach Verlag.

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/pdf/DieS_online-2012-1.pdf/ [07.10.2016]

Schmölzer-Eibinger, S. & Thürmann, E. (Hrsg.). (2015). Schreiben als Medium des Lernens : Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht. Münster: Waxmann.

Wygotski, L. (1964). Denken und Sprachen. Berlin: Akademie Verlag.

Marcus Kubsch[1]
Jeffrey Nordine[1]
David Fortus[2]
Joseph Krajcik[3]
Knut Neumann[1]

[1]IPN Kiel
[2]Weizmann Institute of Science
[3]Michigan State University

Lerntrajektorien im Energiekonzept

Energie ist ein hilfreiches Konzept um Phänomene zu erklären und neue Einblicke in diese zu erlangen. So führten energetische Betrachtungen von Phänomen z.B. zum indirekten Nachweis von Gravitationswellen (Taylor, Fowler, & McCulloch, 1979). Bei diesen energetischen Betrachtungen wurde das Prinzip der Energieerhaltung ausgenutzt. Energie kann nicht verloren gehen oder erschaffen werden. Deshalb müssen bei der vollständigen Beschreibung eines Systems alle für Änderungen der Energie verantwortlichen Prozesse ausbalanciert sein. Scheint dies nicht der Fall zu sein, wurden relevante Prozesse und Systeme (Gravitationswellen) noch nicht beachtet. Ein tiefes und integriertes Verständnis von Energie wird als zentraler Aspekt von naturwissenschaftlicher Grundbildung angesehen (Chen u. a., 2014; Driver & Warrington, 1985; National Research Council, 2012; Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme, & Köller, 2016). Folglich findet sich Energie auch als Basiskonzept in der Physik und Chemie wieder (Kultusministerkonferenz (KMK), 2004). Allerdings zeigen eine Reihe von Forschungsarbeiten, dass Schülerinnen und Schüler (SuS) viele Schwierigkeiten im Umgang mit dem Energiekonzept haben (siehe z.B. (Chabalengula, Sanders & Mumba, 2012; Duit, 1981)) und ein vollständiges integriertes Verständnis nur selten erlangt wird (Lee & Liu, 2010; Neumann, Viering, Boone & Fischer, 2013). Vor diesem Hintergrund erscheint es unbefriedigend, dass es zwar diverse Ansätze gibt wie Energie unterrichtet werden soll (z.B. Fortus u. a., 2012; Millar, 2011; Papadouris & Constantinou, 2016), allerdings wenig empirische Befunde zu den Ansätzen. Folglich ist es auch nicht verwunderlich, dass im Feld keine Einigkeit darüber herrscht, wie und wann Energie unterrichtet werden soll (Papadouris & Constantinou, 2016). Wir adressieren diese Forschungslücke indem wir untersuchen in wieweit SuS aus der Mittelstufe in einem neuen Ansatz ein integriertes Wissen über Energie entwickeln.

Wie lernen SuS über Energie?

Bevor wir weiter auf den neuen Unterrichtsansatz zu Energie eingehen klären wir zuerst, unter welchen Voraussetzungen SuS ein integriertes Wissen über Energie erlangen. In der Mittelstufe haben SuS zunächst verschiedene unverbundene Ideen über Energie aus dem Alltag und vorherigem Unterricht (Driver & Warrington, 1985; Duit, 2014). Mit diesen unverbundenen Ideen können SuS nur einzelene Aspekte von Phänomenen erklären und keine Verbindungen zwischen verschiedenen Phänomenen herstellen (diSessa, 1988). Um ein integriertes Wissen zu erlangen, müssen SuS Verbindungen zwischen Ideen entwickeln, neue Ideen aufnehmen und Verbindungen zwischen Ideen verändern und verfeinern. Werden nun ähnliche Ideen und Verbindungen wiederholt aktiviert, entwickeln sich Muster, die konzeptuelles Verständnis repräsentieren. So entstehen Netzwerke von Ideen, die ein integriertes Wissen repräsentieren (Linn, 2006). Erweisen sich nun bestimmte (Sub)Netzwerke von Ideen in verschiedenen Kontexten als hilfreich um Phänomene zu interpretieren und zu erklären, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass SuS diese auch in Zukunft aktivieren (Smith III, diSessa & Roschelle, 1994). Um ein integriertes Wissen über Energie auszubauen, müssen SuS also wiederholt in verschiedenen Kontexten Ideen über Energie aktivieren und damit Phänomene erfolgreich interpretieren und erklären.

Neue Wege Energie zu Unterrichten

Um ein integriertes Wissen über Energie aufbauen zu können, sollte für SuS also das interpretieren und erklären von Phänomenen mit Hilfe von Energie im Vordergrund stehen. Um Phänomene mit Hilfe von Energie zu interpretieren und zu erklären sind Energieänderungen in interagierenden Systemen zentral (Lehavi, Eylon, Hazan, Bamberger & Weizman, 2012; Quinn, 2014). „Klassische“ Unterrichtsansätze fokussieren dabei auf Änderungen von Energieformen. Wenn ein Ball fällt, wird potentielle Energie in kinetische Energie umgewandelt. Dabei wird ein Phänomen zu verschiedenen Zeitpunkten in Bezug auf die Verteilung der Energie auf verschiedene Energieformen analysiert. Im von uns entwickelten neuen Ansatz - der System-Transfer Perspektive - wird hingegen auf den Transfer von Energie zwischen Systemen fokussiert. Wenn ein Ball fällt, wird Energie vom System „Gravitationsfeld zwischen Ball und Erde“ zum System „Ball“ transferiert. Dabei läuft im System „Ball“ der Prozess „wird schneller“ ab und im System „Gravitationsfeld zwischen Ball und Erde“ der Prozess „abstand wird kleiner“ (Abb. 1).

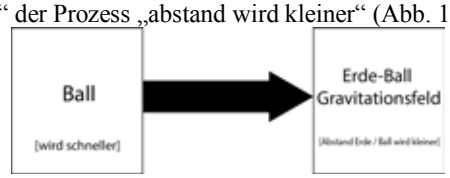


Abb. 1: Repräsentation des "Fallenden Balls" aus der System-Transfer Perspektive.

Während „klassische“ Ansätze also eher Phänomene in verschiedene Zustände unterteilen fokussiert die System-Transfer Perspektive stärker auf die Prozesse und Systeme im Phänomen. (Brewe, 2011) und (Swackhamer, 2005) argumentieren, dass Energie so für SuS zu einem Konzept wird, dass beim Interpretieren und Erklären von Phänomenen hilft, da relevante Fragen wie z.B. „Wo kommt die Energie her?“ oder „Welcher Prozess läuft in diesem System ab?“ in den Vordergrund gerückt werden. Dies sollte die Entwicklung eines integrierten Wissens fördern. Wir konnten bereits Evidenz finden, dass SuS sich solche Fragen stellen, wenn sie versuchen Phänomene zu erklären (Kubsch & Nordine, 2017). Allerdings erfordert die System-Transfer Perspektive auch, dass Felder und Systeme als Konzepte eingeführt werden. Beide Konzepte stellen eine Herausforderung für SuS dar und könnten SuS überfordern (Bar, Zinn & Rubin, 2007; Lindsey, Heron & Shaffer, 2012). Es ist also fraglich, ob SuS in der Mittelstufe in der Lage sind ein integriertes Wissen über Energie aus der System-Transfer Perspektive aufzubauen. Wenn SuS im Verlauf einer Unterrichtseinheit über Energie aus der System-Transfer Perspektive erfolgreich ein integriertes Wissen über Energie entwickeln, sollte „Energietransfer“ dabei eine zentrale Position einnehmen und mit anderen relevanten Ideen wie z.B. Kraft oder Geschwindigkeit stark vernetzt sein. Wir haben dies als folgende Forschungsfrage formuliert: In wieweit entwickeln SuS ein integriertes Wissen von Energie um die Kernidee Energietransfer?

Methode

Das Konstrukt des integrierten Wissens beschäftigt sich im Kern mit der Entwicklung von Ideennetzwerken. Deshalb haben wir netzwerkanalytische Methoden verwendet um die Ideennetzwerke von SuS vor und nach der Unterrichtseinheit über Energie aus der System-Transfer Perspektive zu untersuchen. Dafür haben wir N=30 SuS der insgesamt ca. 300 Siebtklässler die an der Unterrichtseinheit teilgenommen haben interviewt. In den halb-strukturierten Interviews haben wir den SuS fünf verschiedene Phänomene (drei aus der Unterrichtseinheit, zwei die nicht Teil der Unterrichtseinheit sind) präsentiert und die SuS aufgefordert diese zu erklären. Nach der ersten Erklärung der SuS wurden sie immer gefragt, ob es noch weitere Erklärungsansätze gibt. Alle Interviews wurden transkribiert und mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2014) wurden die Ideen, welche die SuS bei

der Erklärung eines Phänomens verwendet haben erfasst. Die Interviews wurden doppelt kodiert wobei wir eine gute Interrater Reliabilität (Cohens Kappa $\kappa = 0.85$) feststellen konnten. Mit Hilfe von netzwerkanalytischen Methoden (für eine Übersicht siehe z.B. (Grunspan, Wiggins, & Goodreau, 2014)) konnten wir nun für alle SuS Ideennetzwerke zum Prä- und Postzeitpunkt erstellen. So wird sichtbar welche Ideen SuS verwenden und welche Ideen SuS verbinden. Außerdem kann bestimmt werden, welche Ideen zentral in den Ideennetzwerken sind und ob sich Subnetzwerke von Ideen bilden.

Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die aus ersten Analysen resultierenden Ideennetzwerke der SuS vor und nach der Unterrichtseinheit. Die Kreise stellen die Ideen dar. Die Größe der Kreise zeigt wie Häufig die Ideen verwendet wird. Die Lienen zeigen die Verbindungen zu anderen Ideen auf. Je dicker die Linie, desto öfter werden die Ideen zusammen verwendet. Helle Kreise zeigen gut vernetzte Ideen an, dunkle Kreise isolierte Ideen. Man sieht, dass vor der Unterrichtseinheit die Idee Kraft so wie konkrete Größen wie Temperatur und Geschwindigkeit häufig verwendet und stark verbunden sind. Ideen zu Energie (Transfer, Forms) sind isoliert. Nach der Einheit werden die verwendeten Ideen insgesamt gleichmäßiger aktiviert und „Transfer“ ist eine gut vernetzte und häufig verwendete Idee geworden. Weitere Analysen zeigen zudem, dass vor der Unterrichtseinheit Subnetzwerke um die Ideenpaare Heat/Temperature, Particles/Speed und Gravity/Force bestanden haben. Diese Subnetzwerke haben sich nach der Unterrichtseinheit aufgelöst.

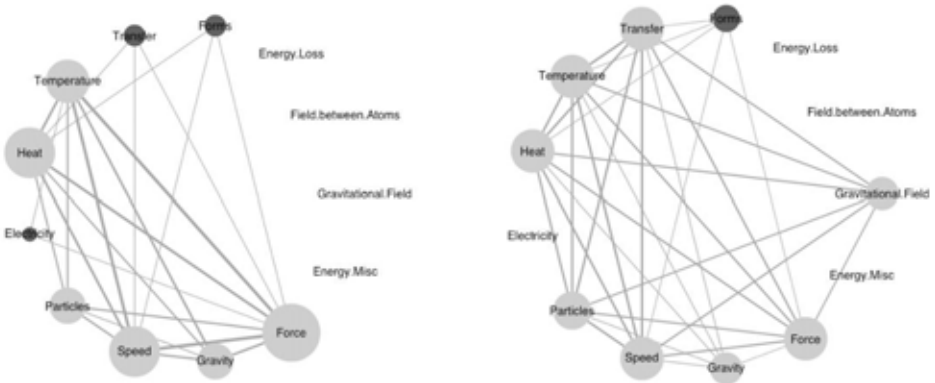


Abb. 2: Ideennetzwerke der SuS vor (links) und nach (rechts) der Unterrichtseinheit.

Diskussion und Ausblick

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die SuS im Verlauf der Unterrichtseinheit neue Ideen in ihre Ideennetzwerke aufgenommen haben (z.B. Transfer und Gravitational Field) sowie neue Verbindungen zwischen Ideen entwickelt und bestehende Verbindungen verändert haben. Zusammen mit der starken Eingebundenheit der Idee „Transfer“ in das Netzwerk zum Post-Zeitpunkt, spricht dies dafür, dass SuS im Laufe der Unterrichtseinheit ein integriertes Wissen über Energie entwickeln. Dabei ist „Transfer“ eine Kernidee, welche stark vernetzt ist. Die Idee eines Gravitationsfeldes scheint für die SuS kein Problem darzustellen, während Felder zwischen Atomen nicht in die Ideennetzwerke integriert werden. Somit bleibt die Rolle von Feldern in der System-Transfer Perspektive unklar und bedarf weiterer Erforschung. Im Allgemeinen zeigt sich hier aber erste Evidenz, dass die System-Transfer Perspektive ein für die Mittelstufe geeigneter Ansatz ist. Ein Vergleich mit anderen Ansätzen und tiefere Analysen der Netzwerke bleiben aber das Ziel zukünftiger Forschung.

Die hier vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des NSF geförderten ELeVATE Projektes durchgeführt. Die Autoren danken allen beteiligten.

Literatur

Bar, V., Zinn, B. & Rubin, E. (2007). Children's ideas about action at a distance. *International Journal of Science Education*, *19*(10), 1137–1157. https://doi.org/10.1080/0950069970191003

Brewe, E. (2011). Energy as a substancelike quantity that flows: Theoretical considerations and pedagogical consequences. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, *7*(2), 20106. https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020106

Chabalengula, V. M., Sanders, M. & Mumba, F. (2012). Diagnosing Students' Understanding Of Energy And Its Related Concpets In Biological Contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *10*(2), 241–266. https://doi.org/10.1007/s10763-011-9291-2

Chen, R. F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J. & Scheff, A. (2014). *Teaching and learning of energy in K-12 education*. Cham: Springer. Abgerufen von http://gso.gbv.de/DB=2.1/PPNSET?PPN=783976232

diSessa, A. (1988). Knowledge in Pieces. In *Constructivism in the Computer Age*.

Driver, R. & Warrington, L. (1985). Students' Use of the Principle of Energy Conservation in Problem Situations. *Physics Education*, *20*(4), 171–176.

Duit, R. (1981). Understanding Energy as a Conserved Quantity--Remarks on the Article by R. U. Sexl. *European Journal of Science Education*, *3*(3), 291–301. https://doi.org/10.1080/0140528810030306

Duit, R. (2014). Teaching and Learning the Physics Energy Concept. In *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education* (S. 67–85). Abgerufen von http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05017-1_5

Fortus, D., Abdel-Kareem, H., Chen, J., Forsyth, B., Grueber, D., Nordine, J. & Weizman, A. (2012). Why do some things stop while others keep going. *Investigating and questioning our world through science and technology (IQWST). New York: Sangari Science*.

Grunspan, D. Z., Wiggins, B. L. & Goodreau, S. M. (2014). Understanding Classrooms through Social Network Analysis: A Primer for Social Network Analysis in Education Research. *Cell Biology Education*, *13*(2), 167–178. https://doi.org/10.1187/cbe.13-08-0162

Kubsch, M. & Nordine, J. (2017). Energietransferdiagramme als kognitive Unterstützung in der Mittelstufe. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*.

Kultusministerkonferenz (KMK). (2004). *Bildungsstandards Physik-Mittlerer Schulabschluss*.

Lee, H.-S., & Liu, O. L. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades. *Science Education*, *94*(4), 665–688. https://doi.org/10.1002/sce.20382

Lehavi, Y., Eylon, B., Hazan, A., Bamberger, Y. & Weizman, A. (2012). Focusing on changes in teaching about energy. In *Proceedings of The World Conference on Physics Education* (S. 485–492).

Lindsey, B. A., Heron, P. R. L. & Shaffer, P. S. (2012). Student understanding of energy. *American Journal of Physics*, *80*(2), 154. https://doi.org/10.1119/1.3660661

Linn, M. (2006). The Knowledge Integration Perspective on Learning and Instruction. In *The Cambridge handbook of: The learning sciences*. New York, NY: Cambridge University Press.

Mayring, P. (2014). *Qualitative Content Analysis*. Beltz.

Millar, R. (2011). Energy. In D. Sang (Hrsg.), *Teaching Secondary Physics* (2. Ed.). London: Hodder Education.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education*. Washington, D.C.: The National Academies Press. Abgerufen von http://www.worldcat.org/oclc/794415367

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. https://doi.org/10.1002/tea.21061

Papadouris, N. & Constantinou, C. P. (2016). Investigating middle school students' ability to develop energy as a framework for analyzing simple physical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(1), 119–145. https://doi.org/10.1002/tea.21248

Quinn, H. R. (2014). A Physicist's Musings on Teaching About Energy, 15. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_2

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

Smith III, J. P., diSessa, A. A. & Roschelle, J. (1994). Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition. *Journal of the Learning Sciences*, *3*(2), 115–163. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0302_1

Swackhamer, G. (2005). *Cognitive Resources for Understanding Energy*.

Taylor, J. H., Fowler, L. A., & McCulloch, P. M. (1979). Measurements of general relativistic effects in the binary pulsar PSR1913 + 16. *Nature*, *277*(5696), 437–440. https://doi.org/10.1038/277437a0

Andrea Hauff-Achleitner Universität Wien
Martin Hopf

Energieerhaltung in der Sek. 1
Entwicklung eines Unterrichtskonzepts

Energieerhaltung wird in vielen Forschungsbeiträgen als das schwierigste Teilkonzept beschrieben. Daher werden in den meisten Unterrichtsvorschlägen zuerst Formen von Energie eingeführt, bevor als Abschluss der Energieerhaltungssatz unterrichtet wird. Alternativ dazu wurde aufbauend auf Vorarbeiten von Martin Bader (2001) ein neues Unterrichtskonzept für die Sek. 1 erstellt, bei welchem die Energieerhaltung im Vordergrund steht. Aktuell wird untersucht, ob eine frühere Einführung des Energieerhaltungssatzes zu einer besseren Wahrnehmung und Verständnis dessen beiträgt. Erste Erprobungen zeigten vielversprechende Ergebnisse bei Lehrkräften und SchülerInnen. Die Wirksamkeit des neuen Curriculums wird mit einem mixed-methods-Ansatz in einem Vergleichsstudiendesign empirisch überprüft.

Theoretischer Hintergrund

Das Energiekonzept ist besonders wichtig für ein tiefergehendes Verständnis der Naturwissenschaften (Nordine, 2010). In der fachdidaktischen Literatur gibt es viele Ergebnisse zu diesem Thema. Zum Beispiel hat Duit gezeigt, dass der Energiebegriff durch fünf grundlegende Aspekte – Konzeptualisierung von Energie, Energietransport, Energieumwandlung, Energieerhaltung, Energieentwertung – gekennzeichnet werden kann (1986). Die meisten Konzepte gehen davon aus, dass zuerst Formen von Energie eingeführt werden (Papadouris, 2010), bevor als Abschluss der Energieerhaltungssatz unterrichtet werden kann.

Dies wurde durch Ergebnisse zur Learning Progression (Neumann et. al., 2012) belegt. Es konnte gezeigt werden, dass in der 6. Jahrgangsstufe vor allem das Verständnis von Energieformen und Energiequellen vorliegt, in der 8. Jahrgangsstufe das Verständnis um Energieübertragung, -transport und Energieumwandlung erweitert wird und erst in der 10. Jahrgangsstufe sich bei wenigen Schülerinnen und Schüler ein tieferes Verständnis von Energieerhaltung nachweisen lässt.

All diese Forschungen zeigen, dass SchülerInnen ein Problem mit dem Verständnis von Energie haben. Der im Alltag verwendete Begriff „Energie“ unterscheidet sich vom Begriff der „Energie“ in der Physik. Schülerinnen und Schüler verwenden eher sehr selten den Begriff Energie, um Sachverhalten zu erläutern; noch weniger verwenden sie den Begriff Energieerhaltung, um Begründungen zu geben. Viele Schülerinnen und Schüler verwenden alltägliche Begriffe wie Schwung, oder sie greifen auf Alltagsvorstellungen – Steilheit der Bahn, Länge des Weges, … - zurück. Häufig wird auch der Begriff der Energie und Kraft als gleichbedeutend verwendet, wobei Kraft vorwiegend mit körperlichen Tätigkeiten zu tun hat, während Energie sich auf ein viel allgemeineres Spektrum von Vorgängen bezieht. Des Weiteren wird der Begriff Energie mit einer Art universellem Treibstoff verbunden, welcher aus bestimmte Quellen – Öl, Benzin oder Kohle (Duit, 1986) – gewonnen werden kann.

Es gibt aber gegenteilige Konzepte (besonders Bader, 2001), welche mit dem Energieerhaltungssatz beginnen und dann erst zu den Arten und Formen von Energie kommen. Der Lernerfolg der Versuchsgruppe in der Studie von Bader war rund zweimal so hoch wie der der Kontrollgruppe.

Unterrichtskonzept

Das Thema Energie ist auch in der Sekundarstufe 1 sehr zentral. Die Grundidee des entwickelten Unterrichtskonzepts ist es, dass so früh wie möglich mit der Energieerhaltung begonnen wird und diese anschließend in den unterschiedlichsten Unterrichtsstunden immer wieder aufgegriffen und bearbeitet wird. Insgesamt wurde das Konzept für 10 bis 12 Stunden à 50 Minuten entwickelt.

Die Energieerhaltung wird mittels eines Rollenspiels erarbeitet. Die Idee dazu stammt aus den Vorlesungen von Feynman (2015). Im Anschluss daran werden Energieumwandlungen und mögliche Energieformen erarbeitet. Es folgt ein experimenteller Zugang zu potentieller und kinetischer Energie. Den Abschluss des Unterrichtskonzepts bildet ein genauer Blick auf die Energieumwandlungen beim Pendel wie auch auf die Energieentwertung im Allgemeinen.

Das erwähnte Rollenspiel wird im Unterrichtskonzept als „Familienspiel Legosteine“ bezeichnet. Das Ziel dieses Spiels ist es, dass der Energieerhaltungssatz spielerisch erarbeitet wird: Dabei wird in unterschiedlichen Situationen bewusst gemacht, dass immer ein System definiert werden muss. Insgesamt sind zehn Runden zu spielen. Die Schülerinnen und Schüler werden dazu in 4er-Gruppen eingeteilt und bekommen je eine Rolle (Vater, Mutter, erstes Kind, zweites Kind) zugewiesen. (Ist die Gesamtzahl der SchülerInnen nicht durch 4 teilbar, so gibt es auch „Besuchskinder“). Für jede Rolle wurde eine eigene Spielanleitung erstellt. Die Schülerinnen und Schüler bekommen die Aufgabe, nicht mit anderen über ihre Rolle zu sprechen. Als Beispiel soll die Rolle der Mutter angeführt werden. Sie erhält die Aufgabe, die Steine nach jeder Runde zu zählen und wenn nötig die Legosteine auch zu suchen. Die Ergebnisse werden in eine Tabelle eingetragen. Des Weiteren soll sie bei Unregelmäßigkeiten eine Begründung angeben.

Mittels dieses Spiels können im Anschluss gemeinsam mit den Schülerinnen und Schüler folgende Punkte als Analogie erarbeitet und besprochen werden:

- Energie hat nichts mit Bauklötzen – wie Legosteinen oder ähnlichem zu tun – sondern diese dienen lediglich der Veranschaulichung.
- Die konstante Anzahl der Legosteine stellt die Energie dar. Diese numerische Größe lässt sich auch bilanzieren (Karton/Schuhschachtel).
- Es gibt eine gewisse Größe, welche sich nicht ändert. Diese Größe wird Energie genannt.
- Es ist besonders wichtig auf das System zu achten (nach den Legosteinen muss auch gesucht werden).
- Es existiert ein Faktum in der Welt, welches alle Naturphänomene beherrscht, dieses wird Energieerhaltung genannt. (Feynman, 2015)

Das Unterrichtskonzept findet sowohl bei den Schülerinnen und Schülern als auch bei den Lehrpersonen großen Anklang.

Forschungsdesign

Die Vorstudie erstreckte sich über die Schuljahre 2015/2016 bis 2016/2017. Im Schuljahr 15/16 wurde das Hauptaugenmerk auf die Entwicklung des Unterrichtskonzeptes gelegt. Dieses wurde im Anschluss mit 2 Testheften getestet. Die Testhefte beinhalteten je 10 Multiple-Choice-Fragen aus dem ECA-Test (Neumann et.al., 2012) und je eine selbst entwickelte offene Frage.

Im Schuljahr 16/17 wurde das Konzept überarbeitet und erneut getestet. Dabei wurden nur noch ein Testheft mit elf Multiple-Choice-Fragen sowie drei offenen Fragen verwendet.

Offene Fragen
Der Einstieg in die offene Fragen wurde bewusst eher einfach gewählt. Es soll auch der Kontrollgruppe ermöglicht werden, möglichst sicher bei der Beantwortung zu sein. Danach wird erfragt, ob die Schülerinnen und Schüler z. B. die größte Geschwindigkeit mittels des Energiekonzeptes erklären können. Zum Schluss soll auch der Energieerhaltungssatz angewendet und eine Erklärung für das Ergebnis gegeben werden.

Ergebnisse und Diskussion
Die ersten Ergebnisse beziehen sich auf das Schuljahr 16/17. Es wurden 3 Versuchsklassen und eine Kontrollklasse getestet. Leider musste bei den Versuchsklassen ein großer Datenverlust aufgrund von Fehlen beim Prae- oder Post-Test oder auch von unzureigenden Angaben in Kauf genommen werden. Daher umfasst die Versuchsgruppe 51 Schülerinnen und Schüler, davon 23 Mädchen, und die Kontrollgruppe 19 Schülerinnen und 6 Schüler.
Da Cronbachs-Alpha der Multiple-Choice-Fragen äußerst schlecht ist (.385 für die Versuchsgruppe, .014 für die Kontrollgruppe), wird im weiteren auf die Auswertung der offenen Fragen eingegangen.
Nach der Intervention kommt es jedenfalls zu einem Wissensanstieg. Die Versuchsgruppe konnte bei den offenen Fragen um fast 2 Punkte mehr erreichen als die Kontrollgruppe. Ein deutlicher Unterschied lässt sich auch im Antwortverhalten zeigen. So hat die Versuchsgruppe zur Erklärung häufig den Begriff Energie oder Energieerhaltung verwendet und es wurde nur sehr selten auf alltägliche Begriffe zurückgegeriffen, wie folgendes Beispiel zeigt: *„Wenn sie ganz unten ist, weil sie nur Bewegungsenergie hat, ist die Geschwindigkeit des Mädchens am größten."* (VG8)
Zum Abschluss soll die offene Frage 12c (siehe Abbildung 1) genauer analysiert werden.

c) In der höchsten Schaukelposition hat das Mädchen 600 J Lageenergie (potentielle Energie). Im Nullpunkt hat sie 400 J Lageenergie. Bestimme die Bewegungsenergie (kinetische Energie) des Mädchens im Nullpunkt.
Erkläre wie du zu deiner Antwort gekommen bist!

Abbildung 1 offene Frage 12c

Aus der Versuchsgruppe haben insgesamt 17% die Bewegungsenergie richtig bestimmen können. 4,2% aller Probanden haben eine passende, richtige Erklärung geben können, wie zum Beispiel *„In diesem System ist die Gesamtenergie 600J, weil im höchsten Punkt die potentielle Energie maximal ist. Die Gesamtenergie verändert sich nicht, also ist die kinetische Energie 200J."* (VG19) Die Probanden gaben eine hohe Sicherheit bei der Beantwortung an. 12,5% haben zumindest 200J und einen Teil der Begründung oder den Rechengang aufgeschrieben.
Betrachtet man die Kontrollgruppe, so wurde von 70% aller Schülerinnen und Schüler diese Aufgabe ausgelassen oder vermerkt, dass sie sich nicht auskennen. Niemand konnte die geforderten 200J zur Antwort geben. Die Schülerinnen und Schüler versuchten verzweifelt mit den Zahlen zu rechnen: *„600 · 400 = 24000J"* (KG21).

Ausblick
Da sich schon vielversprechende Ansätze bei den Schülerinnen und Schülern zeigen, soll nun in der Hauptstudie mit einer größeren Stichprobe (mind. 5 Versuchsklassen und 5 Kontrollklassen) das Konzept ausgetestet werden.
Des Weiteren werden die restlichen offenen Fragen genauer ausgewertet. Es wird eine inhaltliche Analyse vorgenommen, sowie eine Analyse der Stärken und Schwächen der Schülerinnen und Schüler. Um die schlechten Ergebnisse der Multiple-Choice-Fragen abzufangen, werden noch weitere offene Fragen erstellt werden.

Literatur

Bader, M. (2001). Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges “Einführung in die mechanische Energie und Wärmelehre”. Dissertation der Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universtät München

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

Feynman, R., Leighton R., Sands M. (2015). Feynman-Vorlesungen über Physik 1: Mechanik. 6. Auflage, new millenium-edition. De Gruyter.

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

Nordine, J., Krajcik, J., & Fortus D. (2010). Transforming Energy Instruction in Middle School to Suport Integrated Understanding and Future Learning. Science & Education, 95 (4), 670 – 699

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

Bartosch Ilse Universität Wien

Lernen über Energie & Technikkulturen

Das Erreichen eines angemessenen konzeptuellen Verständnisses von Energie ist ein wesentlicher Aspekt von qualitätsvollem naturwissenschaftlichen Unterricht. Allerdings greift fachliches Wissen zu kurz, um komplexe Sachverhalte rund um die Bereitstellung und effiziente Nutzung von Energie zu bearbeiten, die im Spannungsverhältnis zwischen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Interessen ausgetragen werden. Sakschewski et al. folgend (2014, p. 2292) bedarf es dazu eines breiteren interdisziplinären Rahmens für naturwissenschaftlich technischen Unterricht. Bezugnehmend auf Oulton et al (2004), fordern sie, dass das Konzept als "socioscientific issue" unterrichtet wird und in den Kontext von Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) gestellt wird. Das heißt, dass etwa Wissen über Energiespeicherung in seiner Verknüpfung mit ökologischen, ökonomischen, aber auch sozialen, politischen und ethischen Implikationen unterrichtet wird. Sakschewski weist allerdings auch darauf hin, dass sich gerade der Physikunterricht meist auf die Vermittlung konzeptuellen Wissens beschränkt (ebd., p.2293). Im Folgenden wird anhand des Forschungs-Bildungs-Projekts „SOLARbrunn - mit der Sonne in die Zukunft" dargestellt, wie eine solche konsequente Berücksichtigung von BNE den Lehr-Lernprozess, aber auch traditionelles Vorstellungen über Naturwissenschaft und Technik beeinflusst.

Das Projekt SOLARbrunn – mit der Sonne in die Zukunft[1]

Im Rahmen dieses Projekts sollten die Schüler_innen der unterschiedlichen Abteilungen (Elektronik, Elektrotechnik, Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen) einer Höheren Technischen Lehranstalt (HTL) gemeinsam mit ihren Lehrkräften und einem interdisziplinären Team von Forscher_innen (Physik, Physikdidaktik und Sozialanthropologie) im Rahmen ihrer Abschlussarbeit (Diplomarbeit) ein bestehendes öffentliches Gebäude (ein Kindergartengebäude in einer Kleinstadt nahe Wien), in ein Green Building (Johnston & Gibson, 2008) umwandeln. Ein Green Building unterscheidet sich insofern von Niedrigenergie- oder Passivhäusern, dass es nicht nur die Energieeffizienz und Ressourcenschonung in den Blick nimmt, sondern gleichermaßen das Wohlbehagen der Nutzer_innen. Damit müssen ökologische und ökonomische Aspekte einer etwaigen Renovierung konsequent mit sozialen, aber auch politischen Aspekten verknüpft werden, weil die Renovierungsvorschläge vom Betreiber des Kindergartens, der Stadtgemeinde umgesetzt werden müssen.

Modell für naturwissenschaftlich-technischen Unterricht im Kontext von BNE

Um diesen spezifischen Prozess forschenden Lernens zu rahmen, wurde das von Dana Zeidler et al. (2003, p. 361) entwickelte Framework für SSI-Unterricht herangezogen. Dieses Modell für SSI-Unterricht wurde auf Basis einer eingehenden Analyse von einschlägigen Publikationen entwickelt und soll in der unterrichtlichen Umsetzung dazu führen, dass Schüler_innen naturwissenschaftliches Wissen funktional für die Analyse und Gestaltung komplexer gesellschaftlicher Fragestellungen einsetzen können. Das Modell umfasst vier Komponenten: Lernen an realitätsnahen Problemen (Case-based Issues) an Problemen aus dem Kontext von Natur der Naturwissenschaft und Technik (Nature of Science Issues – NOS-Issues), Gelegenheit, (kontroversielle) Diskurse zu führen (Discourse Issues) sowie

[1] Das Projekt wurde gefördert von „Sparkling Science", einer Initiative des österreichischen Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft

Reflexion der Normen und Werte, die in diesen Diskursen von Bedeutung sind (Cultural Issues). Bei SOLARbrunn war das konkrete Problem die Umwandlung des Kindergartens (eines Niedrigenergiegebäude) in ein Green Building, für das forschungsbasiert technische Lösungen unter ökologischen, ökonomischen, sozialen und rechtlich-politischen Einschränkungen entwickelt werden sollten. Dadurch konnten NOS-Aspekte durch systematische Reflexion des Forschungsprozesses thematisiert werden. Darüber hinaus war durch das Aufeinandertreffen unterschiedlicher sozialer Milieus zu erwarten, dass ein Nachdenken über die Vorstellungen, Werte und Alltagsroutinen von Technik induziert wird.

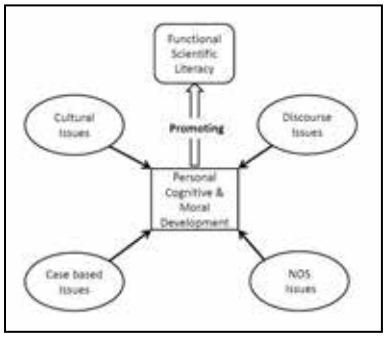


Abb. 1: Functional Scientific Literacy (Zeidler et al. 2003, S.361)

Forschungsdesign

Diese lernende und forschende Auseinandersetzung mit den Wechselwirkungen zwischen der Nutzung des technischen Systems Niedrigenergiehaus und den sich dabei entwickelnden techno-sozialen Praxen, sollten Aufschluss über folgende Fragen geben:

- Wie wirkt sich die Kooperation zwischen Wissenschaft und Forschung und der Fokus auf BNE auf den Diplomarbeitsprozess der Schüler_innen aus?
- Inwiefern hat das Projektdesign Potential, traditionelle Vorstellungen von MINT-Unterricht zu transformieren und Nachhaltige Entwicklung voranzutreiben?

Neben den fünf Diplomarbeiten wurden dazu Protokolle und Transkripte der Audioaufnahmen der abteilungsinternen und abteilungsübergreifenden Meetings sowie Interviews mit vier Lehrkräften und elf der beteiligten Schüler_innen analysiert (qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010), Diskursanalyse nach Bohnsack (1998))

Ergebnisse

SOLARbrunn war sowohl für die beteiligten Lehrkräfte als auch für die Schüler_innen in vielerlei Hinsicht ein Novum: Anstelle eines konkreten Artefakts mussten die Schüler_innen im Rahmen von SOLARbrunn Vorschläge für die Adaptierung und Optimierung einer bestehenden technischen Lösung konzipieren. Obwohl die wesentlichen Schritte der Energieanalyse klar waren, war für die Formulierung der konkreten Problemstellungen, aber auch für das Klären der Rahmenbedingungen für die Datenerhebung ein längerer Aushandlungsprozess mit der Kindergartenleitung und der Gemeindeverwaltung notwendig. Der Forschungsprozess wurde daher zu Beginn als mühsam und verunsichernd erlebt, wie das folgende Interviewzitat zeigt: *"Wir haben erst nach drei bis vier Monaten gewusst* […], *was wirklich herauskommen soll."* (Int SM1). Ein weiterer wichtiger Aspekt war, dass in regelmäßigen abteilungsinternen und abteilungsübergreifenden Treffen, die erhobenen Daten im Hinblick auf ihre Validität und mögliche Interpretationsansätze diskutiert wurden. Die Mehrheit der Schüler_innen schätzte diese Arbeit in einem multiprofessionellen Team, obwohl sie zu Beginn des Projekts Probleme mit den häufigen Treffen und der abteilungsübergreifenden Kommunikation hatten. Insbesondere die Verpflichtung Ergebnisse im Prozess immer wieder darzustellen und zu diskutieren hat die Majorität der Schüler_innen als sehr förderlich für den Arbeitsprozess gesehen. Im Interview konnten die Schüler_innen eine angemessene Darstellung von Forschung geben, allerdings waren sie überzeugt, dass *"wirkliche technische Forschung"* etwas Neues entwickeln müsse und sich keinesfalls mit sozialen Aspekten beschäftigen dürfe.

Da für eine nachhaltige Renovierung des Hauses nicht nur ökonomische und ökologische Aspekte bedeutsam sind, sondern das Befinden der Nutzer_innen zentral ist, war es im Laufe des Projekts immer wieder wichtig, soziale Daten zu erheben. Allerdings war das Einbeziehen sozialer Aspekte in einen technischen Entwicklungsprozess für die meisten der beteiligten angehenden Techniker_innen, aber auch deren Lehrkräfte ungewohnt und irritierend. Insbesondere die Schüler als auch der Lehrer der Elektronikabteilung konnten sich mit den sozialen Aspekten des Prozesses nicht anfreunden. Das wurde sowohl im Interview mit den beiden Schülern deutlich, die die Besprechungen als vergeudete Zeit sahen, als auch in einem der Meeting mit den Lehrkräften. Während für den Maschinenbaulehrer die Einbeziehung sozialer Daten neue Perspektiven eröffnete *„in Wahrheit muss man ganz offen sagen, man gewinnt dadurch auch an Information, die man dann auswerten kann."* (Transk. M 261115), sah der Lehrer aus der Elektronikabteilung keinen Gewinn: *„Also dem Elektroniker nimmt man das Ding weg und sagt, ok jetzt mach ma ein Gerät daraus. ... Das ist üblich. Da kümmert sich niemand um den Kunden. ...Deswegen haben wir gesagt, die Wirtschaftsingenieure kümmern* [sich um]*... die soziologische Komponente".* Darüber hinaus hat dieser Lehrer die Diplomarbeit im Rahmen von SOLARbrunn an *„zwei Vollbluttechniker"* vergeben und *„die interessieren die Leute nicht*."

Schlussfolgerungen

Wesentliche Impulse für nachhaltige Entwicklung erwartet die Politik häufig von Naturwissenschaft und Technik. Sie werden nicht als gesamtgesellschaftliche Herausforderung gesehen: Für die Reduktion der Treibhausgase werden etwa technische Lösungen, wie erneuerbare Energien gefördert oder Standards für Niedrigenergie- und Passivhäuser gesetzt. Konkret soll der Niedrigenergie- oder Passivhausstandard durch energietechnische Maßnahmen in Planung und Errichtung sichergestellt werden. Die Nutzer_innen und ihre Bedürfnisse werden dabei genauso wie die sich in Nutzung und Wartung entwickelnden sozio-technischen Praxen ausgeblendet. Werden dann, wie beim untersuchten Objekt etwa Abschattung oder Luftrückbefeuchtung aus ökonomischen Gründen aus den Bau- und Installationsplänen gestrichen, wird das Wohlbehagen der Nutzer_innen massiv beeinträchtigt. Das heißt aber in der Konsequenz, dass Naturwissenschaft und Technik nur dann eine bedeutende Rolle bei der Bewältigung der aktuellen ökologischen Probleme bedingt durch den Klimawandel spielen werden können, wenn die Optimierung der soziotechnischen Praxen, die bei der Nutzung von Technik entwickelt werden, genauso in den Blick genommen werden wie Technologien zur effizienten Nutzung von Energie.

Für die Themen der Diplomarbeiten an technischen Schulen, aber auch für die Organisation dieser Schulen zeigt das Projekt eine Reihe von interessanten Entwicklungsmöglichkeiten auf, weil es den Fokus der Konstruktion technischer Artefakte um den Aspekt der forschungsbasierten Planung und Optimierung von sozio-technischen Systemen erweitert. Das scheint zwar bei den Schüler_innen weniger beliebt zu sein, dafür hat es mehr Aussicht auf ein erfolgreiches Ergebnis, wie die Diplomarbeiten im Rahmen von SOLARbrunn zeigten. Darüber wird dadurch das Spektrum der technischen Tätigkeiten mehr der beruflichen Realität angepasst. Diese Erweiterung von technischer Konstruktion und Entwicklung um die Auseinandersetzung mit sozialen Praxen in der Nutzung von Technologien stellt aber auch das enge Bild der „harten" technisch/naturwissenschaftlichen Forschung sowie den Prototyp des „Vollbluttechnikers" in Frage und könnte daher eine Karriere im Feld von Naturwissenschaft und Technik für eine breitere Gruppe junger Menschen (nicht nur junger Frauen) attraktiv machen. Für die technischen Schulen selbst hat ein inklusives Verständnis von Nachhaltiger Entwicklung jedenfalls das Potential einen Organisationsentwicklungsprozess einzuleiten, der ein realistischeres, inklusiveres und weniger männlich konnotiertes Bild von Technik und Techniker_in sein vermittelt.

Literatur

Bohnsack, R. (1998). Rekonstruktive Sozilaforschung und der Begriff des Orientierungsmusters. In D. Siefkes, P. Eulenhöfer, H. Stach & K.

Städtler (Eds.), *Sozialgeschichte der Informatik. Kulturelle Praktiken und Orientierungen* (S. 105-121). Wiesbaden: Springer.

Johnston, D., & Gibson, S. (2008). *Green from the Ground Up: Sustainable, Healthy, and Energy-Efficient Home Construction*. Newton: Taunton.

Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz UTB.

Oulton, C., Dillon, J. & Grace, M. M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education, 26*(4), 411-423.

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.

Zeidler, D. L./Sadler, T. D./Simmons, M. L. & Howes, E. V. (2003). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education, 89*, 357-377.

Marisa Holzapfel
Karin Stachelscheid
Maik Walpuski
Universität Duisburg-Essen

Fachspezifischer Humor als Methode in der Gesundheitsbildung

Theoretischer Hintergrund

Ziel von Gesundheitsbildung ist es, Lernende zu befähigen, kompetent angemessene, gesundheitsrelevante Entscheidungen zu treffen (Giest 2016). Die Gesundheitsbildung sollte bereits im frühen Kindesalter beginnen und stetig fortgesetzt werden. Daher ist es sinnvoll die Gesundheitsbildung der Institution Schule im Sachunterricht der Primarstufe zu beginnen und die hier vermittelten Grundlagen im Fachunterricht der Sekundarstufe I aufzugreifen und zu vertiefen.

Zu diesem Zweck sind das Interesse an Gesundheitsthemen und das entsprechende Wissen notwendige Voraussetzungen (Giest 2016). Um diese Voraussetzungen zu erreichen, wird die im fachdidaktischen Forschungsfeld relativ junge Methode des fachspezifischen Humors (Dickhäuser, Stachelscheid, Neumann 2013) eingesetzt. Der fachspezifische Humor wurde in Anlehnung an die Theorie des pädagogischen Humors nach Kassner (2002) und die Inkongruenztheorie nach Koestler (1964) entwickelt. Er ist für jeden Lehrenden planbar im Unterricht einsetzbar und stellt eine kognitive Komponente in den Vordergrund. Das Konzept des fachspezifischen Humors beruht auf einer inkongruenten Verknüpfung zweier Bezugssysteme. Das erste Bezugssystem (BS I) ist ein Inhalt des schulischen Fachunterrichts und das zweite Bezugssystem (BS II) eine sinnvoll darauf bezogene Situation. Die Inkongruenz kann beispielsweise durch eine Wortdoppeldeutigkeit oder einen Widerspruch hergestellt werden.

Design der Pilotstudie

Mithilfe einer quantitativ angelegten Pilotstudie (n = 73) im Pre-Post-Follow-Up-Design wurde untersucht, ob sich das erstellte Selbstlernmaterial mit und ohne fachspezifischen Humor (FaH) zum Thema Sonnenschutz für den Einsatz in den Jahrgangsstufen vier und sechs eignet. An zwei Interventionszeitpunkten arbeiteten die Schülerinnen und Schüler jeweils 45 Minuten mit dem erstellten Selbstlernmaterial. Die Schülerinnen und Schüler der Klasse vier erhielten zum ersten Interventionszeitpunkt drei und zum zweiten Interventionszeitpunkt zwei Materialien. Die Schülerinnen und Schüler der sechsten Klasse bearbeiteten zu diesen Materialien jeweils ein zusätzliches Material. Bei der Auswertung wurden besonders der Lernerfolg sowie die Beeinflussung des Interesses und der Verhaltenseinstellung in den Blick genommen. Zusätzlich wurden Testinstrumente zu den kognitiven Fähigkeiten sowie zum Sinn für Humor und zum Humorverständnis des FaH in Anlehnung an den 3 WD Test von Ruch (2013), entwickelt und eingesetzt.

Ergänzend wurde eine qualitative Pilotstudie mit Schülerinnen und Schülern einer sechsten Klasse (n = 21) zur Optimierung des Selbstlernmaterials durchgeführt. Hierbei wurden der Umfang, die Bearbeitungszeit und die Verständlichkeit des Materials getestet.

Ausgewählte Ergebnisse der Pilotstudie

Die ANOVA mit Messwiederholung hat gezeigt, dass über alle drei Messzeitpunkte ein signifikanter Lernzuwachs mit einem großen Effekt zu verzeichnen ist ($n = 73$, $F_{(2;144)} = 23.618$, $p = .000$, $\eta^2 = .247$). Eine detaillierte Analyse der einzelnen Messzeitpunkte zeigt, dass der Lernzuwachs vom Pre-Testzeitpunkt zum Post-Testzeitpunkt signifikant ist (p =

.000). Vom Post-Testzeitpunkt zum Follow-Up-Testzeitpunkt ist ein Rückgang zu verzeichnen, der ebenfalls signifikant (p = .040)[1] ist, der jedoch kleiner ist als der ursprüngliche Lernzuwachs (siehe Abb. 1).

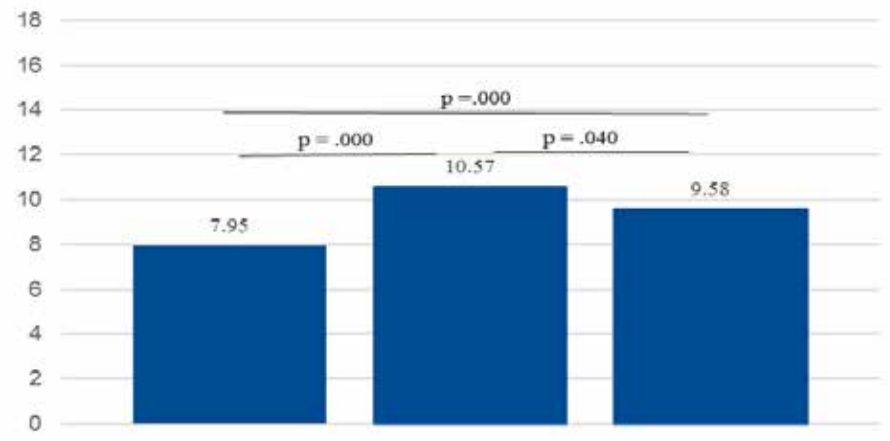


Abb. 1: Lernerfolg zum Thema Sonnenschutz

Betrachtet man die Entwicklung des Interesses zum Thema Sonnenschutz mit Hilfe einer ANOVA mit Messwiederholung, so lässt sich feststellen, dass eine signifikante Abnahme mit einem großen Effekt (n = 73, $F_{(2;144)} = 21.652$, p = .000, $\eta^2 = .231$) zu verzeichnen ist. Vom Pre-Testzeitpunkt zum Post-Testzeitpunkt (p = .000) und vom Pre-Testzeitpunkt zum Follow-Up-Testzeitpunkt (p = .000), nimmt das Interesse signifikant ab. Bei der Verhaltenseinstellung (n = 73, $F_{(2;144)} = .152$ p = .859) ist keine Veränderung erkennbar (siehe Abb. 2).

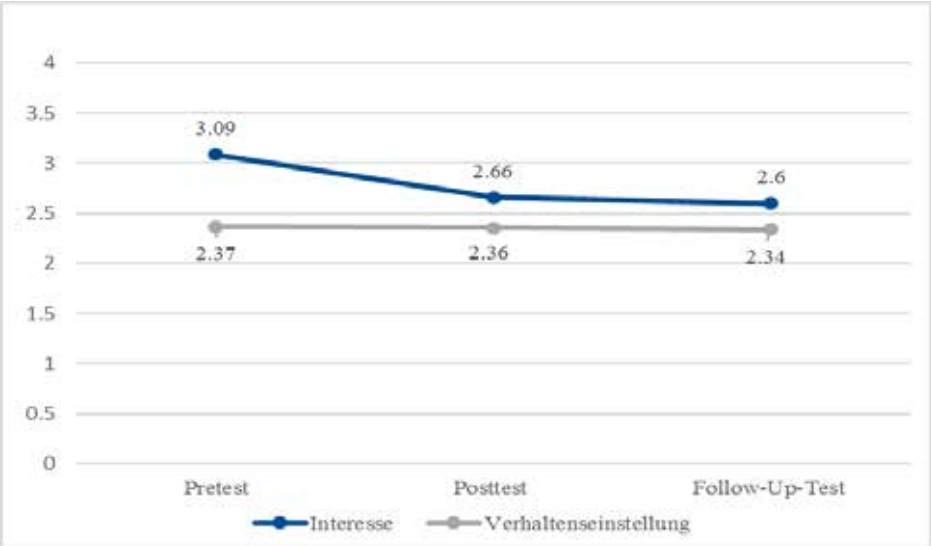


Abb. 2: Entwicklung von Interesse und Verhaltenseinstellung zum Thema Sonnenschutz

[1] P-Werte nach Bonferroni-Korrektur

Konsequenzen für die Hauptstudie

Die Auswertung der quantitativen Pilotstudie hat gezeigt, dass die angedachte Vorgehensweise der Testung und der Intervention für die Hauptstudie geeignet ist. Diese wird also ebenfalls im Pre-Post-Follow-Up Design durchgeführt und umfasst zwei Interventionszeitpunkte. Die beiden Interventionen bleiben von Dauer und Umfang gleich. Die Testinstrumente zur Verhaltenseinstellung (Cronbach‘s Alpha: Pre: .578, Post: .750, Follow-Up: .781) und zum Interesse (Cronbach’s Alpha: Pre: .889, Post: .921, Follow-Up: .884) zum Thema Sonnenschutz bleiben aufgrund der akzeptablen bis guten Reliabilität gleich, der Fachwissenstest zum Thema Sonnenschutz wurde aufgrund nicht zufriedenstellender Reliabilität (Cronbach’s Alpha: Pre: .344, Post: .663, Follow-Up: .472) mittels einer Distraktorenanalyse überarbeitet.

Aufgrund von Verständnisschwierigkeiten wurde der Test zum Sinn für Humor überarbeitet. Mit Hilfe der Ergebnisse der qualitativen Pilotstudie wurde das Selbstlernmaterial optimiert. Die integrierten Abbildungen wurden nummeriert und beschriftet sowie einzelne (Fach-) Wörter ersetzt oder durch Erklärungen ergänzt. Hierdurch sollen auch die Ergebnisse im Bereich der Verhaltenseinstellung und des Interesses optimiert werden.

Ausblick

Die folgende Hauptstudie untersucht ebenfalls Probanden der Jahrgangsstufen vier und sechs. Allerdings steht nun der Unterschied zwischen Kontroll- und Experimentalgruppe im Vordergrund. Ziel ist es herauszufinden, ob die Schülerinnen und Schüler, die mit dem Selbstlernmaterial mit FaH arbeiten, einen höheren Lernerfolg erzielen und ob sich Verhaltenseinstellung und Interesse am Thema deutlich positiver verändern, als bei jenen, die mit dem Kontrollmaterial ohne FaH arbeiten.

Literaturverzeichnis

Dickhäuser, Andreas; Stachelscheid, Karin; Neumann, Jennifer (2013): Chemiespezifischer Humor. Nutzen für die Unterrichtspraxis. In: *MNU* (66/8), S. 480–484.

Giest, Hartmut (2016): Gesundheitsbildung im Sachunterricht. Warum reicht Gesundheitserziehung nicht aus? In: *Grundschulunterricht - Sachunterricht* (2), S. 4–8.

Kassner, Dieter (2002): Humor im Unterricht. Bedeutung - Einfluss - Wirkungen; können schulische Leistungen und berufliche Qualifikationen durch pädagogischen Humor verbessert werden? Zugl.: Tübingen, Univ., Diss., 2002. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

Kostler, Arthur (1964): The Act of Creation. New York: Penguin.

Ruch, Willibald (2013): Assessment of appreciation of humor: Studies with the 3WD humor test. In: Charles D. Spielberger und James N. Butcher (Hg.): Advances in Personality Assessment. Volume 9. Hoboken: Taylor and Francis (Advances in Personality Assessment Series), S. 27–75.

Marc Müller Bergische Universität Wuppertal

Die Idee von der Abschaffung der Kluft
Kritik einer fachdidaktischen Metapher des Lehrens und Lernens

In der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik ist gelegentlich die Rede von der *Kluft zwischen Lebenswelt und Fachwissenschaft*, die es im Interesse der Lernenden zu überbrücken gilt. Es handelt sich dabei um eine Metapher des Lehrens und Lernens, an deren jeweiliger Lesart sich fachdidaktische Forschungsrichtungen unterscheiden lassen (für weitere Metaphern in Wissenschaft und Unterricht vgl. bspw. Kasper, 2010 u. Marsch, 2009). Insbesondere haben die jeweiligen Strategien im Umgang mit der Kluft programmatischen Charakter. Ziel dieser Arbeit (vgl. Müller, 2017) ist ein neuer Vorschlag zur Überwindung der Kluft, der auf phänomenologischen Überlegungen beruht und die Kluft, anstatt auf einen Brückenbau zu zielen, zum Verschwinden bringt.

Besonders häufig benutzt Martin Wagenschein die angesprochene Metapher. In der *Pädagogischen Dimension der Physik* schreibt er beispielsweise, es handle sich um eine „Kluft zwischen Schulphysik und Kind, die […] weder durch die Natur der Physik noch die des Kindes gerechtfertigt ist, sondern wohl mehr ein historisches Unglück genannt werden kann.“ (Wagenschein, 1995, S. 109). Gemeint ist ein metaphorischer Graben, der die Lebenswelt der Lernenden von der wissenschaftlichen Welt der Experten trennt, dadurch den Zugang zu den Fachinhalten erschwert und den es daher zu überwinden gilt. Um handlungsleitend zu werden, muss die Metapher allerdings noch ausgeschärft werden. Denn sie formuliert zwar einen fachdidaktischen Forschungsauftrag, ist aber gleichzeitig so vage, dass sie auf fast alle zeitgemäßen fachdidaktischen Bemühungen passt. Beispielsweise liegt sie auch dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion zugrunde, was sich besonders deutlich am zugehörigen fachdidaktischen Triplett zeigen lässt: „Erfassung von Schülerperspektiven“ und „Fachliche Klärung“, die beiden unteren Ecken des Fachdidaktischen Tripletts, bilden im Grunde die beiden Welten der Metapher von der Kluft ab; die dritte Ecke des Tripletts sichert als „Didaktische Strukturierung“ den metaphorischen Brückenbau, sodass der auf diese Weise rekonstruierte Unterrichtsgegenstand die Lebenswelt und die fachwissenschaftliche Welt umgreift (vgl. Kattmann et al., 1997). Gemäß dieser Ausschärfung der Metapher wird also nicht nur das Bestehen der Kluft für alle Beteiligte (Novizen, Vermittelnde und Experten) anerkannt, sondern auch der fachdidaktische Auftrag formuliert, *Brücken aufzuzeigen*.

Allerdings ist auch eine andere Ausschärfung der Metapher möglich. Anstatt die Kluft zu überbrücken, könnte auch versucht werden, sie *zu vermeiden*, sie vielleicht gar *zum Verschwinden zu bringen*. Mit dieser Idee geht die Vorstellung einher, dass die den Lernweg durchkreuzende Kluft aus fachwissenschaftlichen Besonderheiten resultiert (bspw. aus der Tendenz zum Reduktionismus), weshalb ihr zuallererst auf der Expertenebene zu begegnen ist. Entsprechend sollte die Arbeit der Experten auf eine alternative Weise so besorgt werden, dass sich die Kluft gar nicht erst auftut – für die Experten nicht, für die Vermittelnden nicht und auch nicht für die Novizen. Beide Herausforderungen, sowohl die Idee der Vermeidung der Kluft als auch das Moment der Kritik an den Fachwissenschaften, erinnern nicht ohne Grund an methodische Überlegungen phänomenologisch orientierter Fachdidaktik. So wünscht sich Wagenschein explizit, dass so vorzugehen sei, „dass diese Kluft […] *gar nicht erst entsteht*“ (Wagenschein, 1995, S. 109 – Hervorhebung im Original). Und Østergaard, Dahlin & Hugo halten in ihrem Überblicksartikel zur aktuellen phänomenologischen Forschung in den Naturwissenschaftsdidaktiken gerade die Überwindung der

Kluft für den Kern phänomenologischer Kritik: „the common core of phenomenological critiques of mainstream science education" (Østergaard et al., 2008, S. 112). Das zentrale Anliegen, so könnte das Programm phänomenologischer Naturwissenschaftsdidaktik zusammengefasst werden, besteht darin, einen lückenlosen Weg zwischen der einen und der anderen Seite anzugeben. Zugegeben, auch bei Østergaard et al. wird wie schon bei Wagenschein ausdrücklich eine Überbrückung der Kluft angestrebt: „The general and prevalent concern for almost all of the studies reviewed is the question of how to help students bridge the gap […] between the lifeworld and the 'science world'." (ebd.) Allerdings, so wird im Folgenden argumentiert, stellen sich die phänomenologischen Überlegungen insgesamt deutlich fruchtbarer dar, wenn die oben angesprochenen Herausforderungen ernst genommen und im Sinne der zweiten Ausschärfung der Metapher gelesen werden, wenn aus „to bridge the gap" ein „to prevent the gap" wird.

Innerhalb der deutschsprachigen phänomenologisch orientierten Fachdidaktik lassen sich grob zwei Traditionslinien unterscheiden. In der einen wird sich verstärkt auf die fachdidaktischen Arbeiten Wagenscheins bezogen, in der anderen verstärkt auf die naturwissenschaftlichen Arbeiten Goethes sowie auf Unterrichtsvorschläge aus der Waldorfpädagogik. Eine Durchsicht der Beiträge zeigt, dass sich die Protagonisten weniger damit beschäftigen, einen Weg zur Überwindung der Kluft *im Ganzen* aufzuzeigen, sondern sich auf zwei verschiedene Einzelaspekte des langen Weges konzentrieren (vgl. dafür Müller, 2017). Die Beiträge der Wagenschein-Tradition zeigen ein besonderes Interesse für die Spiele Heranwachsender, mittels welcher diese die Natur kennenlernen, und entwickeln Unterrichtskonzepte, die von der Lebenswelt her in Richtung der Fachwissenschaft weisen. Sie liefern unzählige Beispiele für erste Variationen (Vereinfachung, Steigerung etc.) der Naturerscheinungen. So wird im phänomenologischen Unterricht des Spiegelraumkonzeptes viel Zeit auf das Kennenlernen des im Spiegel Gesehenen verwendet, wobei die Möglichkeiten des Umgangs mit Spiegeln erweitert werden (vgl. Schön, 1994): Wo befinden sich die Spiegelobjekte? Wie verlaufen Schattengrenzen? Wie lassen sich Entfernungen im Spiegel messen? Die Beiträge der Goethe-Tradition wiederum zeigen ein besonderes Interesse für die Bedingungen, unter denen Naturphänomene erscheinen, und beschäftigen sich mit Gegenständen, die zwischen Lebenswelt und Fachwissenschaft liegen. Sie versuchen ausgehend von Variationen bzw. *Vermannigfaltigungen* die Erscheinungsbedingungen des fraglichen Naturphänomens zu verstehen. Mit Vermannigfaltigung ist nicht nur eine Vervielfältigung gemeint, sondern es geht darum, „das Nächste ans Nächste zu reihen", um entfernt voneinander Stehendes, miteinander zu verknüpfen (Goethe, 2006, 330). So wird bei der Untersuchung des Regenbogens zuerst danach gefragt, was in den fallenden und farbig aufleuchtenden Regentropfen eigentlich zu sehen ist, anstatt zu einer Untersuchung von Lichtwegen vorzuspringen (vgl. Müller & Grebe-Ellis, 2007). Vor dem Hintergrund dieser Unterscheidung in zwei Traditionslinien lässt sich außerdem eine dritte Sorte von Arbeiten identifizieren, die von anderen phänomenologischen Arbeiten ausgehend Übergänge von verstandenen Erscheinungsbedingungen her zur wissenschaftlichen Welt entwickeln (bspw. Grebe-Ellis, 2005; Quick, 2015; Rang, 2015). In der Gesamtschau der beiden Traditionslinien sowie der dritten Sorte von verallgemeinernden Arbeiten ergibt sich schließlich ein aus mehreren Schritten bestehender methodischer Gang, der, wie oben angesprochen, nicht nur eine Überwindung der Kluft erlaubt, sondern sie sogar zum Verschwinden bringen kann. Dieser phänomenologische Vierschritt ist in Abb. 1 wiedergegeben (vgl. Müller, 2017).

Die Besonderheit des durch den phänomenologischen Vierschritt beschriebenen Vorgehens liegt im Bereich zwischen dem ersten und dritten Schritt. Dasjenige, was ausgehend von den sorgfältigen Beschreibungen der Erscheinungen durch die Vermannigfaltigungen neu in Erfahrung gebracht wird, sind *Praktiken im Umgang mit dem fraglichen Phänomen* (vgl.

ebd.). Denn die Vermannigfaltigung der Naturerscheinungen geht mit einer enormen Vermehrung von Praktiken einher, Praktiken, die oft nicht nur ausprobiert, sondern oft überhaupt erst angeeignet – gefunden und erfunden – werden müssen. Mit dem praxeologischen Blick, den Ludwig Wittgenstein im Metier der Sprachphilosophie entwickelt hat (Wittgenstein, 2001; Kogge, 2017), lassen sich diese besonderen Praktiken als *Naturspiele* beschreiben (siehe Müller, 2017). Naturspiele vermitteln zwischen den lebensweltlich-alltäglichen und den elaborierten Praktiken der Fachwissenschaften. Sie füllen die Kluft auf. Bei ihnen handelt es sich um exakt solche Praktiken, die in den historischen Phasen der Naturwissenschaften durch die Arbeitsweise des *explorativen Experimentierens* in Erfahrung gebracht wurden (vgl. Steinle, 2005). Explorative Experimente finden sich typischerweise in solchen Situationen, „bei denen auf fundamentaler begrifflicher Ebene Unsicherheit besteht, bei denen also, durch welche Umstände auch immer, nicht nur spezielle Theorien, sondern etablierte Begriffssysteme, Denkformen und Darstellungsmittel in ihrer Verlässlichkeit erschüttert sind“ (ebd., 20). Sobald die fehlende Verlässlichkeit durch das explorative Experimentieren wieder hergestellt ist, nimmt die Neigung zum Explorieren wieder ab, und damit auch die Bereitschaft zur Betrachtung von Naturspielen. Teile der aufgefundenen Vielfalt werden nach und nach vergessen, zwischen Lebenswelt und abstrakter Wissenschaft beginnt sich eine Kluft aufzutun.

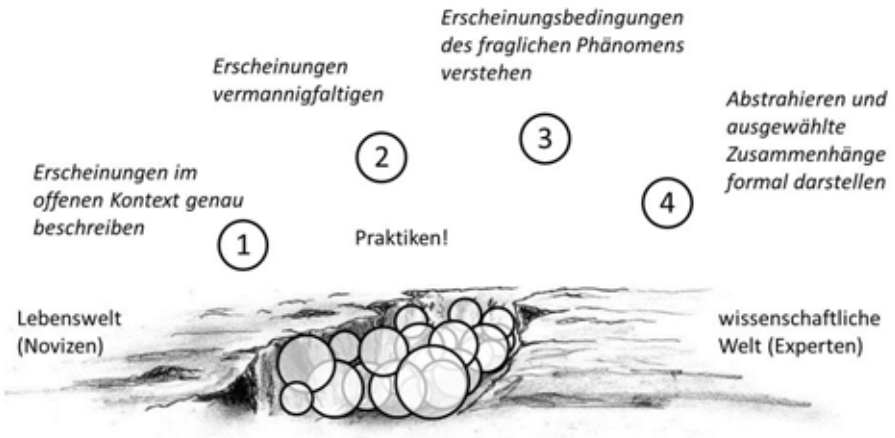


Abb.1: Der phänomenologische Vierschritt zur Überwindung der metaphorischen Kluft zwischen Lebenswelt und Fachwissenschaft (Müller, 2017).

Mit dem phänomenologischen Vorgehen, insbesondere mit der damit einhergehenden Vermannigfaltigung von Naturerscheinungen wird die Arbeit der Experten also gar nicht auf alternative Weise besorgt. Sie wird stattdessen in weiten Teilen nachgeholt oder wieder hervorgeholt. In diesem Sinne ist diese Methode dann auch kritisch. Dabei erfüllen die hier als Naturspiele eingeführten Praktiken eine besondere Rolle. Mit ihnen lässt sich die Kluft zwischen Lebenswelt und Naturwissenschaft auffüllen und zum Verschwinden bringen. Der lückenlose Weg zwischen der einen und der anderen Seite, den aufzuzeigen der phänomenologischen Fachdidaktik zentrales Anliegen ist, führt weder auf steilen Pfaden hinab auf den Grund der metaphorischen Schlucht, noch auf künstlichen Brücken über sie hinweg, sondern, ohne dabei überhaupt das Höhenniveau zu verlassen, geradewegs durch sie hindurch. Dasjenige, was dabei den Tritten ihren Halt gibt, sind die Naturspiele.

Literatur

Goethe, J.W. (2006). Kautelen des Beobachters. In K. Richter [Hrsg.], Sämtliche Werke nach Epochen seines Schaffens, Münchner Ausgabe. München: Btb Verlag

Grebe-Ellis, J. (2005). Grundzüge einer Phänomenologie der Polarisation. Entwicklung einer phänomenologischen Beschreibung der Polarisation als Grundlage für Curricula zur Polarisation in Schule und Hochschule. Berlin: Logos-Verlag

Kasper, L. (2010). Metaphern der Physik – eine fachdidaktische Reflexion. In K. Hentschel [Hrsg.], Analogien in Naturwissenschaften, Medizin und Technik. Acta Historica Leopoldina Bd. 56, 91-119.

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 (ZfDN), 3(3), 3–18

Kogge, W. (2017). Experimentelle Begriffsforschung. Philosophische Interventionen am Beispiel von Code, Information und Skript in der Molekularbiologie. Mit einer Abhandlung zu Wissenschaftstheorie nach Wittgenstein. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft

Marsch, S. (2009). Metaphern des Lehrens und Lernens - Vom Denken, Reden und Handeln bei Biologielehrern. (http://www.diss.fu-berlin.de/diss/receive/FUDISS_thesis_000000013588 Dissertations-server FU Berlin 11.10.2017)

Müller, M. & Grebe-Ellis, J. (2007). Spiegelbilder der Sonne im Tropfen. Zur Phänomenologie des Regenbogens. In V. Nordmeier, & A. Oberländer [Hrsg.], Didaktik der Physik. Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG 2007 in Regensburg. Berlin: Lehmans Media

Müller, M. (2017). Grammatik der Natur. Von Wittgenstein Naturphänomene verstehen lernen. Berlin: Logos Verlag (http://doi.org/10.5281/zenodo.343889)

Østergaard, E., Dahlin, B., & Hugo, A. (2008). Doing phenomenology in science education: a research review. Studies in Science Education, 44(2), 93–121

Quick, T. (2015): Phänomenologie der optischen Hebung. Berlin: Logos Verlag

Rang, M. (2015). Phänomenologie komplementärer Spektren. Berlin: Logos Verlag

Schön, L.-H. (1994). Ein Blick in den Spiegel. Von der Wahrnehmung zur Physik. Physik in der Schule, 32(1), 2–5

Steinle, F. (2005). Explorative Experimente. Ampère, Faraday und die Ursprünge der Elektrodynamik. Stuttgart: Steiner

Wagenschein, M. (1995). Die Pädagogische Dimension der Physik. Aachen-Hahn: Hahner Verl.-Ges.

Wittgenstein, L. (2001). Philosophische Untersuchungen. Kritisch-genetische Edition. J. Schulte [Hrsg.]. Frankfurt am Main: Suhrkamp

Franziska Kehne Universität Paderborn
Sabine Fechner

Der Einfluss kontextualisierter Lernumgebungen auf die Transferfähigkeit

Motivation des Projektes

Studien zeigen, dass Lernende Schwierigkeiten bei der Übertragung kontextualisiert erworbenen Wissens auf unbekannte Kontexte haben (Dori & Sasson, 2013; Gilbert, Bulte & Pilot, 2011; King, Bellocchi & Ritchie, 2008). Renkl und Kollegen (1996) sprechen hier von der Aneignung sogenannten *trägen Wissens*. Die daraus resultierenden mangelnden Transferleistungen der Lernenden sind bislang in Bezug auf ihre mögliche Förderung beim kontextualisierten Lernen im Chemieunterricht kaum erforscht. Einen ersten Hinweis für Instruktionen im Lernprozess liefern Podschuweit und Bernholt (2017), welche die Effektivität von Gestaltungsmerkmalen von Kontexten in Bezug auf die Transferleistung untersuchen. Die vorliegende Studie soll folgernd einen weiteren Beitrag zur Aufklärung der Wirkung kontextualisierter Lernumgebungen auf die Transferfähigkeit der Lernenden leisten.

Theoretischer Rahmen

Die Transferforschung blickt auf eine lange Tradition zurück (Thorndike & Woodworth 1901, Hatano & Greeno, 1999; Lobato, 2006). Damit einher gehen viele verschiedene Blickwinkel auf den Transferprozess. Folglich wird zunächst der Transferprozess in kontextualisierten Lernumgebungen im Chemieunterricht charakterisiert, um den theoretischen Rahmen für diese Studie zu definieren. Allgemein wird unter einer Transferleistung die Übertragung von Wissen auf unbekannte Kontexte verstanden (Ellis, 1965; Dori & Sasson, 2013). Dabei wird der Kontext, auf den das Wissen übertragen werden soll, als Zieldomäne (Transferkontext) und die, den Lernprozess initiierenden Kontexte als Quelldomäne (Lernkontexte) bezeichnet. Gick und Holyack (1983) haben bereits gezeigt, dass der Erfolg der Übertragung von der Erkennung einer gemeinsamen Grundstruktur innerhalb der Domänen abhängt. In dieser Studie stellt das Donator-Akzeptor Prinzip, als das zugrundeliegende Konzept der Inhaltsbereiche *Säuren und Basen* sowie *Redoxreaktion*, den Transfergegenstand dar. Die instruktionale Konsequenz in kontextualisierten Ansätzen besteht darin, das chemische Wissen aus den Lernkontexten explizit herauszulösen (Dekontextualisierung) und anschließend in unbekannten Kontexten (Rekontextualisierung) anzuwenden. Diese Strategie fördere dekontextualisiertes Wissen als Basis für den Transferprozess (Parchmann, Demuth, Ralle, Paschmann, and Huntemann, 2001). Im Gegensatz dazu suggeriert van Oers (1998), dass ein Konzept aus seiner kontextspezifischen Gebundenheit herausgelöst werden kann, indem es in multiplen Kontexten angewendet wird (implizite Dekontextualisierung). Analogiebildungen zu den Lernkontexten kann hier ein Instruktionsansatz sein. Studien zum Lerntransfer zeigen auf, dass Analogien einen Prädiktor für eine hohe Transferfähigkeit darstellen (Gick & Holyack, 1983; Kurtz & Loewenstein, 2007; Klauer, 2010). Zusammenfassend kann formuliert werden, dass der Transferprozess in kontextualisierten Lernumgebungen durch die Prozesse der De- (implizit, explizit) und Rekontextualisierung charakterisiert werden kann. Jedoch zeigen sich bislang nur vereinzelte empirischen Evidenzen für den optimalen Transferprozess (z.B. Podschuweit & Bernholt, 2017). Konsequenterweise werden folgende Forschungsfragen formuliert:

- Inwieweit beeinflusst die Art der Dekontextualisierung die Transferfähigkeit der Lernenden?
- Inwieweit beeinflusst die Analogiebildung die Transferfähigkeit der Lernenden?

Stichprobe
Insgesamt kann auf eine Stichprobe von 193 Lernenden der achten Jahrgangsstufe von vier verschiedenen Gymnasien im Raum Paderborn zurückgegriffen werden (M_{Alter} = 13.27, SD = 0.58). Für die, in nächsten Abschnitt näher erläuterte, Videoanalyse stehen 53 Paare zur Verfügung.

Design und Methoden
Um die dargestellten Forschungsfragen beantworten zu können, wurde eine Interventionsstudie durchgeführt. Die Intervention erstreckt sich über vier Lerneinheiten, welche thematisch in den Bereichen *Säuren und Basen* und *Redoxreaktionen* einzuordnen sind. Hierbei wurde zwischen drei verschiedenen Lernumgebungen differenziert, die sich in der Art der Dekontextualisierung (implizit, explizit) voneinander unterscheiden. Die unterschiedlichen Treatments werden als KONTEXT-, KONZEPT- und FACHWISSEN-Gruppe betitelt. Die KONTEXT-Gruppe arbeitet in allen vier Lerneinheiten ausschließlich in kontextualisierten Lernumgebungen und wird instruiert, die Gemeinsamkeiten der verschiedenen Kontexte durch Analogiebildung herauszuarbeiten. Die Lernenden werden somit zu einer impliziten Art der Dekontextualisierung angeregt. Im Gegensatz hierzu werden die Lernenden der KONZEPT-Gruppe instruiert das zugrundeliegende Konzept (Donator-Akzeptor Prinzip) aus den verschiedenen Kontexten herauszulösen und die Lernenden der FACHWISSEN-Gruppe das entsprechende Fachwissen aus dem vorherigen Kontext zu lösen. Folglich werden diese beiden Gruppen explizit zur Dekontextualisierung aufgefordet. Umgesetzt wird dies mit Hilfe von Experimentierboxen (u.a. Rumann, 2005) sowie modifizierten Lösungsbeispielen (u.a Kölbach and Sumfleth, 2013). Die Kontrolle der Intervention wird durch die Videografierung ausgewählter Paare, die Erhebung des situierten Interesses sowie der kognitiven Belastung nach jeder Lerneinheit, sichergestellt.
Eingebettet ist die Intervention methodisch in ein Prä-Post Testdesign. Der Prä-Test dient zur Einteilung der Lernenden in drei homogene Gruppen bezogen auf die folgenden Variablen: Kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000), Interesse und Motivation (Fraser, 1981; Rheinberg & Wendland, 2003; Fechner, 2009) und Fachwissen (Ropohl, 2010; Fechner, 2009; Harbach, 2013 & eigene Items).
Beim Posttest werden quantitative, wie auch qualitative Methoden der Datenerhebung und -auswertung genutzt, um den Transferprozess umfassend zu adressieren. Hierzu zählt ein selbst entwickelter und evaluierter schriftlicher Transfertest, sowie die Videografierung ausgewählter Paare bei der Bearbeitung eines Items aus dem vorangestellten Transfertest, um über den Kommunikationsprozess detailliertere Einblicke in den Transferprozess der Lernenden zu erhalten. Der schriftliche Transfertest differenziert zwischen naher und ferner Transferleistung. Die Differenzierung erfolgt durch die unterschiedlichen Ausprägungen der Ähnlichkeit beziehungsweise Unähnlichkeit zwischen dem Lern- und Transferkontexten (Kontinuum zwischen nah und fern, Barnett & Ceci, 2002). Der vorliegende Test bezieht sich bei der Beschreibung dieses Kontinuums auf das Merkmal der Interdisziplinarität nach Dori und Sasson (2013). Folgernd wird unter einer nahen Transferleistung die Übertragung des Donator-Akzeptor Prinzips auf Kontexte, welche dem gleichen Inhaltsbereich wie in den Lernkontexten (Säuren und Basen und Redoxreaktion) zuzuordnen sind und sich nur oberflächlich in der kontextualisierten Einbettung unterscheiden, verstanden. Ferne Transferleistungen zeichnen sich hingegen durch die Übertragung auf Kontexte aus, welche neuen Inhaltsbereichen (Sport, Wirtschaft) zuzuordnen sind.
Die anschließend erhobenen Prozessdaten (Videografierung) der Lernenden, bei der Bearbeitung eines nahen Transferitems aus dem schriftlichen Test, werden mit Hilfe eines Kategoriensystems ausgewertet, das methodisch an Seidel (2005) orientiert ist. Zur Analyse der Daten wird auf statistische Auswertungsmethoden, wie auch einer qualitativen zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2014) zurückgegriffen. Sowohl die Auswertung des

schriftlichen Transfertests, wie auch die Videoanalyse zeichnen sich durch eine gute Güte aus (Reliabilitäten, Interrater, Validierung).

Ergebnisse

Zunächst werden die quantitativ erhobenen Ergebnisse des schriftlichen Transfertests vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse in Bezug mit den gewonnenen Erkenntnissen aus den Prozessdaten gesetzt und ein abschließendes Fazit gezogen.

Die Analyse zeigt, dass sich die Lernenden der KONZEPT-Gruppe bezogen auf die ferne Transferleistung signifikant von den Lernenden der FACHWISSEN-Gruppe unterscheiden ($F(2,190) = 2.99$, $p < .05$, $\eta^2 = .03$). Hingegen lässt sich bezogen auf die nahe Transferleistung nur deskriptiv ein leichter Vorteil für die KONTEXT-Gruppe gegenüber den anderen Gruppen zeigen. Daraus lässt sich folgern, dass die explizite Herauslösung des zugrundeliegenden Prinzips sich am effektivsten auf die Förderung der fernen Transferleistungen auswirkt. Zudem zeigt sich, dass je größer die Gemeinsamkeiten der Lern- und Transferkontexte sind (je kleiner die Interdisziplinarität), desto geringer ist der Einfluss der Art der Dekontextualisierung auf die Transferleistung. Bei der Fokussierung auf die Extremgruppe der kognitiv schwachen Lernenden (n = 63) zeigt sich ein entgegengesetztes Bild: Hier lässt sich statistisch ein Vorteil der Lernenden der KONTEXT-Gruppe gegenüber den Lernenden der FACHWISSEN-Gruppe in Bezug auf die nahe Transferleistung nachweisen ($F(1,62) = 4.13$, $p < .05$, $\eta^2 = .12$). Bezogen auf die ferne Transferleistung zeigen sich deskriptive Vorteile für die KONTEXT- und KONZEPT-Gruppe gegenüber der FACHWISSEN-Gruppe. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen sind keine Unterschiede in der Transferleistung bei der Betrachtung von kognitiv starken Lernenden zu erkennen (n = 65). Es kann somit gezeigt werden, dass das Lernen in multiplen Kontexten vor allem Lernende mit geringen kognitiven Fähigkeiten in ihrer nahen Transferfähigkeit fördert. Demgegenüber kann eine explizite Dekontextualisierung Lernende mit hohen kognitiven Fähigkeiten helfen, muss dies aber nicht.

Die Analyse der Prozessdaten verifiziert die quantitativ gewonnenen Ergebnisse und liefert zusätzliche Erkenntnisse bezogen auf den Transferprozess. Die zuvor nur deskriptiv sichtbaren Unterschiede der Treatments in Bezug auf die nahe Transferleistung kann mit Hilfe der Prozessdaten auch statistisch nachgewiesen werden. Es zeigt sich ein Vorteil für die KONTEXT-Gruppe gegenüber der FACHWISSEN-Gruppe ($z = 3.00$, $p <.05$, $r = .41$). Die Aussage wird durch eine positive signifikante Korrelation der Video- sowie schriftlichen Daten gestützt ($r_{Sp} = .42$, $p <.05$, $n_{Paare} = 53$). Folglich führt eine hohe Transferleistung im schriftlichen Test auch zu einer hohen Transferleistung gemessen in den Prozessdaten, wie auch umgekehrt. Somit findet eine gegenseitige Validierung der Testinstrumente statt. Als Prädiktor für eine hohe Transferleistung konnte zudem durch die Analyse der Prozessdaten die Qualität der Analogien zwischen den Lern- und Transferkontexten herausgestellt werden. Da statistisch kein Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Analogien und der Transferleistung dargestellt werden konnte, wurde weiterführend mit Hilfe der qualitativen zusammenfassenden Inhaltsanalyse die Qualität der kodierten Analogien näher untersucht. Es geht hervor, dass die Lernenden der KONTEXT-Gruppe in der Lage sind, neben Analogien auf Basis der oberflächlichen Kontextmerkmale auch strukturelle Analogien auf Teilchenebene zu äußern. Somit wirkt sich nicht die Häufigkeit der Analogien, sondern vielmehr die Qualität der gebildeten Analogien förderlich auf die Transferleistung aus.

Schlussfolgernd kann festgehalten werden, dass die Transferleistungen der Lernenden von den entsprechenden Instruktionen der kontextualisierten Lernumgebungen abhängen. Zusätzlich bieten sich Möglichkeiten individueller Differenzierungsmaßnahmen zur Förderung von Transferleistungen.

Literatur

Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. Psychological Bulletin, 128(4), 612–637.

Dori, Y. J., & Sasson, I. (2013). A three-attribute transfer skills framework – part I: Establishing the model and its relation to chemical education. Chemistry Education Research and Practice, 14(4), 363–375.

Ellis, H. C. (1965). The transfer of learning. New York: Macmillan.

Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education (Vol. 95). Berlin: Logos Verlag.

Fraser, B. J. (1981). TOSRA: Test of science-related attitudes. Handbook. Victoria: Australien Council for Educational Research Limited.

Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. Cognitive Psychology, 15(1), 1–38.

Gilbert, J. K., Bulte, A. M. W., & Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in context-based science education. International Journal of Science Education, 33(6), 817–837.

Hatano, G., & Greeno, J. G. (1999). Commentary: alternative perspectives on transfer and transfer studies. Educational Research, 31(7), 645–654.

Harbach, A. (2013). Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben (Vol. 159). Logos Verlag Berlin GmbH.

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

King, D., Bellocchi, A., & Ritchie, S. M. (2008). Making Connections: Learning and Teaching Chemistry in Context. Research in Science Education, 38(3), 365–384.

Klauer, K. J. (2010). Transfer des Lernens: Warum wir oft mehr lernen als gelehrt wird. Stuttgart: Kohlhammer.

Kurtz, K. J., & Loewenstein, J. (2007). Converging on a new role for analogy in problem solving and retrieval: When two problems are better than one. Memory & Cognition, 35(2), 334-341.

Kölbach, E., & Sumfleth, E. (2013). Analyse von Kontexteffekten beim Lernen mit Lösungsbeispielen im Fach Chemie. Zeitschrift für Didaktik der Natrwissenschaften, 19, 159–188.

Lobato, J. (2006). Alternative perspectives on the transfer of learning: History, issues, and challenges for future research. The Journal of the Learning Sciences, 15(4), 431–449.

Mayring, P. (2014). Qualitative Content Analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution, 1–144. Retrieved from SSOAR

Parchmann, I., Demuth, R., Ralle, B., Paschmann, A., & Huntemann, H. (2001). Chemie im Kontext: Begründung und Realisierung eines Lernens in sinnstiftenden Kontexten. Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule. (50), 2–7.

Podschuweit, S., Bernholt, S. (2017). Composition-effects of context-based learning opportunities on students‘ understanding of energy. Research in Science Education, 1-36.

Rheinberg, F., & Wendland, M. (2003). DFG-Projekt.“Veränderung der Lernmotivation in Mathematik und Physik: Eine Komponentenanalyse und der Einfluss elterlicher und schulischer Kontextfaktoren“. Itemübersicht zum Fragebogen PMI-M. Postdam (Universität Potsdam, Institut für Psychologie).

Renkl, A., Mandl, H., & Gruber, H. (1996). Inert knowledge: Analyses and Remedies. Educational Psychologist, 31(2), 115–121.

Ropohl, M. (2010). Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. Entwicklung und Analyse von Testaufgaben (Vol. 107). Berlin: Logos.

Rumann, S. (2005). Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht- Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base Thematik (Vol. 45). Berlin: Logos Verlag.

Seidel, T. (2005). Video analysis strategies of the IPN Video Study: a methodological overview. In T. Seidel, M. Prenzel, & M. Kobarg (Eds.), How to run a video study. Technical report of the IPN video study. Münster: Waxmann.

Thorndike, E. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. Psychological review, 8, 247–261.

van Oers, B. (1998). From context to contextualizing. Learning and Instruction, 8(6), 473–488.

Susanne Digel
Jochen Scheid
Alexander Kauertz
Universität Koblenz-Landau

Modellieren beim Problemlösen – Untersuchung prozeduraler Kompetenz

In kontextualisierten Problemlöseprozessen ist naturwissenschaftliche Modellierungskompetenz vor allem für die erste und entscheidende Hürde bedeutsam, für die Erstellung eines adäquaten Situationsmodells. Aus der bisherigen Forschung zu naturwissenschaftlichem Modellieren sind geeignete Instrumente zur Erfassung deklarativer und metakognitiver Modellierungskompetenz hervorgegangen, jedoch wurde der prozedurale Aspekt bisher jedoch nicht sehr ausführlich beleuchtet. Dieser Forschungslücke wurde mit der Entwicklung und empirischen Prüfung eines Modells prozeduraler Modellierungskompetenz mit den Dimensionen Anwenden, Bewerten und Entwickeln, begegnet. Zugehörige Testinstrumente wurden für die Domänen Optik und Kinematik konstruiert. In der Pilotierung (Klassen 9-13, N=82) zeigten beide Tests gute Reliabilitäten (EAP/PV Optik/Kinematik: 0.80/0.91) und akzeptable Itemfit-Werte. IRT-Modellvergleiche deuten auf drei Dimensionen (für Optik und Kinematik). Die Ergebnisse bestätigen sich in der Hauptstudie.

Naturwissenschaftliche Modellierungskompetenz

Leisner-Bodenthin (2006) beschreibt naturwissenschaftliche Modellierungskompetenz als: metakognitives Wissen (Verständnis von Modellen und Modellieren), deklaratives Modellwissen (domänenspezifisches Wissen über Modelle und deren Charakteristika, ähnlich physikalischem Konzeptwissen) und prozedurale Modellierungskompetenz (Fähigkeit, Modelle zur Problemlösung einzusetzen). Der metakognitive Aspekt findet sich im „Views on Models and Modelling“ (Treagust, Chittleborough & Mamiala, 2004). Das deklarative Modellwissen wurde über Konzeptwissen und Modellcharakteristika erfasst. Zur prozeduralen Modellkompetenz wurde normativ ein Kompetenzmodell hergeleitet und dazu ein Erhebungsinstrument entwickelt.

Nach Jong, Chiu und Chung (2015) handelt es sich beim naturwissenschaftlichen Modellieren um einen „Prozess, bei dem Naturwissenschaftler und Schüler mentale Modelle generieren, konstruieren, überprüfen und ausbauen, die es ihnen erlauben Probleme zu lösen und naturwissenschaftliches Wissen zu konzeptualisieren“ (ebd., S. 987). In der Definition sind drei unterschiedliche Aspekte enthalten, die Modellanwendung (A), die Modellbewertung (B) und die Modellentwicklung (E). Diese finden sich (siehe Tab. 1) auch in den von Justi und Gilbert (2002) beschriebenen Herangehensweisen beim Modellieren-Lernen und den Modellierungskategorien von Halloun (2007) .

Tabelle 1: Dimensionen von Modellierungskompetenz

	Justi und Gilbert (2002)	*Halloun (2007)*
Anwenden	Etablierte Modelle kennenlernen Modelle im Kontext anwenden	Modelleinsatz (Situationsanalyse, Anwendung)
Bewerten	Modelle bewerten	Modelleinsatz (Modellwahl) begleitende Evaluation
Entwickeln	Modelle rekonstruieren Modelle „de novo“ konstruieren	Modellentwicklung

Sie bilden die drei Dimensionen des hier vorgestellten Kompetenzmodells (s. Abb. 1).
Die ersten beiden Dimensionen sind durch die Aspekte Situationsanalyse und Modellanwendung, sowie Modellwahl und Modellbewertung bereits charakterisiert.

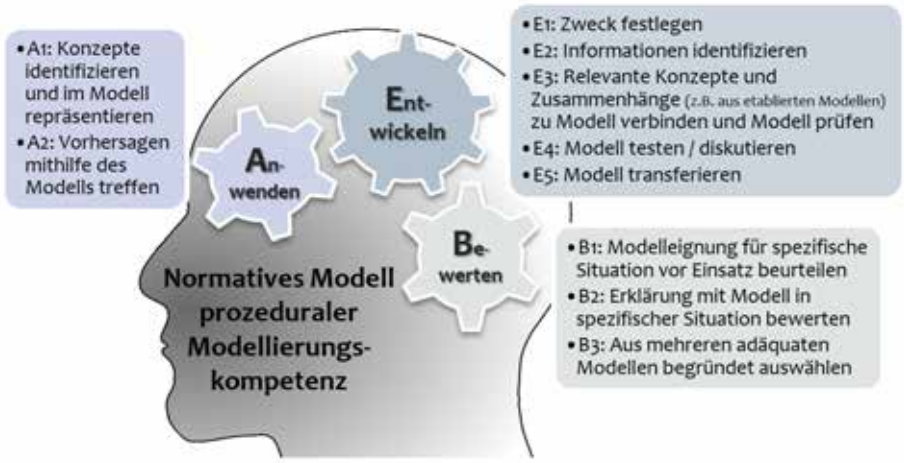


Abbildung 1: prozedurale Modellierungskompetenz

Die Differenzierung der Dimension Entwickeln (E) wurde aus der von Halloun (1996, 2006) und Hestenes (1996, 2010) beschriebenen Modellierungssequenz, aus dem Framework ‚model of modelling' von Justi und Gilbert (2002) und aus den Charakteristika von Modellierungskompetenz von Wang und Barrow (2011) abgeleitet (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Modellierungsphasen

	Justi und Gilbert (2002)	*Halloun (1996, 2006) und Hestenes (1996, 2010)*	*Wang und Barrow (2011)*
E1	Zweck festlegen	Zweck des Modells festlegen	Problem analysieren
E2	Systembeobachtung, structure mapping	Komponenten des Systems identifizieren, beschreiben	Bedingungen und Aussagen erkennen
E3	Modellquelle wählen, Modell (re)konstruieren	Modell konstruieren, Modellkonsistenz prüfen	Modell generieren/anpassen Überprüfung (Konsistenz)
E4	Modellprüfung in Situation	Modell zur Problemlösung nutzen	Überprüfung (Modelleignung)
E5	Modelleinsatz/-grenzen betrachten	Modell auf andere Situation übertragen	Überprüfung (Alternativen) Modellierung überwachen

Methode und Studiendesign

Auf Basis des oben vorgeschlagenen Kompetenzmodells wurde der Test zur **Pro**zeduralen **Mo**dellierungskompetenz für **K**inematik (ProMo-K) konstruiert. Die Items zu A und B bestehen aus two-tier multiple-choice/open-answer Aufgaben. Im Bereich E wird eine Modellierung in den fünf Phasen (E1-E5) kategorienbasiert ausgewertet. Die Phasen werden zusätzlich mit 14 Items im two-tier multiple-choice Format einzeln erfasst. Zur Validierung wurde ein zu den Inhalten des ProMo-K passender Konzeptwissenstest konstruiert. Dazu wurden Items aus dem AAAS Science Assessment (AAAS Project 2061) und dem Rotational and Rolling Motion Conceptual Survey (Rimoldini & Singh, 2005) ausgewählt und mit eigenentwickelten Items kombiniert. Die Pilotierung des Konzeptwissenstests (Klasse 9-13, N=105) ergab eine zufriedenstellende Reliabilität (2-Dim.-1PL EAP/PV-Rel. = 0.74 0.75) (Danner 2015). Die gemeinsame Skala der etablierten und eigenentwickelten Items spricht für die Validität des Tests. Die Effekte von kognitiven Fähigkeiten, Lesekompetenz, Interesse, Motivation, Selbstwirksamkeit und Selbstkonzept wurden kontrolliert.

Ergebnisse für Kinematik

Expertenratings bestätigten die Zuordnung der Aufgaben zu den drei Dimensionen Anwenden, Bewerten, Entwickeln (n=3, Fleiss'κ=0.7, Falotico & Quatto, 2015). Die Hauptstudie (Gymnasium, Klasse 9-13, N(Kin)=724, N(Opt)=115) wurde bisher in Teilen ausgewertet. Zur empirischen Prüfung des Kompetenzmodells in Kinematik wurde eine Substichprobe (Klasse 10-12, N = 220, Alter 15-20) betrachtet. Der Modellierungstest lieferte eine gute Reliabilität (EAP/PV-Rel. = 0.95) (Danner 2015) und akzeptable Itemfit-Werte. Das dreidimensionale 1PL-Modell (s. Kompetenzmodell) passte am besten zu den Daten (AIC, BIC, Deviance), wobei die Modellvergleiche signifikant waren (chi-square-test for deviances, Wu, Adams, Wilson & Haldane, 2007).

In der rechts abgebildeten Wright Map sind in den Dimensionen Anwenden (rot), Bewerten (blau) und Entwickeln (grün) die Personenfähigkeiten neben den Itemschwierigkeiten dargestellt. Dabei zeigen sich ähnliche Verteilungen der Personenfähigkeiten in allen drei Dimensionen, mit sehr breitem Spektrum für Bewerten. Bei der Verteilung der Itemschwierigkeiten fällt hingegen auf, dass im mittleren und oberen Fähigkeitsbereich die Items gut verteilt sind, sich aber unterhalb einer Standardabweichung unter dem Mittelwert lediglich im Bereich Entwickeln Items finden.

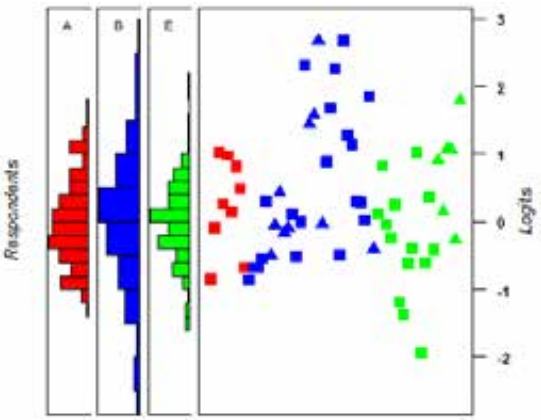


Abbildung 2: Wright Map des 3Dim-1PL-Modells

Der überarbeitete Konzeptwissenstest lieferte nun gute Reliabilität (EAP/PV-Rel. = 0.81). ProMo-K korrelierte mittel-stark mit dem Konzepttest (r=0.42, p<0.001, genauer: Anwenden r=0.50, p<0.01, Bewerten 0.40, p<0.01, Entwickeln, r=0.41, p<0.01) (Cohen, 1992).

Diskussion

Die Wright Map zeigt, dass der Test ProMo-K im mittleren und oberen Fähigkeitsbereich der Probanden gut trennt, aber im unteren Bereich in den Skalen Anwenden und Bewerten nicht zufriedenstellend auflöst. Nach weiteren Analysen zu schwierigkeitserzeugenden Merkmalen der Aufgaben dieser Bereiche lässt sich besser entscheiden, ob es sich dabei möglicherweise um eine Fähigkeitsschwelle handelt, unterhalb derer die Skalen Anwenden und Bewerten nicht erfassbar sind. Die Ergebnisse sprechen für ein empirisch (konfirmatorisch) geprüftes Kompetenzmodell für prozedurale Modellierungskompetenz. Die mittel-starken Korrelationen mit den zugehörigen Konzeptwissenstests über alle drei Skalen sprechen zum einen für eine physikspezifische Kompetenz und zeigen zum anderen, dass Modellierungskompetenz eine separierbare Fähigkeit in Physik darstellt.

Ausblick

Die Frage, inwieweit sich diese drei Skalen von deklarativem und metakognitivem Modellwissen abgrenzen lassen, wird zurzeit mithilfe der miterhobenen Daten analysiert. Ferner sollen Analysen zur Struktur des Kompetenzmodells Hinweise zur Entwicklung der einzelnen Kompetenzaspekte liefern. Basis hierfür ist der Kriterienkatalog zu Relationen eines Kompetenzmodells nach Einhaus (2007), modifiziert nach Kulgemeyer (2010).Zusammen mit der empirischen Schwierigkeit der Aufgaben können diese als Basis für eine Modellierung von hierarchischen Stufen der Kompetenzausprägung innerhalb des vorgeschlagenen Kompetenzmodells dienen.

Literatur

AAAS Project 2061. *Pilot and field test data collected between 2006 and 2010* (Unpublished raw data).

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin, 112* (1), 155. Verfügbar unter http://psycnet.apa.org/journals/bul/112/1/155.pdf

Danner, D. (2015). Reliabilität - die Genauigkeit einer Messung (GESIS - Leibniz Institute for the Social Sciences, Hrsg.).

Einhaus, E. A. (2007). *Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre. Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 63). Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2007. Berlin: Logos-Verl.

Falotico, R. & Quatto, P. (2015). Fleiss' kappa statistic without paradoxes. *Quality & Quantity, 49* (2), 463-470. Verfügbar unter https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11135-014-0003-1.pdf

Halloun, I. (1996). Schematic modeling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching, 33* (9), 1019-1041. Verfügbar unter http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1098-2736(199611)33:9<1019::AID-TEA4>3.0.CO;2-I/pdf

Halloun, I. (2006). *Modeling Theory in Science Education* (Science & technology education library, Bd. 24). Dordrecht: Springer.

Halloun, I. (2007). Mediated Modeling in Science Education. *Science & Education, 16* (7-8), 653-697.

Hestenes, D. (1996). Modeling methodology for physics teachers. In J. S. Rigden & E. F. Redish (Hrsg.), *The changing role of physics departments in modern universities :. proceedings of International Conference on Undergraduate Physics Education* (S. 935-958).

Hestenes, D. (2010). *Modeling Theory for Math and Science Education:* Springer US (S. 13-41). Verfügbar unter http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-0561-1_3/fulltext.html

Jong, J.-P., Chiu, M.-H. & Chung, S.-L. (2015). The Use of Modeling-Based Text to Improve Students' Modeling Competencies. *Science Education, 99* (5), 986-1018.

Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education, 24* (4), 369-387.

Kulgemeyer, C. (2010). *Physikalische Kommunikationskompetenz: Modellierung und Diagnostik:* Logos. Verfügbar unter https://books.google.de/books?id=RprxGfMeQwEC

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

Rimoldini, L. G. & Singh, C. (2005). Student understanding of rotational and rolling motion concepts. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 1* (1).

Treagust, D. F., Chittleborough, G. D. & Mamiala, T. L. (2004). Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education, 34* (1), 1-20.

Wang, C.-Y. & Barrow, L. H. (2011). Characteristics and Levels of Sophistication. An Analysis of Chemistry Students' Ability to Think with Mental Models. *Research in Science Education, 41* (4), 561-586.

Wu, M. L., Adams, R., Wilson, M. R. & Haldane, S. A. (2007). ACER ConQuest. Generalized item response modeling software (version 2). *Camberwell, Australia: ACER Press, an imprint of Australian Council for Educational Research Ltd*.

Florian Gigl
Patrick Löffler
Eva Cauet
Alexander Kauertz

Universität Koblenz-Landau

Komplexe Problemlösefähigkeit von Lernenden in der Physik

Problemlösen im Physikunterricht

Problemlösen (PL) in außerschulischen Situationen wird als zentrales Anwendungsfeld des im Unterricht erworbenen physikalischen Fachwissens angesehen (Reinhold, Lind & Friege, 1999). In alltäglichen Problemsituationen sollen Lernende so agieren können, dass sie ohne zur Verfügung stehende Routinemethoden unter Einsatz von Fachwissen und Heuristiken einen gewünschten Zielzustand erreichen können (Klieme, Funke, Leutner, Reimann & Wirth, 2001).

Zoller (2003) bezeichnet die Vermittlung von Problemlösekompetenz und deren Teilkompetenzen als Primärziel von naturwissenschaftlichem Unterricht. Durch Einführung der Bildungsstandards in Deutschland sollen im Physikunterricht Inhalte und Methoden für „für das Fach typische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme“ in vier Kompetenzbereichen vermittelt werden (Kultusministerkonferenz, 2004, S. 6).

Im Physikunterricht werden zur Vermittlung solcher Fähigkeiten verschiedene Methoden verwendet, wie etwa textgebundene Aufgaben oder Experimente. Textgebundene Aufgaben (z. B. „Übungsaufgaben“, „Transferaufgaben“; Reinhold et al., 1999, S. 41) erfordern von Lernenden das Anwenden von Fachwissen auf andere Kontexte und werden typischerweise nach der Erarbeitung neuer Fachinhalte eingesetzt (Kauertz & Fischer, 2010; Reinhold et al., 1999). Experimente werden insbesondere zur Förderung von Fähigkeiten aus den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung und Bewertung eingesetzt (Girwidz, 2010). Wesentliche Teilprozesse sind das theoriebasierte Generieren von Hypothesen und das Überprüfen dieser am experimentellen Aufbau durch gezieltes Eingreifen (Höttecke & Rieß, 2015; Klahr & Dunbar, 1988). Hammann, Phan und Bayrhuber (2008), sowie Hopf (2007) zeigen zudem, dass sich Methoden des hypothesengeleiteten Experimentierens auch als Strategien zum Problemlösen eignen.

Im Rahmen der Bildungsstandards soll der Erfolg solcher Lerngelegenheiten mithilfe von Vergleichsstudien zu fachspezifischen Fähigkeiten zur Evaluation und Entwicklung von Schulunterricht genutzt werden (Kultusministerkonferenz & IQB, 2010). Diese werden auf internationaler Ebene um Schulleistungsstudien wie PISA oder TIMSS ergänzt (Leutner, Funke, Klieme & Wirth, 2005). Die hier überprüften Kompetenzen sind jedoch nicht mehr curricular verankert. Stattdessen wird bei der Operationalisierung von Problemlösefähigkeit im Rahmen von PISA von „normativen Vorstellungen einer breiten mathematisch-naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung“ (Klieme et al., 2001, S. 180) ausgegangen, was die Frage nach der Passung von erhobener Problemlösefähigkeit und curricular verankerten Kompetenzzielen aufwirft.

Bei der Erhebung von Problemlösefähigkeit in PISA geht man von einem domänenübergreifenden Konstrukt aus, von dem man annimmt, dass es von domänenspezifischem Wissen trennbar ist (Klieme et al., 2001; Leutner, Fleischer, Wirth, Greiff & Funke, 2012; Mullis & Martin, 2011). Mit Hinweis auf die Relevanz für außerschulische Anwendungssituationen wird Problemlösefähigkeit mithilfe interaktiver, „vorwissensneutraler“ (Greiff & Fischer,

2013, S. 38) Problemstellungen erhoben, die möglichst nah an lebenspraktische Kontexte angelehnt sind (Klieme et al., 2001). Diese *komplexen* Probleme (Greiff & Fischer, 2013) konfrontieren den Lernen mit einer unvollständigen Problemsituation. Um fehlende Informationen über das System zu erschließen, muss der Lernende mit der Problemsituation interagieren. Die vollständige Lösung des Problems erfordert dabei die Lösung elementarer Teilprobleme.

Trotz der curricularen und fachinhaltlichen Entkopplung sieht die Konzeption von PISA vor, dass die erhobenen Fähigkeiten vorrangig im Schulunterricht erworben werden sollen (Klieme et al., 2001). Unklar ist jedoch, inwiefern sich eine Verbindung zwischen fachgebundenen Lerngelegenheiten und Problemtypen aus Large-Scale-Assessments herstellen lässt. Um Hinweise auf diesen Zusammenhang zu bekommen wurde ein strukturell mit komplexen Problemstellungen aus PISA vergleichbares Testinstrument zur Erhebung von komplexer Problemlösefähigkeit in kontextualisierten physikalischen Problemstellungen (phCPS) entwickelt und erprobt.

Forschungsfragen

Zur Untersuchung der Validität des phCPS-Instruments werden folgende Fragestellungen untersucht:

- Welche Zusammenhänge zwischen externen Faktoren und domänenübergreifender komplexer Problemlösefähigkeit zeigt das Testinstrument für komplexe Problemlösefähigkeit in kontextualisierten physikalischen Problemstellungen?
- Welche Zusammenhänge zeigen sich beim Testinstrument für kontextualisierte physikalisch komplexe Problemlösefähigkeit zum domänenspezifischen Fachwissen?

Methode

Zur Erfassung von komplexer Problemlösefähigkeit in kontextualisierten physikalischen Problemstellungen wurde ein computerbasiertes Instrument kriteriengeleitet entwickelt: Analog zum MicroDYN-Instrument (Greiff & Fischer, 2013) wird von drei Phasen des Problemlöseprozesses ausgegangen, die in zwei Abschnitten ablaufen: In Abschnitt 1 soll ein kontextualisiertes (physikalisches) System – etwa am Beispiel einer Drohne - exploriert werden. Dazu sollen alle exogenen Variablen variiert und alle möglichen Systemzustände erzeugt werden. Gefundene Zusammenhänge sollen in einer möglichst generischen (physikalischen) Concept-Map wiedergegeben werden, zudem sollten passende physikalische Repräsentationen für die Situation aus einer Liste ausgewählt werden. Abschnitt 2 des phCPS-Instruments ist auf der fachlichen Ebene identisch zu Abschnitt 1, nutzt jedoch einen anderen Kontext – z.B. einen Taucher – zur Darstellung. Auf diesen Kontext sollen die gefundenen Zusammenhänge übertragen werden, und ein bestimmter Zustand (z.B. den Taucher durch das Verteilen von Gewichten austarieren) erreicht werden. Für alle Phasen wurden prozessbasierte Indikatoren abgeleitet und durch die Erhebungsumgebung (*ItemBuilder*, Rölke, 2012) automatisiert aufgenommen und bewertet. Zusammen mit dem erreichten Ergebnis der jeweiligen Phase werden diese in einem ersten Schritt durch die Bildung von Mittelwerten der 11-14 (je nach Item) z-standardisierten Indikatoren zur Bestimmung der Gesamtperformance herangezogen. Jeder Schüler durchläuft insgesamt drei Itempaarungen, wobei im Rahmen der Pilotierung beide Reihenfolgen betrachtet werden.

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurden neben der Performance im phCPS-Instrument die domänenübergreifende Problemlösefähigkeit, fachliche und kognitive Fähigkeiten, sowie soziodemografische Faktoren erhoben (vgl. Tab. 1).

Im Rahmen der Pilotierung wurden Schülerinnen und Schüler aus einer neunten und vier zehnten Klassen (N_{gesamt} = 123) an drei Gymnasien in Baden-Württemberg und Rheinland-

Pfalz getestet. Bei einem Teil der Stichprobe wurde ein planned-missingness-Design eingesetzt, das jedoch aufgrund der kürzer als erwarteten Testzeit ausgesetzt werden konnte.

Eigenentwicklungen	**Fremdentwicklungen**
Fachwissenstest (Krenciszek, 2017)	Komplexes domänenübergreifendes PL (*MicroDYN*, Greiff & Fischer, 2013)
Physikalisches komplexes PL	*Mini-q* Intelligenzscreening (Baudson & Preckel, 2015)
	Need for Cognition (NFC-Teens, Preckel, 2016)

Tab. 1: Übersicht der eingesetzten Instrumente

Ergebnisse

Zur Bestimmung der Testgüte des phCPS-Instruments wurde zunächst die Normalverteilung der Mittelwerte individueller Items sowie der Gesamtstichprobe überprüft und bestätigt. Aufgrund der großen (geplanten) Testausfälle wurde Cronbach's α auf Itemebene bestimmt. Die Werte liegen im Bereich von $\alpha_C = .77 \ldots .88$ und können somit als ausreichend angesehen werden. Die Lösungswahrscheinlichkeiten der Items wurde aufgrund des individuellen Indikators, ob die Problemsituation bewältigt wurde, bestimmt. Sie bewegen sich im Bereich von $P_{Lösung} = .12 \ldots .88$ (Mean = 0.42, SD = 0.28). Da sich keine Decken- oder Bodeneffekte zeigen, werden diese Werte als ausreichend angesehen. Zur diskriminanten und konvergenten Validierung wurden Korrelationen des phCPS-Instruments und des MicroDYN-Instruments mit Kovariaten und untereinander verglichen (vgl. Tab. 2).

		Alter	Geschlecht	Schulnote Mathe	Schulnote Physik	Schulnote Deutsch	Need for Cognition	Kogn. Fähigkeiten	Fachwissen	MicroDYN
phCPS	r	.12	-.19	-.28	-.35	0	.42	.18	.20	.39
	df	121	119	119	120	120	121	121	65	61
	p	.20	.03	.001	< .001	.97	< .001	.04	.09	.001
microDYN	r	.09	-.53	-.31	-.41	-.04	.44	.28	.39	
	df	61	61	60	61	61	61	61	33	
	p	.47	< .001	.01	< .001	.78	< .001	.03	.02	

Tab. 2: Korrelationen Meanscore Problemlösetests mit externen Indikatoren

Diskussion und Ausblick

Aufgrund der Korrelationen mit externen Indikatoren und dem MicroDYN-Instrument als vergleichbarem Instrument lässt sich festhalten, dass hier ein Problemlösetest mit zufriedenstellenden psychometrischen Kennwerten erzeugt wurde. Da die Zusammenhänge zum Fachwissen jedoch nicht den Erwartungen an einen fachbezogenen Problemlösetest entsprechen (die Zusammenhänge mit dem Fachwissen in Physik sind denen des domänenübergreifenden MicroDYN-Instruments unterlegen) sind weitere Untersuchungen und ggf. Anpassungen erforderlich, damit Schüler verstärkt ihr Fachwissen zur Lösung einbringen müssen.

Weitere Untersuchungen können zudem klären, ob Fachwissen in untergeordneten Prozessen eine Rolle spielt. Hierzu sind weitere Analysen bezüglich der Dimensionalität des Instruments, sowie der Gewinnung weiterer prozessbezogener Indikatoren nötig. Die Hauptstudie soll zudem zeigen, welchen Einfluss die Experimentierfähigkeit auf den (interaktiven) Problemlöseprozess hat und das Gesamtmodell des Einflusses von unterrichtsnahen Fähigkeiten auf domänenübergreifende Problemlösefähigkeit aufklären.

Literaturverzeichnis

Baudson, T. G. & Preckel, F. (2015). mini-q. Intelligenzscreening in drei Minuten. *Diagnostica,* 1-16.

Girwidz, R. (2010). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 203-264). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Greiff, S. & Fischer, A. (2013). Der Nutzen einer komplexen Problemlösekompetenz. Theoretische Überlegungen und empirische Befunde. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 27* (1-2), 27-39.

Hammann, M., Phan, T. H. & Bayrhuber, H. (2008). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft, Bd. 8, S. 33-49). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Hopf, M. (2007). *Problemorientierte Schülerexperimente* (Studien zum Physik- und Chemielernen). Berlin: Logos-Verl.

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, 21* (1), 127-139.

Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2010). Standards und Physikaufgaben. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 663-688). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. *Cognitive Science, 12* (1), 1-48.

Klieme, E., Funke, J., Leutner, D., Reimann, P. & Wirth, J. (2001). Problemlösen als fächerübergreifende Kompetenz. Konzeption und erste Resultate aus einer Schulleistungsstudie. *Zeitschrift für Pädagogik, 47* (2), 179-200.

Krenciszek, F. (Juni 2017). *Erfassung des Fachwissens von Lernenden der Sekundarstufe I im Themenbereich mechanische Energie*. Bachelorarbeit, Universität Koblenz-Landau. Landau.

Kultusministerkonferenz. (2004). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss.

Kultusministerkonferenz & IQB. (2010). *Konzeption der Kultusministerkonferenz zur Nutzung der Bildungsstandards für die Unterrichtsentwicklung*. Köln: Link.

Leutner, D., Fleischer, J., Wirth, J., Greiff, S. & Funke, J. (2012). Analytische und dynamische Problemlösekompetenz im Lichte internationaler Schulleistungsvergleichsstudien. *Psychologische Rundschau, 63* (1), 34-42.

Leutner, D., Funke, J., Klieme, E. & Wirth, J. (2005). Problemlösefähigkeit als fächerübergreifende Kompetenz. In E. Klieme, D. Leutner & J. Wirth (Hrsg.), *Problemlösekompetenz von Schülerinnen und Schülern* (S. 11-19). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Mullis, I. V. & Martin, M. O. (IEA, Hrsg.). (2011). *TIMSS 2011 Item Writing Guidelines,* IEA. Zugriff am 16.08.2016. Verfügbar unter http://timssandpirls.bc.edu/methods/pdf/T11_Item_writing_guidelines.pdf

Preckel, F. (2016). *NFC-Teens: Eine deutsche Need for Cognition Skala für ältere Kinder und Jugendliche*.

Reinhold, P., Lind, G. & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 5* (1), 41-62.

Rölke, H. (2012). The ItemBuilder: A Graphical Authoring System for Complex Item Development. In T. Bastiaens & G. Marks (Hrsg.), *Proceedings of E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2012* (S. 344-353). Chesapeake.

Zoller, U. (2003). HOCS Problem Solving vs. LOCS Exercise Solving: What Do College Science Students Prefer? In D. Psillos, P. Kariotoglou, V. Tselfes, E. Hatzikraniotis, G. Fassoulopoulos & M. Kallery (Eds.), *Science Education Research in the Knowledge-Based Society* (pp. 201-207). Dordrecht: Springer.

Frederik Bub
Thorid Rabe
Olaf Krey

Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

Physik-Technik-Beziehungen im Kontext Verantwortung

Physikunterricht im technischen Zeitalter

Der Physiker Max Born stellte Ende der 60er Jahre düstere Prognosen zur Zukunft der Menschheit auf: wenn nicht durch Nuklearwaffen ausgelöscht, werde die Menschheit „zu einer Herde von stumpfen und törichten Kreaturen degenerieren unter der Tyrannei von Diktatoren, die sie mit Hilfe von Maschinen und elektronischen Computern beherrschen" (Born, 1969, S.185). Wie ist diesem dystopischen Bild zu begegnen? Mündigkeit, Mitbestimmungsfähigkeit und Verantwortungsbewusstsein als Ziele einer naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung und Elemente einer scientific literacy können als Gegenentwurf zu der Stumpfheit und Torheit, die Born prognostizierte, verstanden werden. Aber welches für eine scientific literacy notwendige Verständnis der Beziehung zwischen Physik und Technik im Kontext von Verantwortung wird im Physikunterricht verhandelt?

Ein Geflecht von Physik – Technik – Verantwortung

Eine systematische und konsistente Unterscheidung (vgl. Bub, Rabe & Krey, 2017) zwischen Physik und Technik konnten Constantinou et al. bei Schülerinnen und Schülern sowie bei Lehramtsstudierenden nur vereinzelt feststellen. Auch die komplexe Beziehung zwischen Physik und Technik wird von Schülerinnen und Schülern, (angehenden) Lehrkräften aber auch in Schulbüchern häufig verkürzt dargestellt: Technische Innovation wird als reine Anwendung physikalischer Erkenntnis konzipiert. Die spezifischen Arbeitsweisen der Technik sowie die Rolle von Technik innerhalb physikalischer Forschung werden dabei vernachlässigt oder gar negiert (Gardner, 1999; Constantinou et al., 2010).
Welche Rolle im physikalisch-technischen Geflecht spielt Verantwortung, verstanden als eine normativ begründete In-Beziehung-Setzung zwischen Subjekten, Verantwortungsobjekten und einer Verantwortungsinstanz? Die normative wie ethische Dimension von Physik und Technik als Gegenstand von naturwissenschaftlichem Unterricht wurde und wird international unter den Schlagworten Science-Technology-Society (STS), Socioscientific Issues (SSI) oder auch Responsible Research and Innovation (RRI) breit diskutiert. Ein Verständnis der Wechselwirkung von Physik, Technik und Gesellschaft wird hierbei als zentral für eine scientific literacy angeführt (Vesterinen et al., 2014; Sadler et al., 2006). Durch den Kompetenzbereich „Bewerten" wird auch im deutschsprachigen Raum die politische und emanzipatorische Dimension naturwissenschaftlichen Unterrichts betont (Dittmer, Gebhard, Höttecke & Menthe, 2016).

Hierauf aufbauend soll folgender Forschungsfrage nachgegangen werden: Welche impliziten Wissensbestände strukturieren die Darstellung des Verhältnisses von Physik und Technik im Kontext Verantwortung in Physikschulbüchern?

Zur Rolle des Physikschulbuchs

Während bei Analysen zu den Funktionen und Einsatzmöglichkeiten des Physikschulbuches bei der Planung und Durchführung von Unterricht (Merzyn, 1994) das Buch vor allem als pädagogisches Medium im Fokus steht, soll hier ein wissenssoziologischer Ansatz gewählt werden, um so die sozialen Entstehungszusammenhänge des Schulbuchwissens in den Fokus zu nehmen. Schulbuchwissen wird damit als eine „Kondensierung von Beobachtungen", als „soziales Wissen aus einem Universum möglicher Beschreibungen" gefasst (Höhne, 2003, S.67). Schulbücher stellen somit eine Form von Diskursen dar, die nach Keller als Versuche

verstanden werden können, „Bedeutungszuschreibungen und Sinn-Ordnungen zumindest auf Zeit zu stabilisieren und dadurch eine kollektiv verbindliche Wissensordnung in einem sozialen Ensemble zu institutionalisieren“ (Keller, 2011, S.8). Dabei ist die besondere Stellung des Schulbuches im Vergleich zu anderen Diskursformen zu beachten: „ein spezifisches institutionelles Wissen um die Repräsentativität, die soziale Relevanz, die Objektivität [ist] in dieses Wissen stets schon eingeschrieben“ (Höhne, 2003, S.71). Sowohl bei Lernenden als auch Lehrenden genießt das Schulbuchwissen demnach besondere Autorität. Dabei ist „das im Schulbuch explizit artikulierte Wissen […] implizit mit anderem Wissen und anderen Diskursen verkoppelt“ (ebd., S.132). Die Rekonstruktion der dem Schulbuchwissen „zugrunde liegende[n] Strukturmuster oder Regeln der Bedeutungs-(re)produktion“ (Keller, 2011, S.8) steht im Fokus dieser Arbeit.

Wissenssoziologische, interpretativ-rekonstruktive Schulbuchanalyse

Methodologische Rahmung

Wie kann dieses Unterfangen methodologisch begründet und methodisch durchgeführt werden? Ott vermerkt hierzu: „From a linguistic point of view, no satisfactory answers can be gained for example by using content analysis only“ (Ott, 2015, S.254). Aufbauend auf der oben beschriebenen Argumentation zu den impliziten, sozialen Strukturmustern, die dem Schulbuchwissen zugrunde liegen, wird ein rekonstruktiver Ansatz gewählt. Die Dokumentarische Methode stellt hierfür ein ausgefeiltes Instrumentarium und ein solides methodologisches Gerüst basierend auf der Wissenssoziologie Mannheims zur Verfügung. Die Rekonstruktion von Orientierungsrahmen, als Ausdruck der impliziten, konjunktiven (also sozial geteilten) und handlungsleitenden Wissensstrukturen, wurde mit Hilfe der Dokumentarischen Methode bereits bei der Bildinterpretation, Gruppendiskussionen (Bohnsack, Nentwig-Gesemann & Nohl, 2013) und Interviews (Nohl, 2017) geleistet. Auch für die Interpretation öffentlicher Diskurse hat Nohl die Dokumentarische Methode nutzbar gemacht und dies methodologisch fundiert: „Es handelt sich bei unseren Überlegungen nicht einfach um die sogenannte ‚öffentliche Meinung‘, die auch im herrschenden Sprachgebrauch als eine Oberflächenerscheinung des geistigen Lebens empfunden wird, sondern um eine alle Poren des Daseins ausfüllende, die Außenwelt und unser Innenleben erfassende Sinngebung“ (Mannheim, 1964c, S. 574, zitiert nach Nohl, 2016, S.121). Hierin angedeutet ist bereits die Unterscheidung von immanentem und dokumentarischem Sinngehalt von Sprachhandlungen, die sich methodisch in der formulierenden (immanenter, expliziter Sinn) und der reflektierenden Interpretation (dokumentarischer, impliziter Sinn) im Rahmen der Dokumentarischen Methode widerspiegelt.

Methodische Umsetzung

Die Korpusbildung zielte auf eine möglichst kontrastierende Darstellung in gleichzeitig weit verbreiteten Schulbüchern ab, so dass Schulbücher der vier großen deutschen Schulbuchverlage sowohl für die Anfangsphase des Physikunterrichts als auch die Sekundarstufe II zur Analyse herangezogen wurden. Innerhalb dieser wurden Texte ausgewählt, bei welchen thematische Bezüge zum Geflecht Physik-Technik-Verantwortung zu erwarten waren, z.B. Einleitungskapitel zur Naturwissenschaft Physik, Kapitel zur friedlichen wie militärischen Nutzung der Kernenergie oder zum anthropogenen Klimawandel. Für diese Kapitel wurde im Rahmen der formulierenden Interpretation eine thematische Struktur erarbeitet, welche den Denkinhalt zusammenfasst und eine textimmanente Sinnstruktur offenlegt, die „einen relevanten Hinweis auf den mitgeteilten, symbolisch verdichteten Sinn der Sprecher/innen bildet“ (Kruse, 2015, S. 477). Zur anschließenden rekonstruktiv-interpretativen Analyse, die vor allem in Interpretations-gruppen stattfand, wurde der Text einer (mikro-) sprachlichen Analyse unterzogen, die dem integrativen Basisverfahren (für qualitativ-rekonstruktive Interviewforschung) von Kruse

entlehnt ist: „Hier werden den Aufmerksamkeitsebenen der Pragmatik bzw. Interaktion, der Syntaktik und der Semantik folgend Textsequenzen (einzelne Zeilen) oder kleinere Textabschnitte (maximal 10 bis 20 Zeilen, die sich aus den Segmentabschnitten ergeben) umfassend beschrieben im Hinblick auf die sprachlich-kommunikativen Phänomene“ (ebd., S. 478).

Analysebeispiel

Eine umfassende Analyse ist an dieser Stelle nicht darstellbar, soll jedoch an zwei Textbeispielen illustriert werden. Die gegebenen Zitate stammen aus Einleitungskapiteln von Physikschulbüchern für die Oberstufe. Beide Texte handeln vom Verhältnis der Physik zur Technik. Eine Analyse der handelnden Akteure kann über die impliziten Sinnstrukturen Aufschluss geben. Auffällig hierbei ist die Personifizierung in Text A: Physik und Technik werden als selbst handelnd dargestellt. Sie „verändern“ die Welt und „ihre“ Errungenschaften sind bedeutend. Auch in Text B werden Entdeckungen, Erfindungen und technische Entwicklungen als aktiv konzipiert: Sie „geben uns“ Lebensqualität. Hier wird der Kontrast zwischen der aktiven Wissenschaft und Technik und dem passiven, empfangenden „uns“ deutlich. Bei der Verhandlung des Verhältnisses von Physik und Technik, zeichnet Text A Physik als das sine qua non, als nicht nur die Grundlage von Technik, sondern (an anderer Stelle) auch aller Naturwissenschaften. Die Sonderstellung der Physik wird stets betont – außer bei der Beschreibung möglicher Gefährdungen. Text B zeigt demgegenüber auf expliziter Ebene zwei Wirkungsrichtungen auf, sowohl in Richtung neuer „Lebensqualität“ als auch zu neuen „Wege[n] der Erkenntnis.“ Hierbei findet keine Trennung zwischen Physik und Technik statt. Im Dreiklang werden stattdessen „Entdeckungen, Erfindungen und technische Entwicklungen“ genannt. Die Verknüpfung könnte dabei als Abbild einer engen Verflechtung von Physik und Technik als „Technoscience“ verstanden werden (Tala, 2009). Die Reihenfolge der genannten Begriffe könnte jedoch auch auf eine lineare Entwicklung hinweisen, an deren Anfang die Wissenschaft („Entdeckung“) steht und die Technik („Erfindung und technische Entwicklung“) dieser zeitlich folgt. Um die beschriebenen Lesarten zu bestätigen, müssen diese in der komparativen Analyse weiterer Textstellen überprüft werden. Zur Veranschaulichung der Methode soll dies jedoch genügen.

Text A: „Die moderne Technik ist ohne die exakten Naturwissenschaften, insbesondere ohne die Physik, nicht denkbar. Naturwissenschaften und Technik haben die Welt verändert. Ihre Errungenschaften sind Bestandteil unserer modernen Zivilisation. Technik ist weitgehend angewandte Physik.“ (Grehn & Krause, 2009)

Text B: „Entdeckungen, Erfindungen und technische Entwicklungen geben uns aber nicht nur neue Lebensqualität, sondern zeigen auch neue Wege der Erkenntnis und deren Umsetzung auf.“ (Bredthauer, 2010)

Abbildung 1: Textbeispiele aus Einleitungskapiteln von Physikschulbüchern für die gymnasiale Oberstufe

Zusammenfassung und Ausblick

Die ersten Analysen bestätigen in Teilen die eingangs widergegebenen Ergebnisse zu Physikschulbüchern: Eine differenzierte Auseinandersetzung mit dem Verhältnis von Physik und Technik im Kontext Verantwortung findet nicht statt. Die Rolle von (ethischen) Werten beim Umgang mit technischem Fortschritt wird zugunsten einer Überhöhung von physikalischem Fachwissen herabgesetzt. Die Konstruktion von Verantwortung reicht dabei von wissenschaftszentrierten bis zu demokratiezentrierten Ansätzen. Im Weiteren soll die Schulbuchperspektive ergänzt werden um die Orientierungen von Physiklehrerinnen und Physiklehrern, welche mit leitfadengestützten, narrativ angelegten Interviews rekonstruktiv erschlossen werden. Dies erlaubt einen umfassenden Einblick in die sozialen Wissensstrukturen, welche im Physikunterricht relevant werden.

Literatur

Bohnsack, Ralf; Nentwig-Gesemann, Iris; Nohl, Arnd-Michael (Hg.) (2013): Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung. 3., aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Springer VS.

Born, Max (1969): Die Zerstörung der Ethik durch die Naturwissenschaft. Überlegungen eines Physikers. In: H. Kreuzer (Hg.): Literarische und naturwissenschaftliche Intelligenz. Stuttgart, S. 179–186.

Bredthauer, Wilhelm (Hg.) (2010): Impulse Physik. Oberstufe. Neubearb., 1. Aufl., [Nachdr.]. Stuttgart: Klett.

Bub, Frederik; Rabe, Thorid; Krey, Olaf (2017): Das Verhältnis von Physik, Technik und Verantwortung. In: Christian Maurer (Hg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (37), S. 636–669.

Constantinou, Costas; Hadjilouca, Rodothea; Papadouris, Nicos (2010): Students' Epistemological Awareness Concerning the Distinction between Science and Technology. In: International Journal of Science Education 32 (2), S. 143–172.

Dittmer, Arne; Gebhard, Ulrich; Höttecke, Dietmar; Menthe, Jürgen (2016): Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht. Theoretische Bezugspunkte. In: ZfDN 22 (1), S. 97–108.

Gardner, Paul L. (1999): The representation of science-technology relationships in Canadian physics textbooks. In: International Journal of Science Education 21 (3), S. 329–347.

Grehn, Joachim; Krause, Joachim (Hg.) (2009): Metzler Physik. 4. Aufl. Braunschweig: Schroedel.

Höhne, Thomas (2003): Schulbuchwissen. Umrisse einer Wissens- und Medientheorie des Schulbuches. Frankfurt am Main. Fachbereich Erziehungswissenschaften der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität (Frankfurter Beiträge zur Erziehungswissenschaft, 2).

Keller, Reiner (2011): Diskursforschung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kruse, Jan (2015): Qualitative Interviewforschung. Ein integrativer Ansatz. Weinheim: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden).

Merzyn, Gottfried (1994): Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer. Kiel: IPN (IPN, 139).

Nohl, Arnd-Michael (2016): Dokumentarische Methode und die Interpretation öffentlicher Diskurse. In: Zeitschrift für Diskursforschung (02), S. 115–136.

Nohl, Arnd-Michael (2017): Interview und Dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis. 5., aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer VS (Lehrbuch).

Ott, Christine (2015): Das Schulbuch beim Wort nehmen. Linguistische Methodik in der Schulbuchforschung. In: Petr Knecht, Eva Matthes, Sylvia Schütze und Bente Aamotsbakken (Hg.): Methodologie und Methoden der Schulbuch- und Lehrmittelforschung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt (Forschung Klinkhardt).

Sadler, Troy D.; Amirshokoohi, Aidin; Kazempour, Mahsa; Allspaw, Kathleen M. (2006): Socioscience and Ethics in Science Classrooms. Teacher Perspectives and Strategies. In: J. Res. Sci. Teach. 43 (4), S. 353–376.

Tala, Suvi (2009): Unified View of Science and Technology for Education. Technoscience and Technoscience Education. In: Sci & Educ 18 (3-4), S. 275–298.

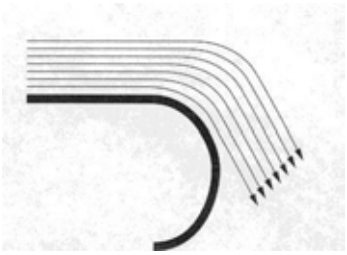
Vesterinen, Veli-Matti; Manassero-Mas, María-Antonia; Vázquez-Alonso, Ángel (2014): History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. In: Michael R. Matthews (Hg.): International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching. Dordrecht: Springer Netherlands, S. 1895–1925.

Hilfreiche Bemerkungen zur Behandlung der Flugphysik

1. Rolle der inneren Reibung der Luft

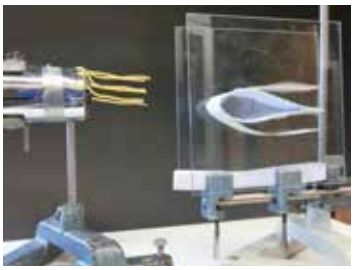
Bekanntlich hatte die Physik lange Zeit Schwierigkeiten, das Fliegen zu verstehen. Wird ein Hindernis von der Luft umströmt, ergibt sich aufgrund der Eulerschen Gleichungen bei reibungsfreier Umströmung die Potenzialströmung, bei der es weder Luftwiderstand noch Auftrieb gibt. Erst lange, nachdem Lilienthal Flugapparate konstruiert und Gleitflüge unternommen hatte, gelang es Prandtl mit der Berücksichtigung der Luftreibung die „Gesunde Umströmung“ eines Tragflächenprofils zu verstehen, die zu Auftrieb und Widerstand führt. Randbedingung ist dabei, dass die Luftströmung entlang leicht gekrümmter Flächen diesen Oberflächen folgt und anliegt. Dieses Phänomen ist bekannt als Coanda Effekt. Die Entstehung des Coanda Effektes habe ich immer wie folgt zu erklären versucht: In der Abbildung links ströme die Luft oberhalb einer gekrümmten Fläche ohne Reibung. Dann können keine Kräfte auf die Luft ausgeübt werden und sie strömt horizontal weiter. Mit Reibung allerdings wird die Luft zwischen Luftstrahl und nach unten geneigter Fläche durch die innere Reibung mitgenommen. Dadurch entsteht ein Unterdruck, der zu einer Umlenkung der Luftströmung führt: rechtes Bild.

Strömung ohne Reibung

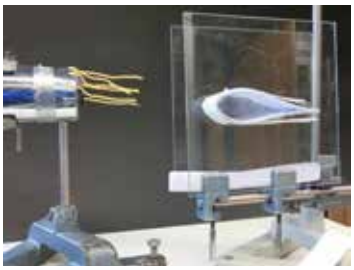


Strömung mit Reibung

Bisher konnte ich mich nur auf diesen Gedankenversuch stützen. Aber er lässt sich auch in der Realität durchführen. Ein symmetrisches Profil in horizontaler Lage wird von vorn angeströmt. Rechts und links wird die Luftströmung durch Glasplatten begrenzt. Um die innere Reibung auszuschalten, wird vorn an der Profilnase ein Papierstreifen angebracht, der die Luft oberhalb und unterhalb trennt. Er flattert in der Luftströmung und folgt nicht mehr der Form des Profils. Schneidet man Schlitze in den Papierstreifen, wird eine Verbindung zwischen der Luft unterhalb und oberhalb des Streifens möglich. Die Luft wird durch Reibung mitgenommen und es entsteht es entsteht ein Unterdruck. Das Ergebnis ist, dass die Strömung dann an der Profiloberfläche anliegt, wie es das rechte Bild zeigt.



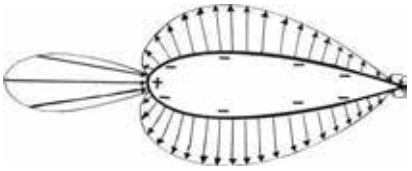
Strömung, Reibung unterbunden



Strömung mit Kontakt und Reibung

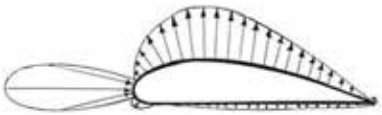
2. Verteilung der Auftriebskraft auf Oberseite und Unterseite der Tragfläche

In Lehrbüchern wird gelegentlich erwähnt, aber nicht erklärt, dass die auf dem Unterdruck beruhende Auftriebskraft an der Oberseite deutlich grösser ist, als die durch den Überdruck bewirkte Auftriebskraft an der Unterseite. Dies lässt erklären, wenn man von einem von vorn angeströmten symmetrischen Profil ausgeht. Die Luftströmung wird durch die Form des Profils erzwungen. An der Profilnase wird die Strömung geteilt und nach oben und unten abgelenkt. An der Profilnase gibt es einen Staudruck. Danach werden über den weit überwiegenden Teil des Profils gekrümmte Stromlinien erzwungen. Dass führt, wie an andere Stelle gezeigt und bekannt sein dürfte, zu einem Unterdruck, wenn der Krümungsmittelpunkt unterhalb der Fläche liegt. Dadurch entsteht an der Tragflügeloberseite ein Unterdruck, und an der Tragflügelunterseite ebenfalls ein Unterdruck. Oben gibt es Auftrieb und unten gibt es Abtrieb. Beide sind gleich. Mit einem Schrägrohrmanometer und einer Scheibensonde lässt sich dies leicht demonstrieren.



Symmetrisches Profil horizontal angeströmt *Kraftverteilung über Profiloberfläche*

Gehen wir von dem symmetrisches Profil über zu einem Profil mit gerader Unterkante. In diesem Fall entfällt weitgehend der Abtrieb und übrig bleibt der Auftrieb.



Profil mit gerader Unterseite horizontal angeströmt *Kraftverteilung über Profiloberfläche*

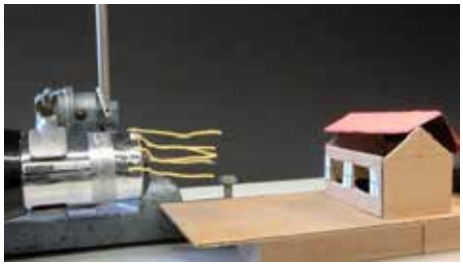
Erst wenn man das Profil aus der horizontale Lage in eine übliche Fluglage mit Anstellwinkel überführt, gibt es auch an der unteren Tragflächenseite Auftrieb, der aber immer geringer bleibt als der Auftrieb an der Tragflächenoberseite.

3. Gefährdung von Hausdächern durch Sturm

Wird ein Haus vom Wind umströmt, ergibt sich an der Oberseite wegen der Umlenkung der Strömung ein Unterdruck. In manchen Darstellungen wird allein dieser Unterdruck dafür verantwortlich gemacht, dass bei Sturm Dächer abgedeckt werden können. In Wahrheit hängt es aber vor allem von dem Öffnen bzw. Schließen der Türen und Fenster ab, ob das Dach gefährdet ist. Ein kleines Hausmodell mit beweglichem Dach werde von vorn angeströmt. Sind die dem Wind zugewandten Fenster geöffnet, fliegt das Dach fort. Sind die Türen und Fenster hier geschlossen und die an der anderen Seite befindlichen Fenster

geöffnet, so bleibt das Dach liegen. Daraus ergibt sich die Erklärung nahezu von selbst. Sind Fenster in Windrichtung geöffnet, so breitet sich der Staudruck innerhalb des Hauses aus und wirkt auf das Dach nach außen. Sind auf der dem Wind abgewandten Seite die Fenster offen, breitet sich Unterdruck innerhalb des Hauses aus, und das Dach bleibt liegen.

Fenster vorn geschlossen



Fenster vorn geöffnet

Literatur:

[1] Weltner, K.: Flugphysik um das Fliegen zu verstehen. In: MNU 55/7, S. 388-396, 2002

[2] Tipler, P.; Mosca, G.: Physics for Scientists and engineers 7th Edition

[3] Willi J. G. Bräunling; Grundlagen der Flugzeug-Aerodynamik, Springer Verlag Berlin Heidelberg 2018

Kai Bliesmer
Annika Roskam
Michael Komorek
Universität Oldenburg

Elementarisierungen zu küstennahen Strukturbildungen und Strömungen

Küsten und Ozeane sind bedeutsame Lebens- und Wirtschaftsräume, die sensibel und komplex auf klimatische Veränderungen sowie Umwelteinflüsse reagieren (Davidson-Arnott, 2010). Die innewohnende Sensibilität erschließt sich für Laien jedoch nicht unmittelbar, da sich veränderte Bedingungen in den räumlich sehr ausgedehnten Gebieten häufig örtlich versetzt und zeitlich verzögert niederschlagen. Hier setzen Bildungsbestrebungen verschiedener Einrichtungen an. Zu ihnen zählen im Nordwesten Deutschlands Meeresforschungsinstitute mit Bildungsprogrammen und Nationalparkhäuser des Niedersächsischen Wattenmeeres. Die Sensibilität von Küste und Ozean soll dort mit Ausstellungen zum Thema gemacht werden. Empirische Untersuchungen (Bliesmer, 2016; Roskam, 2016) belegen eine Dominanz biologischer und ökologischer Themen in diesen Ausstellungen. Physikalische Phänomene, Erklärungen und Modelle kommen nur am Rande vor. Allerdings sind sie für das Verständnis der (physikalischen) Dynamik wichtig, welche die Sensibilität von Küsten und Ozeanen erst zu begründen vermag. Deshalb wird hier die Forschungsaufgabe verfolgt zu klären, welche Elementarisierungsprozesse sich für eine Aufbereitung physikalischer Aspekte zur Dynamik von Küste und Ozean durchführen lassen.

Theoretisches Fundament

Die systematische Aufbereitung der Inhalte erfolgt im fachdidaktischen Forschungs- und Entwicklungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012). Es sieht die Integration dreier Aufgaben vor: (1) Untersuchung der Lernerperspektive auf den Inhaltsbereich, (2) Klärung und Analyse der wissenschaftlichen Sachstruktur und (3) Design von Lehr- und Lernsequenzen. Die Aufgaben werden in einem iterativen Prozess ausgeführt und aufeinander bezogen. Ziel ist es, eine Lernumgebung zu kreieren, in der die Inhalte für Lernende zugänglich sind. Deshalb bedarf es zunächst einer Transformation der abstrakten wissenschaftlichen Sachstruktur. Sie muss zu einer Sachstruktur für Vermittlungszwecke umorganisiert werden, die den Lernerperspektiven Rechnung trägt. Hierzu wird die wissenschaftliche Sachstruktur elementarisiert (Bleichroth, 1999), indem die wissenschaftlichen Grundideen herausgearbeitet werden. Darauf aufbauend werden diese Grundideen neu zusammengesetzt, mit Beispielen angereichert und in lebensnahe Kontexte eingebettet. Das Ergebnis dieses Prozesses ist gemäß Duit et al. (2012) die am Lernenden orientierte Sachstruktur für Vermittlungszwecke.

Design

Analytisch: Elementarisierung von Aspekten physikalischer Dynamik von Küste und Ozean

Wenn die wissenschaftliche Sachstruktur von Aspekten physikalischer Dynamik an der Küste und im Ozean für Vermittlungszwecke in Ausstellungen rekonstruiert wird, sind zuerst die so genannten Elementaria so herauszuarbeiten, dass sie den betrachteten Inhalt schon mit Blick auf die Besuchenden der Ausstellungen kennzeichnen. Aus konstruktivistischer Sicht existieren „Spielräume für verschiedenartige Elementarisierungen“ (Kircher, 2015, S. 109) und damit auch für rekonstruierte Sachstrukturen. Deren Güte lässt sich durch Qualitätskriterien ermitteln: Das Produkt der Elementarisierung muss (1) fachgerecht sein, (2) den Vorstellungen und Bedürfnissen der Lernenden gerecht werden und (3) dabei helfen, die angestrebten Lernziele zu erreichen (Kircher, 2015; Weltner, 1982). Für die Elementarisierungen in vorliegender Arbeit wurden eine Dokumentenanalyse der fachwis-

senschaftlichen Literatur (vgl. Durst, 2006; Batchelor, 1967) durchgeführt und Erkenntnisse über ablaufende Lehr- und Lernprozesse von Besuchenden physikbezogener Ausstellungen aus anderen Studien herangezogen.

Empirisch: Validierung und Evaluation der ausgeführten Elementarisierungsprozesse
Die herausgearbeiteten Elementaria und die vorläufig rekonstruierte Sachstruktur werden validiert, indem sie mit FachwissenschaftlerInnen und FachdidaktikerInnen diskutiert werden. Dabei kommt ein leitfadengestütztes teilstrukturiertes Experteninterview zum Einsatz, durch das ermittelt wird, inwieweit die rekonstruierte Sachstruktur fachlichen Ansprüchen genügt (Kriterium 1). Die Befragung von FachdidaktikerInnen soll darüber hinaus Aufschluss geben, inwiefern die rekonstruierte Sachstruktur mit aktuellen Vorstellungen über das Lehren und Lernen korrespondiert (Kriterien 2 und 3). Die Evaluation der vorläufig rekonstruierten Sachstruktur findet dadurch statt, dass auf ihrer Basis Ausstellungsobjekte und zugehörige Lernmaterialien designt wurden. In einer realen Ausstellungssituation und in einer Laborstudie wird derzeit ermittelt, inwiefern mit ihnen Denkprozesse angeregt und Wissen aufgebaut werden können. Die Lernprozesse der Besuchenden werden mithilfe eines leitfadengestützten, teilstrukturierten Interviews und mittels begleitender Beobachtung erhoben. Daraus wird abgeleitet, ob die Elementaria und die rekonstruierte Sachstruktur an die Lernenden angepasst sind und ob die angestrebten Lernziele erreicht werden können (Kriterien 2 und 3). Alle Erkenntnisse bilden die Grundlage für Weiterentwicklungen.

Ergebnisse
Analytisch: Elementarisierung von Aspekten physikalischer Dynamik von Küste und Ozean
Vor Ausführung von Elementarisierungsprozessen mussten Entscheidungen darüber getroffen werden, welche Inhaltsbereiche die physikalische Dynamik von Küste und Ozean angemessen repräsentieren. Luft- und Wasserströmungen sowie deren Wechselwirkung mit granularer Materie zur Bildung selbstorganisierter Strukturen scheinen geeignet zu sein. Letztere sind insofern von Bedeutung, als Strömungsverhältnisse von äußeren Einflüssen abhängen, was wiederum zu einer Anpassung selbstorganisierter Strukturen führt und deren Sensibilität begründet. Daher wurden zur konkreten Elementarisierung die wissenschaftlichen Sachstrukturen entsprechend passender Phänomene analysiert. Die Wahl fiel auf die Phänomene Tsunami, Golfstrom, Amphidromie, Sandrippel und Sanddünen.

Es zeigt sich, dass beim Tsunami, dem Golfstrom und der Amphidromie Ausgleichsprozesse im Vordergrund stehen: Atmosphäre und Hydrosphäre sind offene Systeme; es werden ständig Materie und Energie zu- und abgeführt (Grotzinger & Jordan, 2017; Schlichting, 2000). Das heißt, es wirken entweder von außen Kräfte auf das Fluid (Scher- und Schubspannungen) oder es kommt innerhalb der Fluide zu Temperaturunterschieden sowie zu Konzentrationsunterschieden chemischer Spezies. Dadurch werden Transportprozesse (Durst, 2006) in Richtung des thermodynamischen Gleichgewichts hervorgerufen, bei der sich Fluidelemente in Bewegung versetzen. Die Transportprozesse können als *Ausgleichsprozesse* beschrieben werden, die sich auf makroskopischer Ebene beispielsweise als Luft- und Wasserströmungen darstellen. Ihre nähere Charakterisierung als laminare Strömung, turbulente Strömung und Wirbel (Spurk & Aksel, 2010) zeigt, dass es sich um eigenständige Phänomene handelt, für die an dieser Stelle der Begriff des *Elementarphänomens* eingeführt wird.

Tsunami, Golfstrom und Amphidromie konstituieren sich somit aus einem komplexen Zusammenspiel eben jener Elementarphänomene. Es handelt sich bei ihnen um komplexe, strömende Strukturen innerhalb der Fluide. Obwohl sich diese Phänomene so different darstellen und in unterschiedlichen Kontexten auftauchen, basieren sie dennoch auf denselben Transportprozessen und Elementarphänomenen und lassen sich daher in konsistenter Weise

elementarisieren. Auch andere Phänomene, wie tropische Wirbelstürme, Passatwinde etc., lassen sich an dieser Stelle aufführen.

Treten die Luft- und Wasserströmungen mit granularer Materie in Wechselwirkung, dann wird bei kontinuierlichem Fluss aus der betroffenen granularen Materie ebenfalls ein offenes und von Energie durchflossenes System (Schlichting, 1993) erzeugt, das als Fließgleichgewicht bei geeigneten Bedingungen dissipative Strukturen (Nicolis & Prigogine, 1977) ausbildet. Die beiden Strukturphänomene Sandrippel und Sanddünen lassen sich an dieser Stelle mit weiteren Strukturphänomenen wie Flussnetzwerke, Seegatten etc. nennen. Die Abb. 1 stellt die Überlegungen ausgehend von den Elementaria zu Ausgleichsprozessen grafisch dar. Dabei wird in obigem Sinne zwischen elementaren und komplexeren Phänomenen unterschieden, um mehrere Ebenen zu generieren.

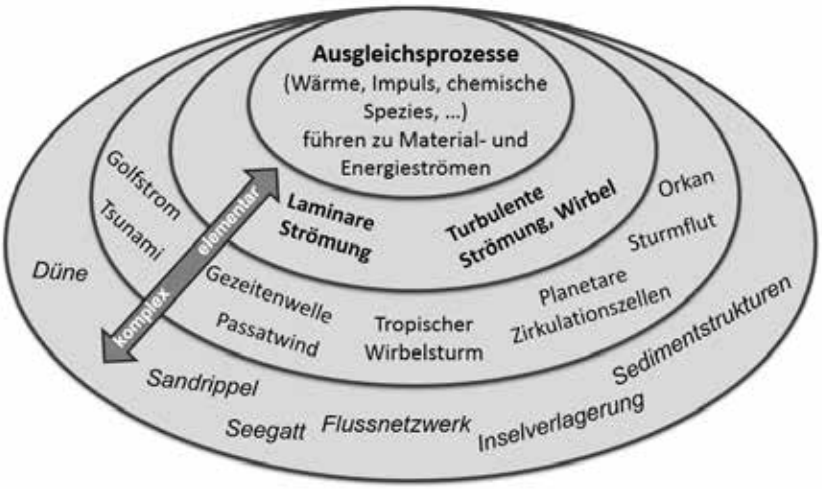


Abb. 1. Einordnung von Strömungs- und Strukturphänomenen anhand Ausgleichsprozesse

Die Abbildung gibt die physikalische Perspektive auf die betrachteten Phänomene wider. Bei der weitergehenden Didaktischen Rekonstruktion der Sachstruktur erfolgt dann eine kontextuelle Einbettung. Im Falle der Umsetzung im vorliegenden Projekt haben sich die Kontexte Naturkatastrophen, Klimageschehen und Küstenstrukturen angeboten. Ihnen können die Phänomene der beiden äußeren Bereiche in Abb. 1 zugeordnet werden. Insgesamt hat sich damit eine Struktur für die Ausstellung ergeben, bei der die genannten Phänomene innerhalb der relevanten Kontexte vorgestellt werden. Exponate sind entwickelt worden, die den Besuchern der Ausstellung die Phänomene zugänglich machen. Der Aufbau von Erklärungswissen wird an jedem Exponat auf der Basis der elementaren Idee der Ausgleichsprozesse angeboten. Insgesamt wird so über die Ausstellung hinweg eine Wissenskonstruktion und Vernetzung im Sinne der obigen Abbildung angezielt.

Empirisch: Validierung und Evaluation der ausgeführten Elementarisierungsprozesse
Derzeit findet eine empirische Studie statt, in der die Denk-, Interaktions- und Lernprozesse von Besuchern in der Auseinandersetzung mit den Exponaten untersucht werden. Dazu wurde zu den fünf angesprochenen Phänomenen eine prototypische Ausstellung realisiert, bei der die Besucher zunächst den Kontakt zu den Phänomenen herstellen können, sie diese manipulieren können, bevor die Bedeutung der Phänomene in den relevanten Kontextbereichen thematisiert wird (Dissertationsprojekt Roskam).

Literatur

Batchelor, G. K. (1967). *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge: University Press

Bleichroth, W. (1999). Zur Elementarisierung der Inhalte. In W. Bleichroth, H. Dahncke, W. Jung, W. Kuhn, G. Merzyn & K. Weltner (Hrsg.), *Fachdidaktik Physik* (S. 109-130). Köln: Aulis Verlag Deubner.

Bliesmer, K. (2016). *Fachdidaktische Analyse der Bildungsangebote deutscher Meeresforschungsinstitute*. Oldenburg: Universität Oldenburg.

Davidson-Arnott, R. (2010). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology.* Cambridge: University Press.

Duit, R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and Learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (S. 13-37). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.

Durst, F. (2006). *Grundlagen der Strömungsmechanik: eine Einführung in die Theorie der Strömung von Fluiden*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Grotzinger, J. & Jordan, T. (2017). *Press/Siever Allgemeine Geologie*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Kircher, E. (2015). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 107-140). Berlin, Heidelberg: Springer.

Nicolis, G. & Prigogine, I. (1977). *Self-Organization in Nonequilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order through Fluctuations*. New York: Wiley.

Roskam, A. (2016). *Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-)physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste*. Oldenburg: Universität Oldenburg.

Schlichting, H. J. (1993). Energie, Entropie, Synergie – Ein Zugang zur nichtlinearen Physik. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 46*, 138-148.

Schlichting, H. J. (2000). Von der Dissipation zur Dissipativen Struktur. *Praxis der Naturwissenschaften/ Physik, 49*, 12- 16.

Spurk, J. & Aksel, N. (2010). *Strömungslehre. Einführung in die Theorie der Strömunge*n. Berlin, Heidelberg: Springer.

Weltner, K. (1982). Elementarisierung physikalischer und technischer Sachverhalte als eine Aufgabe der Didaktik des Physikunterrichts. In H. Fischler (Hrsg.). *Lehren und Lernen im Physikunterricht* (S. 192-219). Köln: Aulis.

Mahdi Benbetka PH (ENS) Vieux Kouba

Die Gesundheitskonzepte im Physiklehrplan der Mittelstufe in der Algerischen

Einführung:

Im Jahr 2003/2004 wurde in Algerien eine Reform des Schulsystems geschieht, wobei für den Unterrichtsfach Physik ein neue Lehrplan aufgebaut. Im Neuen Lehrplan beginnt der Physikunterricht als obligatorisches Unterrichtsfach im 1. Schuljahr der Mittelstufe und wird in allen Schuljahren und in allen Klassenstufen des Gymnasiums weitergeführt. Die Mittelstufe umfasst als Pflichtschule 4 Schuljahre. Es werden die Kinder vom 11-12. bis zum 15. bzw. 16. Lebensjahr erfasst. Die neue Richtung in der Reform und Entwicklung der Lehrpläne in Algerien zielt darauf, dem Schüler mehr Gelegenheiten zu geben, seine Erkenntnisse selbstständig zu erweitern und nutzen, natürlich mit helfe des Lehrers. Aus diesem Grunde wurde der neue Lehrplan des Physikunterrichts und der Technologie in der Mittelstufe so angelegt, dass die Kompetenzen eingeführt wurden.

Zur Bedeutung des Gesundheitskonzepts:

Seit den Jahren 2004/2005 wurden in Algerien die neuen Lehrpläne für die Fachphysik nach dem Kompetenzansatz gebaut. Dieser Ansatz ermöglicht es dem Schüler Wissen selbst zu aufbauen und zu verwenden, um die Phänomene im Unterricht und darüber hinaus zu beschreiben und zu erklären. Am 2015 wurde die Lehrplanentwicklung von Ministerium in mehreren Phasen verläuft, aber immer ohne Orientierung zur Bedeutung der Gesundheitskonzepte im Physikunterricht. Als Elementen der Kompetenz wird die transversale Kompetenz genannt. Es geht in die „transversale Kompetenz über eine Reihe von Themen: Werten, Einstellungen, intellektuellen Bemühungen und die gemeinsamen Methoden hinaus, die von der Gemeinde beauftragte Schule besonders berücksichtigen sollte, wie Umwelt, Umweltschutz, Hygiene und Gesundheit, Gewalt und Extremismus“ (Lehrplan der Physik und Technologie 2015, S. 16).

Für die Lehrpläne in Deutschland stimmen sich die Fächer Biologie und Sport inhaltlich und zeitlich bezüglich des übergeordneten Themas „Grundlagen der sportlichen Leistung“ ab. Dabei übernimmt das Fach Biologie einen Großteil der stoffwechselphysiologischen Aspekte im Hinblick auf die Energiebereitstellung im menschlichen Körper und die Funktionsweise der Skelettmuskulatur. Auch ohne Orientierung zur Bedeutung der Gesundheitskonzepte im Physikunterricht.

Im Vordergrund der Änderung der Verordnung über die Lehrpläne der allgemein bildenden höheren Schulen für die Republik Österreich stehen „die Förderung von motorischen und sensorischen Fähigkeiten, wobei den Schülerinnen und Schülern Kompetenz für eine bewegungsorientierte Gestaltung ihrer Freizeit auch im Hinblick auf einen späteren Ausgleich zur beruflichen Beanspruchung zu vermitteln ist. Durch die Auseinandersetzung mit Gesundheitsthemen wie Ernährung, Sexualität, Suchtprävention, Stress, Gewalterfahrungen, Sexismus und Gendernormen (z.B. Schönheitsideale) ist sowohl das körperliche als auch das psychosoziale Wohlbefinden zu fördern“ (Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 2016).

In Frankreich sind auch jene Zielsetzungen enthalten, die von folgenden Unterrichtsprinzipien vertreten werden:

„*Die Bürger müssen eine wissenschaftliche Kultur entwickeln, um vernünftige Entscheidungen über die Gesundheit treffen zu können. Die Analyse von periodischen Signalen, die Verwendung von bildgebenden und medizinischen Analysen ermöglichen eine Diagnose. Beispiele werden im Bereich der Gesundheit (Elektrokardiogramme, Elektroenzephalogramme, Radiographie, Ultraschall, Fibroskopie, ...) gegeben.*

Die Beobachtung der Ergebnisse medizinischer Analysen erlaubt es, die Begriffe Konzentration und chemische Spezies sowie Überlegungen zur Konstitution und Struktur der Materie einzuführen" (Ministère de l'Éducation Nationale France, 2017).

In diesem Lehrplan wird darauf hingewiesen, dass einige physikalische Konzepte im Zusammenhang mit Gesundheitskonzepten erwähnt werden. Es bleibt die Frage, ob diese Konzepte in der Verbindung mit dem WHO-Konzepte sind.

Nach der Weltgesundheitsorganisation (World Health Organisation, WHO) ist eine Situation, in der das Individuum körperlich, geistig und gesund und nicht nur frei von Krankheit oder Behinderung ist .

„*Eine Idealnorm von Gesundheit bezeichnet einen Zustand der Vollkommenheit, den zu erreichen wünschenswert oder wertvoll ist. Mit ihrer Definition von Gesundheit als Zustand des vollkommen psychischen und physischen Wohlbefindens hat die WHO eine Idealnorm gesetzt. Allerdings muss sich eine solche Definition den Vorwurf von Realitätsferne gefallen lassen, da absolute Zustände nicht zu erreichen sind"* (BZgA, 2001, S. 15-16).

Aus dem Oben gesagt, stellen wir fest, dass diese Bedeutung drei Aspekten hat: Physischer (Körperlicherer) Aspekt, Psychisch-geistige Aspekt und Sozialer Aspekt.

Die Ziele und Forschungsfragen:

Das Ziel dieses Themas ist es, die Rolle der physikalischen Wissenschaften im Bereich der Gesundheitsthemen und medizinischen Diagnostik aufzuzeigen und zu erklären. Die Arbeit zielt darauf ab, das Gesundheitsbewusstsein zwischen den Schülern im Allgemeinen zu verbreiten, dafür werden die Inhalte der naturwissenschaftlichen Lehrpläne analysiert, um zu wissen, die gesundheitliche Konzepte der Naturwissenschaften, Physik und Biologie, in der Mittelstufe der Algerischen Lehrpläne zu erkennen und inwieweit sie die gesundheitlichen Konzepte enthalten. Deshalb werden folgende Schwerpunkte behandelt:

- Das Interesse auf die Gesundheitskonzepte bei dem Aufbau und der Entwicklung der naturwissenschaftlichen Lehrpläne der Mittelstufe im Bereich Physik ..
- Eine Liste von Gesundheitskonzepten als Referenz für dem Aufbau und der Entwicklung der naturwissenschaftlichen Lehrpläne der Mittelstufe im Bereich Physik .

Aus den genannten Zielen werden die folgenden wissenschaftlichen Fragen beantwortet:

- Was sind die gesundheitlichen Konzepte, die von den naturwissenschaftlichen Lehrplänen der Mittelstufe in der Algerischen Schule angesprochen werden?
- Welche gesundheitlichen Konzepte sollten in die naturwissenschaftlichen Lehrpläne der der Mittelstufe in der Algerischen Schule aufgenommen werden?

Die methodischen Verfahren:
Es wird für diese Arbeit als Referenz die Gesundheitsinformationen, Fakten und Begriffe, die in der Liste der Gesundheitskonzepte nach der Weltgesundheitsorganisation genannt werden. Diese Arbeit wurde als Projekt unter der Aufsicht des didaktisch-naturwissenschaftlichen und mathematischen Labors an der PH (ENS Algier) während des Studienjahres 2016-2017 durchgeführt. Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Physiklehrplan der Mittelstufe.

Die Stichprobe besteht aus der Physiklehrpläne und Lehrbücher für Physik der Mittelstufe in Algerien. Als Forschungsinstrument haben wir eine vorläufige Liste von Gesundheitskonzepten, einerseits nach der Weltgesundheits-organisation und andererseits im Vergleich mit den Lehrplänen in den verschiedenen arabischen und europäischen Ländern, dazu werden verschiedene Untersuchungen analysiert und studiert. Wir wollen einen Unterschied zwischen den Hauptkonzepten und Unterkonzepten, die für die Mittelstufe der algerischen Schule geeignet sind. Wir wollen auch eine Anpassung in Übereinstimmung mit den algerischen Physiklehrplänen machen.

Die Vorläufigen Ergebnisse:
- Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die Gesundheitskonzepte für den neuen entwickelten Lehrplan in Algerien nicht behandelt wurden.
- Der Physiklehrplan der Mittelstufe hat nur einige grundlegende gesundheitliche Konzepte in Bezug auf die transversale Kompetenz, wie z. B. Umwelt, Umweltschutz genannt, und er enthalt nicht die Hauptkonzepte, welches im Lehrplan der Biologieunterricht der Mittelstufe angegeben wurden.
- Im Vergleich zu den Gesundheitskonzepten, die in den naturwissenschaftlichen Lehrplan (Biologielehrplan) der Mittelstufe in Algerien angesprochen wurden, wurden im Physiklehrplan die grundlegende physikalische Konzepte zu bestimmten Gesundheitskonzepten wie z. B. Licht; Sehen und Farben, Ohr und Gehör… nicht berücksichtigt.

Literaturverzeichnis:

-Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (Hrsg.) (2001): Forschung und Praxis der Gesundheitsförderung. Was enthält Menschen Gesund. Köln BZgA Band 6.

-Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich (2016): Änderung der Verordnung über die Lehrpläne der allgemein bildenden höheren Schulen .

-Ministère de l'éducation nationale Algérie (2013): Programmes d'enseignement moyen, 1ère année collège, office national des publications scolaire (ONPS) Alger.

-Ministère de l'Éducation Nationale France (2017) : Programme de physique –chimie en classe de seconde générale et technologique. www.education.gouv.fr 1 / 10

Thomas Schlake[1]
Heiko Krabbe[2]
Hendrik Härtig[1]
Maria Opfermann[2]
Hans Fischer[1]

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

Autonomieunterstützung beim Experimentieren im Cross-Age-Tutoring

Hintergrund

Experimente mit Lehrer-Schüler-Interaktionen gehören zum naturwissenschaftlichen Unterricht, wobei zunehmend auch andere Lernumgebungen und Organisationsformen an Relevanz gewinnen, wie z.B. das Cross-Age-Tutoring (Korner, 2015; Topping, 2005). Dabei füungieren ältere Schülerinnen und Schüler als Tutoren für jüngere Schülerinnen und Schüler (Tutees) und unterstützen diese z.B. beim eigenständigen Experimentieren.

Die Forschung zum Cross-Age-Tutoring zeigt, dass sich durch solche Lernformen die schulische Leistung sowohl der Tutoren als auch der Tutees verbessern kann (Robinson, Schofield & Steers-Wentzell, 2005) und dass die intrinsische Motivation der Tutoren bezüglich der Arbeit als Tutor und der zu betreuenden Inhalte steigt (Berger, Müller & Hänze, 2017). Ob positive Effekte auftreten, hängt jedoch entscheidend von der Art des Tutorings ab, wobei hier insbesondere das Ausmaß der Autonomieunterstützung ausschlaggebend zu sein scheint (Berger et al., 2017). Autonomieunterstützung beinhaltet das Ermöglichen eines eigenen Arbeitstempos, Handlungs- und Wahlfreiheit, Anerkennung der Gefühle und Perspektiven der Lernenden sowie ein Vermeiden kontrollierender Sprache durch die Lehrenden (Kaur, Awang-Hashim & Noman, 2016; Reeve, 2009).

Reeve (2009) gruppiert die Gründe für kontrollierendes und somit nicht autonomieunterstützendes Verhalten in den *Druck von oben*, *Druck von unten* und den *Druck von innen*. Der *Druck von oben* umfasst den wahrgenommenen Druck durch externe Vorgaben, wie beispielsweise zeitliche Einschränkungen oder curriculare Vorgaben. Der *Druck von unten* besagt darüber hinaus, dass Personen zu einem kontrollierenden Verhalten neigen, wenn sie den Eindruck haben, dass die Betreuten passiv bzw. desinteressiert sind. Der *Druck von innen* beinhaltet individuelle Charakteristika, wie beispielsweise die selbstberichtete Neigung zu Autonomieunterstützung und die sogenannten generellen Kausalitätsorientierungen (Reeve, 2009). Letztere werden wiederum in drei Formen unterteilt: Eine hohe autonome Kausalitätsorientierung bedeutet, dass im Allgemeinen das eigene Handeln an Interessen und persönlichen Zielen orientiert wird, eine hohe kontrollierende Kausalitätsorientierung bedeutet, dass das Verhalten der Handelnden an Normen, Anerkennung und Auflagen orientiert ist und eine hohe unpersönliche Orientierung indiziert, dass die eigenen Wünsche bei der Verhaltensregulierung zurückstellt werden (Deci & Ryan, 1985). Die autonome Kausalitätsorientierung hängt positiv mit der selbstberichteten Neigung zur Autonomieunterstützung zusammen, während eine kontrollierende Kausalitätsorientierung mit kontrollierendem Verhalten korreliert (Deci & Ryan, 1985; Reeve, Bolt & Cai, 1999; Van den Berghe et al., 2013). Kausalitätsorientierungen sind außerdem, gemessen über einen Zeitraum von zwei Monaten, zeitlich stabil (Deci & Ryan 1985), sie können jedoch, ebenso wie die selbstberichtete Neigung zur Autonomieunterstützung, durch Interventionen geändert werden (Kaur et al., 2016). Es wird weiterhin vermutet, dass autonome und kontrollierende Kausalitätsorientierungen den Erfolg von Interventionen bezüglich Autonomieunterstützung moderieren (Su & Reeve, 2011).

Während die oben genannten Aspekte autonomieunterstützenden Verhaltens und deren positive Auswirkungen bislang vorwiegend für Lehrer-Schüler- (Reeve, 2009), Eltern-Kind- (Grolnick & Apostoleris, 2002) oder Vorgesetzter-Angestellter- (Gagné & Deci, 2005) In-

teraktionen untersucht wurden, gibt es nur wenige Studien zu Cross-Age-Tutoring-Settings bei Schülern: Es ist bekannt, dass Tutoren der Sekundarstufe I autonomieunterstützendes Verhalten lernen können und Tutoren ohne ein entsprechendes Tutortraining zu kontrollierendem Verhalten neigen (Berger et al., 2017; Fuchs, Fuchs, Bentz, Phillips & Hamlett, 1994). Ob sich die oben genannten Befunde bezüglich differentieller Interventionseffekte und Zusammenhänge individueller Tutorcharakteristika mit dem Tutorverhalten auf Cross-Age-Tutoring-Settings übertragen lassen, ist bisher ungeklärt. An dieser Lücke setzt unser Projekt an, um professionelles Handeln der Tutoren durch die differenzierte Beschreibung von Lern- und Entwicklungsprozessen der Tutoren anleiten zu können. Dabei sollen insbesondere folgende Fragestellungen untersucht werden:

(FF1a) Inwiefern lässt sich durch eine Intervention die von den Tutoren selbstberichtete Neigung zu Autonomieunterstützung steigern?

(FF1b) Welche differenziellen Interventionseffekte lassen sich bezüglich der individuellen Charakteristika der Tutoren finden?

(FF2) Inwiefern können die individuellen Charakteristika der Tutoren (insbesondere der Druck von innen) das während des Experimentierens gezeigte Tutorverhalten vorhersagen?

(FF3) Inwiefern können das Kompetenzerleben und das Interesse der Tutees durch ihre Wahrnehmung der Autonomieunterstützung durch ihre Tutoren vorhergesagt werden?

Studiendesign

Wie in Schlake, Krabbe, Fischer & Härtig (2017) dargestellt, werden die Forschungsfragen mithilfe einer Interventionsstudie im Prä-Post-Design untersucht, welches in Abbildung 1 dargestellt ist.

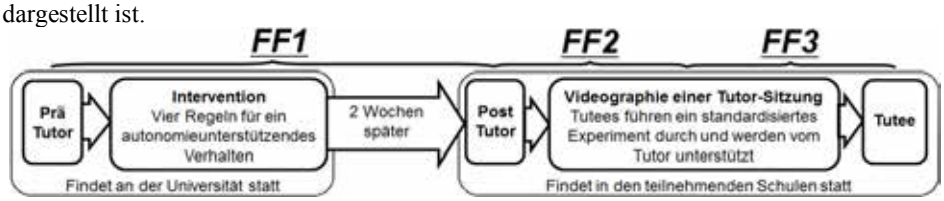


Abb .1: Ablauf der Intervention und der Erhebungen

Die Intervention baut auf bestehende Interventionen bezüglich Autonomieunterstützung und einer Metaanalyse zu deren Wirksamkeit auf (Berger et al., 2017; Reeve, 1998; Reeve, Jang, Carrell, Jeon & Barch, 2004; Su & Reeve, 2011). Entsprechend der Ergebnisse der Metaanalyse findet das Training in einem Laborsetting an der Universität Duisburg-Essen statt, die Intervention hat eine mittlere Länge von sechs Stunden und nutzt sowohl analoge als auch digitale Medien. Weiterhin werden Wissen über Autonomieunterstützung durch Vorträge und Arbeitsblätter vermittelt und Verhaltensweisen zur Autonomieunterstützung durch Rollenspiele eingeübt. Im Rahmen der Intervention werden vier Betreuungsregeln vermittelt, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Abschließend wird in einer Gruppendiskussion über die Anwendbarkeit und Herausforderungen bei der Umsetzung des autonomieunterstützenden Betreuungsstils diskutiert.

Vor und nach der Intervention werden mithilfe von Fragebögen die von den Tutoren selbstberichtete Neigung zu Autonomieunterstützung, ihre generellen Kausalitätsorientierungen, sowie post-interventional zusätzlich die intrinsische Motivation und weitere individuelle Variablen erfasst. Ebenso werden auf Seiten der Tutees nach dem Experimentieren die wahrgenommene Autonomieunterstützung, ihr Kompetenzerleben und ihr Interesse erhoben. Zur Erhebung der selbstberichteten Neigung zu Autonomieunterstützung bzw. der generellen Kausalitätsorientierungen wurden der *Problem in School* Fragebogen und die *General Causality Orientation Scale* adaptiert und übersetzt (Deci, Schwartz, Sheinman & Ryan,

1981; Deci & Ryan, 1985; Reeve et al., 2014). Die wahrgenommene Autonomieunterstützung der Tutees, ihr Kompetenzerleben und ihr Interesse wurden mit Übersetzungen von etablierten Instrumenten erhoben (Black & Deci, 2000; Markland & Hardy, 1997). Diese Skalen zeigen akzeptable bis gute interne Konsistenzen ($.73 \leq \alpha \leq .88$). Eine Pilotstudie deutet darauf hin, dass die Ergebnisse der Fragebögen valide interpretiert werden können.
Aktuell liegen Daten von 75 Tutoren (41w, 34m) mit einem Durchschnittsalter von 13,6 Jahren und von 74 Tutees (44w, 30m) mit einem Durchschnittsalter von 10,6 Jahren vor. Die Gesamtstichprobe wird jeweils 120 Tutoren und Tutees umfassen. Die Gelegenheitsstichprobe wurde an Gymnasien in NRW zusammengestellt.

Aspekte von Autonomieunterstützung	Betreuungsregeln
Ermöglichen eines eigenen Arbeitstempos	Hilf nur, wenn dein Schüler wirklich Hilfe braucht
Eröffnen von Handlungs- und Wahlfreiheit	Hilf nur so viel, dass dein Schüler selber weiterarbeiten kann
Vermeiden kontrollierender Sprache durch die Lehrenden	Befiehl nicht, sondern berate
Anerkennen der Gefühle und Perspektiven der Lernenden	Gib Sicherheit und ermutige bei Schwierigkeiten

Tab.1: Aspekte von Autonomieunterstützung und zugehörige Betreuungsregeln

Erste Ergebnisse
Für die vorläufige Stichprobe zeigt ein t-Test für verbundene Stichproben einen signifikanten Anstieg der selbstberichteten Neigung der Tutoren zu Autonomieunterstützung ($p < .001$; $d = 1.83$). Regressionsanalysen weisen zudem darauf hin, dass dies insbesondere für Tutoren mit einer höheren autonomen Kausalitätsorientierung der Fall ist ($p < .05$; $ß = .245$). Auf Seiten der Tutees zeigt sich, dass ihre wahrgenommene Autonomieunterstützung sowohl ihr Kompetenzerleben ($p < .001$; $ß = .414$) als auch ihr Interesse ($p < .001$; $ß = .376$) vorhersagt. Alter oder Geschlecht der Tutoren und Tutees sagen weder das Kompetenzerleben noch das Interesse der Tutees voraus. Derzeit können keine Ergebnisse bezüglich Forschungsfrage 2 berichtet werden, da das Verhalten der Tutoren während der videographierten Tutor-Sitzungen noch nicht ausgewertet wurde.

Diskussion
Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, dass die Autonomie von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren unterstützt werden sollte, da eine höhere wahrgenommene Autonomieunterstützung, mit einem höheren Kompetenzerleben und Interesse einhergeht. Deshalb sollten Tutoren Hilfe bekommen, die Autonomie ihrer Tutees zu unterstützen. In unserer Studie konnte bereits eine kurze Intervention die selbstberichtete Neigung zu Autonomieunterstützung fördern. Allerdings haben wir nicht untersucht, ob und inwiefern die wahrgenommene Autonomieunterstützung der Tutees mit ihrem Fachwissenszuwachs durch das Tutoring zusammenhängt. Weiterhin gibt es keine Kontrollgruppe, weshalb nur korrelative und keine kausalen Interpretationen der Ergebnisse möglich sind.
Das erfolgreiche Training kann genutzt werden, um Cross-Age-Tutoring in Schulen neu zu implementieren oder bereits vorhandene Tutor-Trainings zu ergänzen. Die Ergebnisse der Untersuchung können außerdem dazu dienen, Interventionen bezüglich Autonomieunterstützung in schulischen Lernumgebungen weiterzuentwickeln. Die dadurch erhofften besseren Leistungen von Schülerinnen und Schülern könnten ein wertvoller Beitrag zum naturwissenschaftlichen Unterricht sein.

Literatur

Berger, R., Müller, M. & Hänze, M. (2017). Konzeption und Evaluation von Tutor-Trainings zur Förderung der intrinsischen Motivation der Tutoren und der Autonomieförderung ihrer Tutees im Cross-age Tutoring. https://link.springer.com/article/10.1007/s40573-017-0066-3. Zugegriffen: 08. September 2017.

Black, A. E., & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. Science Education, 84, 740–756.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). The general causality orientations scale: Self-Determination in personality. Journal of Research in Personality, 19, 109 – 134.

Deci, E. L., Schwartz, A. J., Sheinman, L., & Ryan, R. M. (1981). An instrument to assess adults' orientations toward control versus autonomy with children. Journal of Educational Psychology, 73, 642-650.

Fuchs, Lynn & Fuchs, Douglas & Bentz, Johnell & B. Phillips, Norris & L. Hamlett, Carol. (1994). The Nature of Student Interactions During Peer Tutoring With and Without Prior Training and Experience. American Educational Research Journal, 31. 75-103.

Gagné, M., & Deci, E. L. (2005). Self-determination theory and work motivation. Journal of Organizational Behavior, 26(4), 331–362.

Grolnick, W. S., & Apostoleris, N. H. (2002). What makes parents controlling? In E. L. Deci & R. M. Ryan (Eds.), Handbook of self-determination research (pp. 161–181). Rochester: University of Rochester Press.

Kaur A., Awang-Hashim, R., & Noman, M. (2015). Teacher autonomy support intervention as a classroom practice in a Thai school. Journal for Multicultural Education, 9, 10 – 27.

Korner, M. (2015). Cross-Age Peer Tutoring in Physik: Evaluation einer Unterrichtsmethode [Cross-Age Peer Tutoron in physics teaching: evaluation of a teaching method]. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Markland, M., & Hardy, L. (1997). On the factorial and construct validity of the Intrinsic Motivation Inventory: Conceptual and operational concerns. Research Quarterly for Exercise and Sport, 69, 20–32.

Reeve, J. (1998). Autonomy support as an interpersonal motivating style: Is it teachable? Contemporary Educational Psychology, 23(3), 312 – 330.

Reeve, J., Bolt, E., & Cai, Y. (1999). Autonomy-supportive teachers: How they teach and motivate students. Journal of Educational Psychology, 91(3), 537 – 548.

Reeve, J., Jang, H., Carrell, D., Jeon, S., & Barch, J. (2004). Enhancing students' engagement by increasing teachers' autonomy support. Motivation and Emotion, 28(2), 147 – 168.

Reeve, J. (2009). Why teachers adopt a controlling motivating style toward students and how they can become more autonomy supportive. Educational Psychologist, 44(3), 159 – 175.

Reeve, J., Vansteenkiste, M., Assor, A., Ahmand, I., Cheon, S. H., Jang, H., ... Wang, C. K. J. (2014). The beliefs that underlie autonomy-supportive and controlling teaching: A multinational investi-gation. Motivation and Emotion, 38, 93 – 110.

Robinson, D., Schofield, J., & Steers-Wentzell, K. (2005). Peer and cross-age tutoring in math: Outcomes and their design implications. Educational Psychology Review, 17, 327–362.

Schlake, T., Krabbe, H., Fischer, H. E., & Härtig, H. (2017). Autonomieunterstützendes Cross-Age-Peer-Tutoring beim Experimentieren. Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, 696.

Su, Y. L., & Reeve, J. (2011). A meta-analysis of the effectiveness of intervention programs designed to support autonomy. Educational Psychology Review, 23, 159 – 188.

Topping, K. J. (2005). Trends in Peer Learning. Journal of Educational Psychology, 25, 631–645.

Van den Berghe, L., Soenens, B., Vansteenkiste, M., Aelterman, N., Cardon, G., Tallir, I. B., Haerens, L. (2013). Observed need-supportive and need-thwarting teaching behavior in physical education: Do teachers' motivational orientations matter? Psychology of Sport and Exercise, 14, 650–661.

Roland Berger[1]
Marion Müller[1]
Céline Godau[1]
Martin Hänze[2]

[1]Universität Osnabrück
[2]Universität Kassel

Gruppenarbeit mit und ohne Tutor – worin bestehen die Unterschiede?

Hintergrund und Fragestellung

Die jüngste Meta-Analyse zum Lernen mithilfe von Tutoren zeigt, dass Tutoring im Hinblick auf die Leistung der Tutees mit einem kleinen bis mittleren Effekt positiv wirkt (Leung, 2015). Der Effekt für Grundschulen ist dabei etwas kleiner als für die Sekundarstufe. Allerdings ist die Aussagekraft solcher Ergebnisse recht unspezifisch, weil Tutoring auch mit Unterrichtsformen verglichen wird, die völlig anders strukturiert sind (z.B. Frontalunterricht). Roscoe und Chi (2007) empfehlen daher, vermehrt Studien mit Kontrollgruppendesign durchzuführen, in denen tutorielle mit nichttutorieller Gruppenarbeit verglichen wird.

Im Folgenden vergleichen wir experimentelle Kleingruppenarbeit mit Tutor bzw. ohne Tutor („Lernzirkel"). Wir wählen dabei das Modell des Cross-age tutoring, weil dies im Sinne einer Kompetenzunterstützung am erfolgversprechendsten erscheint. Fogarty und Wang (1982) nehmen an, dass Cross-age Tutoring sowohl für die Tutoren als auch die Tutees besonders motivierend ist, und dadurch auch die Leistung positiv beeinflusst wird.

Eine wesentliche Aufgabe der Tutoren besteht darin, bei Hilfebedarf die Tutees so zu unterstützen, dass sie ein aufgetretenes Problem möglichst selbstständig und lernwirksam lösen können. Sind die Schülerinnen und Schüler wie im Lernzirkel hingegen eher auf sich allein gestellt, so können sie leichter in eine Situation geraten, in denen Lernprozesse unnötig erschwert, oder gelegentlich sogar unmöglich gemacht werden. Tutoring hat im Vergleich zum Lernzirkel daher potenziell den Vorteil, dass ein fachlich kompetenter Tutor im Hinblick auf das Fehlermanagement Probleme rasch diagnostizieren, und darauf aufbauend geeignete Korrekturstrategien einsetzen kann (Topping, 2001). Ein zentrales Problem besteht jedoch darin, dass didaktisch nicht trainierte Tutoren ihr Wissen häufig lediglich mitteilen („Knowledge-Telling"), jedoch nicht in der Lage sind, ihre Tutees dabei „mitzunehmen" („Knowledge-Building", z.B. durch das Geben geeigneter Rückmeldungen oder einem gezielten Nachfragen, um Verständnislücken zu identifizieren) (Roscoe & Chi, 2007; Berghmans, Michiels, Salmon, Dochy & Struyven, 2014).

Wir gehen vor diesem Hintergrund der Frage nach, welchen Einfluss Tutoren für das Erleben von Autonomie und Kompetenz sowie für die Leistung ihrer Tutees haben, wenn sie zuvor kein didaktisches Training im Sinne des „Knowledge-Building" durchliefen.

Methode

Stichprobe

Mit vollständigem Datensatz arbeiteten im Rahmen des Tutoring 120 Schülerinnen und 92 Schüler dritter Klassen. Im Lernzirkel waren es 131 Schülerinnen und ebenso viele Schüler. In der Tutoringbedingung wurden die Tutees von 84 Tutoren der 8. Jahrgangsstufe von Hauptschulen begleitet. Aufgrund der relativ hohen Zahl an Grundschulkindern ist die Teststärke so hoch, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% Effekte aufgedeckt werden können, die eine drittel Standardabweichung (oder größer) sind.

Durchführung und unabhängige Variable

Die Studie wurde in einem quasi-experimentellen Design realisiert und zwei Arten von Gruppenarbeit miteinander verglichen (unabhängige Variable Art des Lernens mit den Ausprägungen Tutoring und Lernzirkel).

Die Kinder der 3. Jahrgangsstufe arbeiteten in beiden Bedingungen eine Doppelstunde in der Grundschule. Zu Beginn der Doppelstunde bearbeiteten sie zunächst einen Vorwissenstest. In der Tutoringbedingung wurden die Gruppen zufällig einer Tutorin bzw. einem Tutor zugewiesen. Basierend auf einem Vorschlag von Muckenfuß und Walz (1997) bearbeiteten die Kleingruppen jeweils vier Stationen mit jeweils einem Versuch zum elektrischen Antrieb eines Geräts (z.B. Betreiben einer Glühlampe mithilfe eines Kurbelgenerators oder Betreiben eines Weckers mit einer Essigbatterie). Dabei wurden zwei zentrale Lernziele angestrebt: 1) Die Grundschülerinnen und Grundschüler nennen die den Versuchen zugrunde liegenden Energiequellen (z.B. Solarzelle); 2) Die Grundschülerinnen und Grundschüler ermitteln auf der Basis der vier Experimente den Einsatz zweier Verbindungen als notwendige Bedingung für den Betrieb eines elektrischen Stromkreises. Dieses Lernziel adressiert eine typische Lernschwierigkeit (Glauert, 2009). Am Ende der Doppelstunde wurden das Autonomieerleben und das Kompetenzerleben der Grundschulkinder mit einem Fragebogen erhoben. Der Wissenstest wurde in einer Sachunterrichtsstunde an einem der folgenden Tage (höchstens eine Woche später) unter Aufsicht der Lehrkraft bearbeitet.

Abhängige Variablen

Unterrichtserleben der Tutees. Die Skala zum Autonomieerleben umfasst drei Items (z.B. „Ich konnte selbst entscheiden, was ich tue."). Die Schülerinnen und Schüler antworteten auf einer vierstufigen Skala ("stimmt gar nicht / stimmt wenig / stimmt ziemlich / stimmt genau"). Die Skala zum Kompetenzerleben enthält zwei Items („Ich habe alles sehr gut verstanden."; „Ich glaube, dass ich alles sehr gut gemacht habe."). Die interne Konsistenz der Skalen betragen Cronbach's $\alpha = .79$ (Autonomieerleben) und $\alpha = .68$ (Kompetenzerleben).

Leistungstests. Im Vorwissenstest müssen die Grundschülerinnen und -schüler in der ersten Aufgabe im Alltag vier relativ weit verbreitete Energiequellen (z.B. Solarzellen) bezeichnen („Was zeigt das Bild?") und eine Anwendung nennen. In der zweiten Aufgabe sollten basierend auf Vorschlägen von Osborne (1983) sechs Stromkreise aus Batterie und Lämpchen in einem Multiple Choice Format hinsichtlich ihrer Vollständigkeit eingeschätzt werden („Lampe leuchtet" / „Lampe leuchtet nicht") ($\alpha = .67$). Der Wissenstest umfasst je zwei eng auf die beiden Lernziele des Unterrichts abgestimmte Aufgaben im Constructed Response Format (Bennett, 1991) zum geschlossenen Stromkreis bzw. zu Energiequellen. Die interne Konsistenz beträgt $\alpha = .62$.

Handlungen und Kommunikation. Auf der Grundlage von Kategoriensystemen zum experimentellen Arbeiten in Kleingruppen von Jovanovic und King (1998) und zur Kommunikation von Franke-Braun (2008) wurde von Godau (2017) im Rahmen ihrer Masterarbeit ein Kategoriensystem entwickelt. Sieben dieser Kategorien wurden für die vorliegende Studie herangezogen und auf dieser Basis in jeder der beiden Bedingungen mit bzw. ohne Tutor 50 zufällig ausgewählte und videographierte Stationen ausgewertet.

Ergebnisse

Leistung und Selbstberichte der Tutees

Im Nachtest erreichten die Grundschulkinder mit Tutor 70% (Standardabweichung 28%) und ohne Tutor 77% (21%) der maximalen Punktzahl. Der Unterschied ist nicht signifikant ($F(1, 282) = 2.04$, $p = .16$). Dies gilt auch für das Kompetenzerleben ($F(1, 283) < 1$, $p = .37$) und das Autonomieerleben ($F(1, 283) < 1$, $p = .38$).

Pfadanalyse

Eine Faktorenanalyse der sieben Kategorien ergab drei Faktoren mit Eigenwert größer als 1:

- *Versuchsbezogene Handlung und Kommunikation:* „Aktives Experimentieren“ und „Aussage zum Versuch“ (α = .57);
- *Sonstige sachliche Kommunikation*: „Frage an Peers“ (z.B. *„Sollen wir zuerst lesen?“*) und „Aufgabenmanagement“ (z.B. *„Ich glaub´, wir müssen erstmal alles lesen.“*) (α = .54);
- Auf den dritten Faktor lud „Dokumentation von Ergebnissen“, die Kategorien „Vorlesen“ und „Frage an Tutor / Lehrkraft“ (z.B. *„Müssen wir das hier einzeichnen?“)* hingegen nicht eindeutig. Entsprechend ist die interne Konsistenz der Skala gering (α = .45), sodass lediglich „Dokumentation von Ergebnissen“ in die Analyse einbezogen wurde.

Das Ergebnis einer Pfadanalyse ist in Abbildung 1 zu sehen.

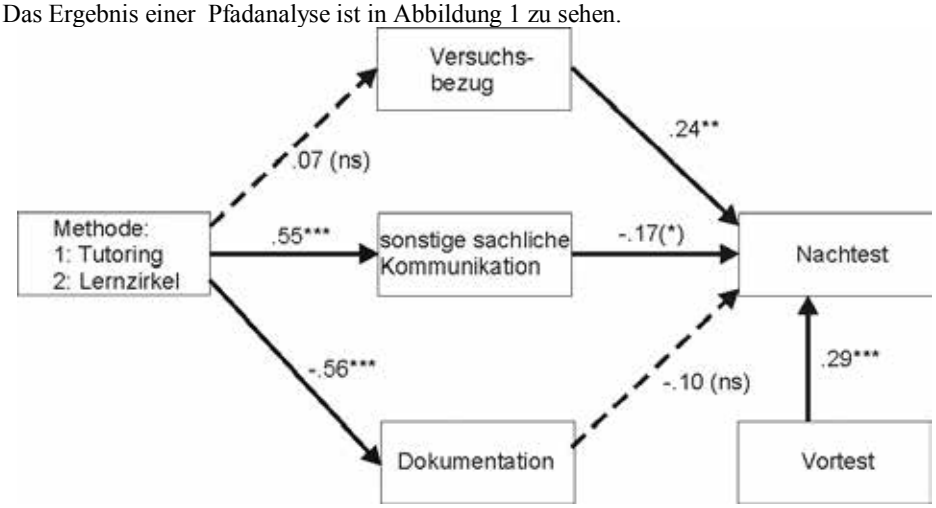


*Abb. 1: Pfadanalyse zum Zusammenhang zwischen der Unterrichtsmethode, den Prozessvariablen aus der Videoanalyse und dem Nachtest (χ^2 (8) = 27, p < .01; RMSEA = .07; N = 87). ***: p <.001, **: p < .01; Ein Pfadkoeffizient (*) ist marginal signifikant mit p = .06.*

Diskussion

Grundschulkinder der 3. Klasse arbeiteten in Kleingruppen mit Tutor bzw. ohne Tutor („Lernzirkel“). In Bezug auf den Nachtest ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Bedingungen. Eine auf einer Videoanalyse basierende Pfadanalyse ergab einige Aufschlüsse über Vor- und Nachteile des Einsatzes von Tutoren in experimenteller Kleingruppenarbeit.

Den Tutoren gelang es nicht, versuchsbezogene Handlungen und Kommunikation – welche einen Zusammenhang mit Leistung im Nachtest aufweisen – zu fördern. Allerdings ist gerade dies eine sehr anspruchsvolle Aufgabe im Sinne des „Knowledge-Building“. Offensichtlich fällt es didaktisch nicht trainierten Tutoren leichter, ihre Gruppe kognitiv zu entlasten, indem sie Teile des Aufgabenmanagements übernehmen, wobei sich dies als lediglich marginal leistungsrelevant erwies. Schließlich sorgten die Tutoren verstärkt dafür, dass die Schülerinnen und Schüler die Dokumentation der Ergebnisse auf den Arbeitsblättern tatsächlich vornahmen, was für die Leistung im Nachtest allerdings nicht relevant war.

Bei der Interpretation der Befunde ist zu beachten, dass die Tutoren didaktisch nicht trainiert waren. Durch geeignete Trainings lässt sich das Verhalten der Tutoren so beeinflussen, dass sie die Autonomie ihrer Tutees besser unterstützen (Berger, Müller & Hänze, 2017), sodass diese auch bessere Leistungen erbringen (Hänze, Müller & Berger, eingereicht).

Eine offene Frage ist jedoch, ob die Befunde auch für fortgeschrittene Schülerinnen und Schüler repliziert werden können.

Literatur

Bennett, R. E. (1991). On the meanings of constructed-response. Princeton, NJ: Educational Testing Service. http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2333-8504.1991.tb01429.x/epdf

Berger, R., Müller, M., & Hänze, M. ZfDN (2017). https://doi.org/10.1007/s40573-017-0066-3

Berghmans, I., Michiels, L., Salmon, S., Dochy, F., & Struyven, K. (2014). Directive versus facilitative peer tutoring? A view on students' appraisal, reported learning gains and experiences within two differently-tutored learning environments. Learning Environments Research, 17, 437–459

Fogarty, J. L., & Wang, M. C. (1982). An investigation of the cross-age peer tutoring process: Some implications for instructional design and motivation. The Elementary School Journal, 82, 450-469

Franke-Braun, G. (2008): Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos

Glauert, E. B. (2009). How young children understand electric circuits: Prediction, explanation and exploration. International Journal of Science Education, 31, 1025-1047

Godau, C. (2017). Videoanalyse zur Bedeutung von Tutoren für die Aktivitäten von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren im Sachunterricht. Unveröffentlichte Masterarbeit, Universität Osnabrück

Hänze, M., Müller, M., & Berger, R. (2017). Cross-age tutoring: How to promote tutees' active knowledge-building. Manuskript zur Veröffentlichung eingereicht

Jovanovic, J., & King, S. (1998). Boys and girls in the performance-based science classroom: Who's doing the performing? American Educational Research Journal, 35, 477-496

Leung, K. C. (2015). Preliminary empirical model of crucial determinants of best practice for peer tutoring on academic achievement. Journal of Educational Psychology, 107, 558-579

Muckenfuß, H., & Walz, A. (1997). Neue Wege im Elektrik-Unterricht. Köln: Aulis Verlag

Osborne, R. (1983). Toward modifying children's ideas about electric current. Research in Science & Technological Education, 1, 73-82

Roscoe, R. D., & Chi, M. T. H. (2007). Understanding tutor learning: Knowledge-building and knowledge-telling in peer tutors' explanations and questions. Review of Educational Research, 77, 534-574

Topping, K. (2001). Peer assisted learning: A practical guide for teachers. Newton: Brookline Books

Hanna Grimm Universität Münster
Christin Robisch
Kornelia Möller

Förderung des Schlussfolgerns bei heterogenen Lernvoraussetzungen

In der vorliegenden Studie wird untersucht, ob sich das schlussfolgernde Denken bei der Hypothesenprüfung im naturwissenschaftlichen Experiment bei Drittklässlern fördern lässt. Vor dem Hintergrund der Heterogenitätsdebatte wird die differenzielle Wirkung der in der Studie durchgeführten Förderung zum hypothesenbezogenen Schlussfolgern bei heterogenen Lernvoraussetzungen der Schüler/innen in den Fokus dieses Beitrags gerückt.

Hypothesenbezogen Schlussfolgern im naturwissenschaftlichen Sachunterricht
In einem scientific inquiry-orientierten Unterricht lernen Schüler/innen das Anwenden von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, welches eine Komponente einer naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sinne einer ‚*Scientific Literacy*' darstellt (Prenzel et al., 2003). Beim Experimentieren als einer zentralen Methode der Naturwissenschaften gelten drei Kompetenzen als grundlegend: (1) Forschungsfragen stellen und Hypothesen bilden, (2) Planen und Durchführen von Untersuchungen sowie (3) deren Auswertung und Interpretation (z.B. Emden & Baur, 2016; Mannel et al., 2015; Nehring et al., 2016; Vorholzer et al., 2016; Wellnitz et al., 2012). Im Blickpunkt dieses Beitrags steht die letztgenannte Komponente des sogenannten scientific inquiry-Prozesses. Eine große Herausforderung in dieser Phase des Experimentierens stellt für Grundschüler das adäquate Schlussfolgern im Sinne der Evaluation von Ereignissen in Bezug auf ihre Aussage über den Wahrheitsgehalt einer Hypothese dar (Barrouillet et al., 2008). Für adäquate Schlussfolgerungen im Kontext der Hypothesenprüfung müssen Lernende bestätigende, widerlegende und für die Prüfung der Hypothese irrelevante Ereignisse unterscheiden können. Bei Grundschulkindern sind diese Schlussfolgerungen über den Wahrheitsgehalt von Hypothesen allerdings unzureichend entwickelt (vgl. Gauffroy & Barrouillet, 2011; Tröbst et al., 2011), was eine Förderung des hypothesenbezogenen Schlussfolgerns im Grundschulalter relevant erscheinen lässt. Für den naturwissenschaftlichen Kontext in der Grundschule haben Robisch et al. (2014) bereits eine Förderung in 1:1-Laborsituationen mit Drittklässler/innen (n =101) durchgeführt. Die auf dem Konzept des Scaffoldings basierende Förderung berücksichtigte folgende zuvor identifizierte Bedingungsfaktoren des hypothesenbezogenen Schlussfolgerns: die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, die inhalts- und kontextbasierte Wahrnehmung der Hypothese, die Fähigkeit zur Inhibition und das Wissenschaftsverständnis. Die Möglichkeit einer Förderung hypothesenbezogener Schlüsse im naturwissenschaftlichen Kontext bei Drittklässler/innen konnte in der Studie von Robisch et al. (2014) nachgewiesen werden. Anknüpfend an diese Untersuchung wird in der vorliegenden Studie die Implementation der Förderung in einen Unterricht für ganze Schulklassen untersucht, um das Ergebnis unter natürlichen Bedingungen abzusichern.

Differenzielle Wirkung einer Förderung bei heterogenen Lernvoraussetzungen
Bei einer Förderung des hypothesenbezogenen Schlussfolgerns in Schulklassen besteht die Herausforderung im Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen. Der Aspekt der differenziellen Wirkung von Unterricht steht im Hinblick auf die Frage, was einen qualitätsvollen Unterricht ausmacht, noch vor vielen ungelösten Fragen, so zum Beispiel vor der Frage, ob ein Unterricht möglich ist, von dem alle Lernenden profitieren können (Kunter & Ewald, 2016). Gut belegt ist dagegen die Erkenntnis, dass für das Erreichen von Lernzielen die Tiefenstrukturen des Unterrichts relevant sind (Hattie, 2009; Seidel & Shavelson, 2007).

Tiefenstrukturen beschreiben die Qualität der Interaktion zwischen Lehrendem und Lernenden und umfassen damit auch das Konzept des *Scaffolding* als Unterstützung von Lernenden beim Lösen herausfordernder Aufgaben (van de Pol et al., 2010). Da eine gute Unterrichtsqualität in besonderem Maße bei Schüler/innen mit bildungsrelevanten Risiken positive Effekte zu erzielen scheint (Seiz et al., 2016), kann angenommen werden, dass Tiefenstrukturen eine besondere Bedeutsamkeit für einen angemessenen Umgang mit heterogenen Schülergruppen aufweisen (Kunter & Ewald, 2016).

Fragestellungen und Hypothesen

In der vorliegenden Studie wird zum einen untersucht, (1) ob ein inquiry-basierter Unterricht mit gezielten Scaffolds (EG) zur Förderung der Schlussfolgerungsfähigkeit die adäquate Ereignisevaluation beim hypothesenbezogenen Schlussfolgern im Vergleich zu einem inquiry-basierten Unterricht ohne diese gezielten Scaffolds (KG) begünstigt. In Anlehnung an die dargestellten Forschungsergebnisse wird erwartet, dass die Experimentalgruppe mit expliziter Förderung der Kontrollgruppe ohne explizite Förderung zum hypothesenbezogenen Schlussfolgern überlegen sein wird.

Zum anderen wird untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem Lernzuwachs beim adäquaten Schlussfolgern und der Lernvoraussetzung besteht. Es besteht die Frage, (2) ob es einen Unterschied in der differenziellen Wirkung des Unterrichts zwischen EG und KG gibt. Es wird erwartet, dass der Einsatz des zusätzlichen Scaffoldings in der EG zu einer geringeren differenziellen Wirkung als in der KG führt. Mit einer letzten Frage soll der direkte Vergleich von leistungsstärkeren und -schwächeren Schüler/innen untersucht werden: (3) Gibt es Unterschiede im Lernzuwachs bei den leistungsstärkeren und -schwächeren Schüler/innen zwischen EG und KG? Hier wird erwartet, dass Schüler/innen der EG einen Lernzuwachs auf einem höheren Niveau erzielen als Schüler/innen der KG.

Methode

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurde eine quasi-experimentelle Interventionsstudie mit Pre-Post-Design durchgeführt. Für die Auswertung wurden die Daten von drei geschulten Lehrkräften verwendet, die jeweils eine EG und eine KG unterrichteten (n=111 Drittklässler/innen). Der Unterricht zum Thema ‚Woran liegt es, dass Dinge springen?' (Thiel, 1987) umfasste in beiden Gruppen sieben Unterrichtsstunden, von denen in drei Stunden das hypothesenbezogene Schlussfolgern gefördert wurde. Die Konzeption der Förderung basiert auf den Forschungsergebnissen von Robisch et al. (2014). So kam zum Beispiel Unterrichtsmaterial zum Einsatz, welches zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses den Denkprozess in Teilschritte zerlegt und visualisiert.

Das hypothesenbezogene Schlussfolgerungsvermögen wurde durch vier truth-testing-tasks (vgl. Barrouillet et al., 2008) erfasst. Bei diesen Aufgaben wurden die Schüler/innen mit Vermutungen in Form eines Relativsatzes (z.B. Dinge, die leicht sind, springen.) konfrontiert. Anschließend galt es zu entscheiden, ob die hierzu präsentierten Ereignisse zeigen, dass die Vermutung stimmt, nicht stimmt oder ob sie nichts mit der Vermutung zu tun haben. Die Lernvoraussetzung der Schüler/innen wurde anhand von differenzierten Beurteilungen der Klassenlehrer/in erfasst. Die Auswertung der Daten erfolgte mithilfe von Varianzanalysen und einer Moderatoranalyse.

Ergebnisse und Diskussion

(1) Die Ergebnisse einer ANOVA mit Messwiederholung konnten die Annahme bekräftigen, dass der Einsatz gezielter Scaffolds zur Förderung des Schlussfolgerns den Lernzuwachs der Schüler/innen hinsichtlich des hypothesenbezogenen Schlussfolgerns steigert. So konnten die Kinder der EG mit gezielter Förderung einen signifikant höheren Lernzuwachs aufzeigen als die Kinder der KG ohne gezielte Förderung des schlussfolgernden Denkens. Damit

scheint die im Projekt entwickelte gezielte Förderung basierend auf dem Konzept des Scaffoldings (unter Berücksichtigung der in einer vorangegangenen Studie identifizierten Bedingungsfaktoren) die Entwicklung des schlussfolgernden Denkens bei der Hypothesenprüfung positiv zu beeinflussen. Über die Ergebnisse bisheriger Studien hinaus konnte gezeigt werden, dass eine Förderung des Schlussfolgerns nicht nur in Einzelsituationen, sondern auch mit ganzen Schulklassen gelingt.
(2) Im Hinblick auf den Zusammenhang von Lernzuwachs und Lernvoraussetzung zeigen sich zwischen leistungsstärkeren und leistungsschwächeren Schüler/innen keine signifikanten Unterschiede im Anstieg des Schlussfolgerungsvermögens. Dieses Ergebnis einer Moderatoranalyse mit Process zeigt, dass die Schüler/innen unabhängig von ihren Lernvoraussetzungen von dem Unterricht profitieren. Möglicherweise ist der Einsatz des Scaffoldings als qualitätsvolle Lehrer-Schüler-Interaktion als Erklärung für dieses Ergebnis heranzuziehen, was die Annahme stützt, dass die Wirkung von Tiefenstrukturen für einen Umgang mit (Leistungs-)Heterogenität relevant ist. Entgegen der formulierten Annahme trifft dieses Ergebnis allerdings sowohl für die EG als auch für die KG zu. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die KG eine starke Vergleichsgruppe bildet, denn auch sie erhielt strukturierende Scaffolds wie eine schrittweise Schwierigkeitserhöhung im Sequenzaufbau der Unterrichtsreihe.
(3) Der Mehrwert der gezielten Förderung in der EG wird beim direkten Vergleich der Ergebnisse von leistungsstärkeren und -schwächeren Schüler/innen zwischen EG und KG deutlich. Hier zeigt sich mithilfe einer Varianzanalyse, dass alle Kinder der EG – sowohl die leistungsstärkeren als auch die leistungsschwächeren im direkten Vergleich miteinander – einen signifikant stärkeren Fördereffekt zeigen als die Schüler/innen der KG. Diese Ergebnisse bestätigen die Annahme zu Fragestellung 1 (Überlegenheit der EG hinsichtlich der Förderung des Schlussfolgerungsvermögens) und belegen darüber hinaus die Unabhängigkeit des Fördereffekts von der Lernvoraussetzung.
Zusammengefasst zeigt die Studie, dass eine Förderung des kognitiv anspruchsvollen Lerngegenstands des hypothesenbezogenen Schlussfolgerns einerseits möglich, aber auch erforderlich für alle Kinder im Alter der Grundschulzeit ist.

Ausblick

Eine Videoanalyse des in der Interventionsstudie durchgeführten Unterrichts ergab einige weiterführende Anregungen im Hinblick auf eine noch adaptivere Gestaltung der Förderung zum hypothesenbezogenen Schlussfolgern (Rochholz, 2016). In einer Analyse der Partnerarbeitsphasen wurde beobachtet, dass der Einsatz des strukturierenden Lernmaterials in der EG oftmals zu mechanischem Handeln bei gleichzeitiger Vernachlässigung einer gedanklichen Aktivierung geführt hat, insbesondere bei den leistungsstärkeren Schüler/innen. In der KG hingegen war im Vergleich zur EG eine stärkere Kommunikation zwischen den Schüler/innen zu beobachten; die Lernenden wirkten in Bezug auf eigene Gedankengänge aktiver. Dies führt zu der Überlegung, dass für einige Kinder eine Rücknahme der Unterstützung, ein sogenanntes *Fading*, sinnvoll sein könnte, um einem mechanischen Handeln entgegenzuwirken. Für andere Kinder hingegen könnten zusätzliche Tippkarten zum Umgang mit dem Lernmaterial eine wertvolle Unterstützung darstellen. Zur Verbesserung der Kommunikation und Stärkung der Eingebundenheit der Lernenden könnten sogenannte ‚Forscher-Berater-Teams' eingeführt werden. Mit der so entstehenden Rollenzuweisung würden die Kinder jeweils im Wechsel die eigene Vermutung überprüfen, während das jeweils andere Kind die Verantwortung für die Hypothesenprüfung in beratender Funktion übernimmt.
Diese unterrichtspraktischen Überlegungen zu einer adaptiveren Gestaltung des Unterrichts sollen bei der geplanten Entwicklung von Handreichungen für Lehrpersonen zum Thema ‚Wie kommt es, dass ein Ball springt?' mit dem Schwerpunkt einer Förderung des schlussfolgernden Denkens durch Scaffoldingmaßnahmen Berücksichtigung finden.

Literatur

Barrouillet, P., Gauffroy, C., & Lecas, J.-F. (2008). Mental models and the suppositional account of conditionals. Psychological review, 115(3), 760-71.

Emden, M., & Baur, A. (2016). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren – Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.

Gauffroy, C., & Barrouillet, P. (2011). The primacy of thinking about possibilities in the development of reasoning. Developmental psychology, 47(4), 1000–1011.

Hattie, J. A. C. (2009). Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. New York: Routledge.

Kunter, M., & Ewald, S. (2016). Bedingungen und Effekte von Unterricht: Aktuelle Forschungsperspektiven aus der pädagogischen Psychologie. In N. McElvany, W. Bos, H. Holtappels, M. Gebauer & F. Schwabe (Eds.), Bedingungen und Effekte guten Unterrichts. Münster: Waxmann, 9–31.

Mannel, S., Walpuski, M., & Sumfleth, E. (2015). Erkenntnisgewinnung: Schülerkompetenzen zu Beginn der Jahrgangsstufe 5 im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21(1), 99–110.

Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22(1), 77–96.

Prenzel, M., Geiser, H., Lengeheine, R., & Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In W. Bos, E.-M. Lankes, K. Schwippert, G. Walther, & R. Valtin (Eds.), Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann, 143–187.

Robisch, C., Tröbst, S., & Möller, K. (2014). Hypothesenbezogene Schlussfolgerungen im Grundschulalter fördern. Zeitschrift für Grundschulforschung, 2(7), 88–101.

Rochholz, A. (2016). Wie unterscheiden sich die Partnerarbeitsphasen in einem Unterricht mit expliziter und ohne explizite Förderung des Schlussfolgerungsvermögens? Eine Videoanalyse. Unveröffentlichte Masterarbeit. Institut für Didaktik des Sachunterrichts, WWU Münster.

Seidel, T., & Shavelson, R. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. Review of Educational Research, 77(4), 454–499.

Seiz, J., Decristan, J., Kunter, M., & Baumert, J. (2016). Differenzielle Effekte von Klassenführung und Unterstützung für Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 30(4), 237–249.

Thiel, S. (1987). Wie springt ein Ball? Grundschule, 1, 18-23.

Tröbst, S., Hardy, I., & Möller, K. (2011). Die Förderung deduktiver Schlussfolgerungen bei Grundschulkindern in naturwissenschaftlichen Kontexten. Unterrichtswissenschaft, 39(1), 7–20.

van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher-Student Interaction: A Decade of Research. Educational Psychology Review, 22 (3,) 271–296.

Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. von, & Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22(1), 25–41.

Wellnitz, N., Fischer, H., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H., & Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 261–291.

Philipp Galow
Hilde Köster
Freie Universität Berlin

Das Fach ‚Integrierte Naturwissenschaften' in der Evaluation

Ausgangslage und Zielstellung

Das Studienfach ‚Integrierte Naturwissenschaften' an der Freien Universität Berlin (entwickelt im Projekt ‚FU.MINT – Lehrerbildung neu denken', gefördert durch die Deutsche Telekom Stiftung) bereitet zukünftige Lehrkräfte auf die Anforderungen des Schulfachs ‚Naturwissenschaften' vor. Zu den Qualifikationszielen des Studienangebotes gehört es, den Studierenden Basiskenntnisse hinsichtlich des wissenschaftlichen Argumentierens und Experimentierens zu vermitteln. Den Rahmen dafür bilden Lernumgebungen im Sinne des Inquiry-based Science Learning (IBSL; vgl. Höttecke 2013; Bybee 2002; Pedaste 2015) Ungeklärt ist bisher, inwiefern die Studierenden Argumentations- und Experimentierfähigkeiten ausprägen.

Theoretischer Hintergrund

Dem *Argumentieren* wird in naturwissenschaftlichen Unterrichtskontexten eine bedeutende Rolle zugemessen, da es das Einnehmen von Standpunkten, das Rechtfertigen von Erkenntnissen und Vorhersagen und das Verbinden von Behauptungen und Belegen herausfordert (vgl. z.B. Fleischhauer 2013, S. 129; Gromadecki 2008, S. 1; Sampson & Clark 2008, S. 447; Sandoval & Millwood 2005, S. 27). Die Qualität von Argumentationen wird auf zwei Ebenen beurteilt: Die *strukturelle* Analyse bezieht sich auf das Vorhandensein bestimmter Argumentationselemente, die *inhaltsbezogene* zieht fachspezifische Qualitätskriterien heran. Strukturelle Argumentationsanalysen werden häufig auf Basis des ‚Toulmin Argumentation Pattern' (kurz: TAP) vorgenommen (Toulmin 1975; z.B. in Untersuchungen von: Means & Voss 1996; Riemeier et al. 2012; Osborne, Eduran & Simon 2004). Kritik an einer rein strukturellen Qualitätsbewertung äußern z.B. Sampson und Clark (2008). Sie weisen darauf hin, dass diese sowohl inhaltliche als auch domänenspezifische Qualitätskriterien unberücksichtigt lasse (vgl. Sampson & Clark 2008, S. 452). Auch Sandoval und Millwood (2005) untersuchen beispielsweise, ob Belege zur Stützung von Behauptungen (‚*rhetorical references*', vgl. Sandoval & Millwood 2005, S. 35) angeführt werden und ob diese fachlich hinreichend (‚*sufficient'*, ebd.) sind. Darüber hinaus wird die Sinnhaftigkeit der Schlussfolgerungen (‚*degree of warrant'*, vgl. ebd., S. 33) beurteilt (z.B. Erläuterungen durch Heranziehen von Gesetzen, Theorien, Regeln).

Um naturwissenschaftliche Argumentationen anzuregen, eignen sich Experimentiersituationen. Obwohl die Prozesse des Argumentierens und Experimentierens in Hinblick auf die Erkenntnisgewinnung eng miteinander verwoben sind, ist die gemeinsame Betrachtung bisher nur selten Teil von Untersuchungen (z.B. McNeill & Knight 2013; Robertshaw & Campbell 2013). Dies realisieren wir daher in unserer Studie.

Bezüglich der Bewertung des *Experimentierens* scheint nach Emden (2011) eine vereinfachende „Basisstruktur" aus Planung, Durchführung und Auswertung des Experimentierprozesses „konsensfähig zu sein" (Emden 2011, S. 19). Diese kann durch sechs Kategorien operationalisiert werden (vgl. ebd., S. 23): In Bezug auf die Planung wird unterschieden, ob die Proband*innen Ideen oder Hypothesen generieren, in der Durchführung, ob diese an eine Idee oder Hypothese anschließt oder ob die Durchführung explorativ stattfindet. Auswertungen werden danach differenziert, ob die enthaltenen Schlussfolgerungen einen Rückbezug zu geäußerten Ideen oder Hypothesen herstellen.

Stichprobe, Fragestellungen, Studiendesign und Instrumente
In unserer Studie werden Argumentationen und Experimentierprozesse bei Grundschulpädagogikstudierenden aus vier Fachsemestern und mit dem Nebenfach ‚Integrierte Naturwissenschaften' (NaWis; n=12) sowie anderen Nebenfächern (n=12) untersucht. Gruppen zu je drei Studierenden mit identischem Nebenfach und Fachsemester setzen sich über einen Zeitraum von jeweils 80 Minuten forscherisch mit einer wasserbasierten Flüssigkeit auseinander, die Glimmerflocken enthält. Das Vorgehen der Proband*innen wurde videographiert und transkribiert. Für die Untersuchung der Strukturierung der Argumentationen wird auf das Kategoriesystem von Fleischhauer (2013) zurückgegriffen. Die Experimentierprozesse werden mithilfe des Kategoriesystems nach Emden (2011) analysiert, die angewendeten naturwissenschaftlichen Methoden nach Wellnitz & Mayer (2013) klassifiziert. Die Bewertung der Qualität von Argumentationen erfolgt mit Hilfe eines adaptierten Instruments nach Sandoval & Millwood (2005).

Ergebnisse
In allen acht Proband*innen-Gruppen konnten Argumentationsstränge identifiziert werden: bei den NaWis 34 und bei den Nicht-NaWis 21. 12 von 34 Argumentationssträngen der NaWis konnten als (vollständig) fachlich richtig eingestuft werden, während dies nur bei vier von 21 Argumentationen bei den Studierenden mit anderen Nebenfächern der Fall war. Behauptungen wurden entweder nur implizit oder gar nicht mit Belegen gestützt, Behauptungen zu Vorhersagen nicht belegt und Vorhersagen nicht mit Belegen verbunden. 16 Belege, 12 bei den Nawis und vier bei den Nicht-Nawis, waren aber fachlich hinreichend. Lediglich ein Argumentationsstrang (vgl. Fleischhauer 2013, S. 53) konnte als strukturell vollständig und gleichzeitig fachlich kohärent bewertet werden. Über alle acht Studierendengruppen hinweg konnten nur sechs explizite Erläuterungen kodiert werden. Bezüglich des Experimentierens wurden 318 Untersuchungsansätze identifiziert, bei denen Planung *und/oder* Durchführung *und/oder* Auswertung beobachtbar waren (vgl. Emden 2011, S. 22). 156 davon entfallen auf die NaWis und 162 auf die Studierenden mit anderen Nebenfächern. Elf Ansätze können eindeutig als ‚Experimentieren' im Sinne einer vollständigen „Basisstruktur" (ebd., s.o.) bewertet werden. Das Ausgehen von theoriebasierten Hypothesen konnte nicht beobachtet werden. Dieses mit Blick auf Studienziele zunächst ernüchternde Ergebnis wird jedoch relativiert, wenn man einem weiteren Experimentbegriff folgt, wie ihn z.B. Hering & Höttecke (2014, S. 1480) vorschlagen: „According to a current understanding, a scientific experiment is, instead, an act of intervention, where questions, interests, public and private perspectives, background knowledge and skills, an experimenter's body, instruments, rooms and spaces, material and theoretical entities, and procedures interact to develop science within a cultural and societal context". Folgt man dieser Einschätzung oder spricht statt vom ‚Experimentieren' von ‚Erkenntnisgewinnung', fallen fast alle Aktivitäten der Studierenden unter diese Kategorie. Das Untersuchungssetting, das die Studierenden durch eine Phänomenbegegnung offensichtlich dazu herausfordert, herauszufinden, worum es sich bei der Flüssigkeit handelt, kann als in hohem Maße authentisch angenommen werden, ähnelt es doch sowohl vom Forschungsgegenstand als auch von der Fragestellung her einem originär wissenschaftlichen Vorgehen (vgl. Höttecke 2013). Beobachten konnten wir demgemäß nicht „nur" das (klassische) Experimentieren, sondern ein großes „Methodenarsenal" der Erkenntnisgewinnung, das die Studierenden zur Anwendung brachten. Insgesamt konnten z.B. 33 verschiedene naturwissenschaftliche Verfahren gezählt werden, 27 bei den NaWis und 24 bei den Nicht-NaWis (16 Verfahren wurden von Proband*innen beider Gruppen eingebracht). Von insgesamt 122 Anwendungen dieser Methoden wurden diese in 108 Fällen auch (vollständig) fachlich sinnvoll eingesetzt. Davon entfallen 49 Fälle auf die NaWis, die in ihrem Vorgehen insgesamt zielgerichteter agieren (vgl. Galow & Köster

2016). Inwiefern die Ergebnisse auf das Studium zurückzuführen sind, kann nicht sicher beantwortet werden. Bei den NaWis konnten aber in sechs Fällen explizierte Rückbezüge auf Studieninhalte registriert werden.

Zwar ist es mit den gewählten Instrumenten bisher noch nicht möglich ein Qualitätsniveau des gekoppelten Argumentier-Experimentierhandelns zu bestimmen, jedoch können theoriebasiert verschiedene Indikatoren für Prozess- und Produktqualität bestimmt und diese jeweils differenziert bewertet werden, zum Beispiel die Frage, ob die Studierenden beim Argumentieren Belege einbeziehen oder fachlich sinnvolle Schlüsse ziehen, die dann auch in das Experimentierhandeln übernommen oder weitergeführt werden. Die Weiterentwicklung des Untersuchungsinstrumentariums in Hinblick auf Fragen des kombinierten Argumentations-Experimentierhandelns ist eine Herausforderung, der sich aktuell auch andere Arbeitsgruppen widmen (vgl. Ludwig, Priemer & Lewalter 2017 in diesem Band).

Literatur

Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber et al. (Hrsg.), Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung, 21-43. Opladen: Leske + Budrich.

Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 118. Berlin: Logos.

Fleischhauer, J. (2013). Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 143. Berlin: Logos.

Galow, P. & Köster, H. (2016). Umgang mit Phänomenen – Handlungskompetenzen in naturwissenschaftlichen Kontexten von Grundschulpädagogikstudierenden der Integrierten Naturwissenschaften. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Gromadecki, U. (2008). Argumente in physikalischen Kontexten. Welche Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend? In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 91. Berlin: Logos.

Heering, P. & Höttecke, D. (2014). Historical-investigative approaches in science teaching. In M. R. Matthews (Hrsg.), International handbook of research in history, philosophy and science teaching

Höttecke, D. (2013). Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten. Ein Problemaufriss. Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen, 32-42.

Kultusministerkonferenz. (2017). Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse.

Ludwig, T., Priemer, B. & Lewalter, D. (2017). Argumentieren beim Experimentieren: Ergebnisse zweier Studien. In C. Maurer (Hrsg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. Universität Regensburg.

McNeill, K., & Knight, A. M. (2013). Teachers' pedagogical content knowledge of scientific argumentation: the impact of professional development on K-12 teachers. Science Education, 936-972.

Means, M. L., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among Children of Different Grade, Ability, and Knowledge Levels. Cognition and Instruction, 14, 139-178.

Osborne, J., Eduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. Journal of research in science teaching, 41, 994-1020.

Pedaste, M. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. Educational Research Review, 14, 47-61.

Riemeier, T., Aufschnaiter, C. v., Fleischhauer, J., & Rogge, C. (2012). Argumentationen von Schülern prozessbasiert analysieren. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 143-182.

Robertshaw, B. & Campbell, T. (2013). Constructing arguments: Investigating pre-service science teachers' argumentation skills in a socio-scientific context. Science Education International, 24(2), 195-211.

Sampson, V. D. & Clark, D. B. (2008). Assessment of Argument in Science Education: A critical review of the literature. Paper presented at the Proceedings of the 7th international conference on Learning sciences.

Sandoval, W. A. & Millwood, K. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. Cognition and Instruction, 23(1), 23 – 55.

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

Wellnitz, N., & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 315-345.

Christian Georg Strippel Ruhr-Universität Bochum
Katrin Sommer

Prozessqualität sichtbar machen durch Kommunikationsgraphen

Baram-Tsabari und Osborne (2015) werben für ein gegenseitiges Lernen von Wissenschaftskommunikation und Naturwissenschaftsdidaktik in den Bereichen Entwicklung und Forschung. So werden auch die Vermittlungsziele der Naturwissenschaftsdidaktik für die öffentliche Vermittlung in den Blick gerückt – z.B. die Erkenntnisgewinnung (Burns, O'Connor, & Stocklmayer, 2003). In der Naturwissenschaftsdidaktik wird Erkenntnisgewinnung als ein linearer oder auch zirkulärer Prozess modelliert, bestehend aus Frage, ggf. Hypothese, Untersuchungsplanung und Analyse & Interpretation (z.B. Ebenezer, Kaya, & Ebenezer, 2011; Koenen, Emden, & Sumfleth, 2017; Kuo, Wu, Jen, & Hsu, 2015; Martius, Delvenne, & Schlüter, 2016; Pedaste et al., 2015; Wellnitz, Fischer, Kauertz, Neumann, & Pant, 2012). Die Qualität der Prozesse wird häufig anhand der epistemischen Grundlagen und der Schwierigkeit unterschieden (z.B. Wellnitz et al., 2012). Die Untersuchung erfolgt jedoch meist in gut kontrollierbaren Umgebungen. Im vorliegenden Beitrag wird thematisiert, wie Lehr-Lern-Prozesse zur Erkenntnisgewinnung auch in einer komplexen öffentlichen Vermittlungssituation durch die Aufnahme der Kommunikation und Erstellung von Kommunikationsgraphen sichtbar gemacht werden können (NRC, 2009).

Gegenstand der vorliegenden Studie ist das chemische Experimentieren im Sinne der Erkenntnisgewinnung an einer Experimentierstation in einem Ausstellungskontext. Im Hinblick auf chemische Experimente in einem solchen Ausstellungskontext wurde gezeigt, dass sie von Besuchern gerne genutzt werden (Domenici, 2008; Silberman, Trautmann, & Merkel, 2004; Ucko, 1986; Zare, 1996); es gibt außerdem tentative Hinweise darauf, dass auch in diesem Kontext Fachwissen an chemischen Experimenten vermittelt werden kann (Honskamp, 2010). Im Hinblick auf die Förderung der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung in einem Ausstellungskontext wurde gezeigt, dass diese Auseinandersetzung mit geeigneter Unterstützung erreicht werden kann (Allen, 1997; Gutwill & Allen, 2010; Luce, Goldman, Vea, & Al, 2016). Vor diesem Hintergrund wurde die Experimentierstation „ECce!" entwickelt und erprobt (Strippel, Sommer, & Kohlbauer, 2017). Das Konzept der Experimentierstation orientiert sich an Methoden der Vermittlung im Sinne der Erkenntnisgewinnung (z.B. Koenen, Emden, & Sumfleth, 2017; Martius, Delvenne, & Schlüter, 2016; Pedaste et al., 2015). Besuchergruppen können ausgehend vom Gegenstand „Brausetablette in Wasser" eine Vielzahl von Untersuchungen selbstbestimmt planen und durchführen. Diese Untersuchungen lassen sich in zwei Gruppen mit unterschiedlichen zugrundeliegenden epistemischen Annahmen einteilen: Untersuchungen zu Fakten (Gas qualitativ, Färbung, pH-Wert, Temperaturdifferenz, Gas quantitativ, Geruch, Volumendifferenz, Massendifferenz) und Untersuchungen zu Zusammenhängen (Reaktionspartner, Einfluss des Lösungsmittels, Ursache der Temperaturänderung). Die Besucher werden durchgängig von einem Betreuer unterstützt.

Um die Art und Weise der Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung an dieser Experimentierstation zu untersuchen, wurde folgende Frage gestellt:

- Welche Verhaltensmuster lassen sich bei der Teilnahme von Ausstellungsbesuchern an der Experimentierstation „ECce!" im Hinblick auf die Erkenntnisgewinnung feststellen?

Die Studie erfolgte in einem konvergent-parallelen *Mixed Methods*-Design (Cresswell, 2014). Dazu wurden die Probanden bei der Teilnahme an der Experimentierstation audio-

graphiert sowie Daten mittels Leitfadeninterviews vor und nach der Teilnahme erfasst. Der Beitrag befasst sich ausschließlich mit den Aufnahmen während der Teilnahme. Die Stichprobe umfasst N = 155 Probanden (Alter (MEAN) = 28.38 Jahre (SD = 17.08), Alter (MIN) = 4 Jahre, Alter (MAX) = 80 Jahre, w = 49.70 %, m = 50.30 %) in N = 64 Gruppen (#Personen (MEAN) = 2.42 (SD = 0.87), #Personen (MIN) = 1, #Personen (MAX) = 5).

Die Analyse der Texte wurde mittels qualitativer Inhaltsanalyse durchgeführt (Mayring, 2010). Die Kodierung erfolgte eventbasiert ohne Transkript mittels ELAN (Brückmann & Duit, 2014; Efing & Sommer, 2017). Es wurden drei Kategoriensysteme mit vier Stufen aus vorangegangenen Studien adaptiert (Braun, Strippel, & Sommer, 2017; Strippel, Tomala, & Sommer, 2016). Die Kategoriensysteme wurden an n = 10 zufällig ausgewählten Aufnahmen weiterentwickelt, indem für alle Kategorien Ankerbeispiele aus dem neuen Datenmaterial ergänzt und die Kodierregeln überarbeitet wurden. Die Interkoderreliabilität zwischen zwei Kodierern wurde dann an n = 5 weiteren Aufnahmen über Cohen's κ bestimmt und für gut bis sehr gut befunden (Fleiss & Cohen, 1973; Wirtz & Caspar, 2002; s. Tabelle 1). Die Kodierungen wurden anschließend in Kommunikationsgraphen übertragen (Lehesvuori, Viiri, Rasku-Puttonen, Moate, & Helaakoski, 2013). Dazu wurde ein selbstprogrammiertes Python-Skript verwendet.

Tabelle 1: Kategoriensysteme zur Erkenntnisgewinnung (gekürzt nach Strippel et al., 2016)

	Fragen (κ = .926)	**Design** (κ = .693)	**Analyse/ Interpretation** (κ = .947)
0	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden
1	unspezifisch	Fakten erhebend	Ergebnis formulieren
2	nach Fakten fragend	A: Fakten erhebend B: F. e. + Qualitätsmerkmal	Interpretation der Ergebnisse formulieren
3	nach Zusammenhängen fragend	A: Zusammenhänge erhebend B: Z. e. + Qualitätsmerkmal	Interpretation der Ergebnisse formulieren, Interpretation evaluieren

An dieser Stelle wird die Betrachtung der Ergebnisse auf der Ebene einzelner Untersuchungen vorgestellt. Dazu wurden die Kommunikationsgraphen von n = 182 Untersuchungen verglichen. Diese n = 182 Untersuchungen umfassen alle Untersuchungen, die von mehreren Gruppen durchgeführt wurden. Hier ergeben sich drei Kommunikationsstrukturen: unvollständig (n = 31), linear (s. Abbildung 1; n = 67) und oszillierend (s. Abbildung 2; n = 84).

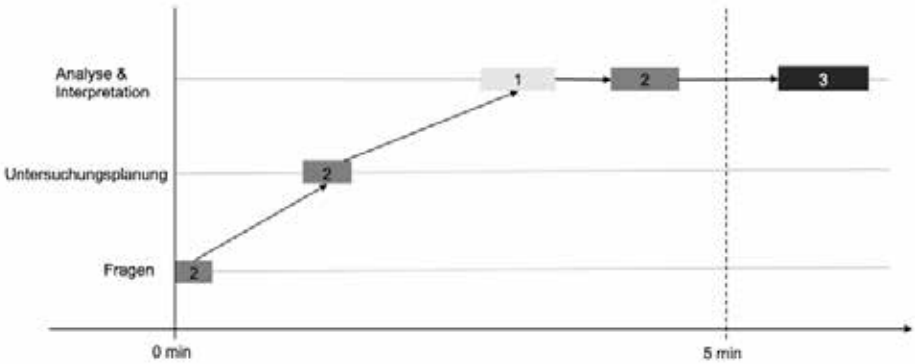


Abbildung 1: Lineare Kommunikationsstruktur (Fall 160115_0062: pH-Wert)

Vergleicht man die Verteilung dieser Kommunikationsstrukturen mit den zugrundeliegenden epistemischen Annahmen über die Untersuchung (Untersuchung von Fakten bzw. Zusammenhängen), dann zeigen sich durch einen Chi-Quadrat-Test höchstsignifikante Unterschiede (χ^2 (1) = 40.149; p = <.001). Es ist deutlich wahrscheinlicher, dass eine eine lineare Kommunikationsstruktur mit einer Untersuchung eines Fakts zusammenfällt (Odds Ratio = 2.63). Gleichzeitig ist es deutlich wahrscheinlicher, dass eine oszillierende Kommunikationsstruktur mit einer Untersuchung eines Zusammenhangs zusammenfällt (Odds Ratio = 8.33).

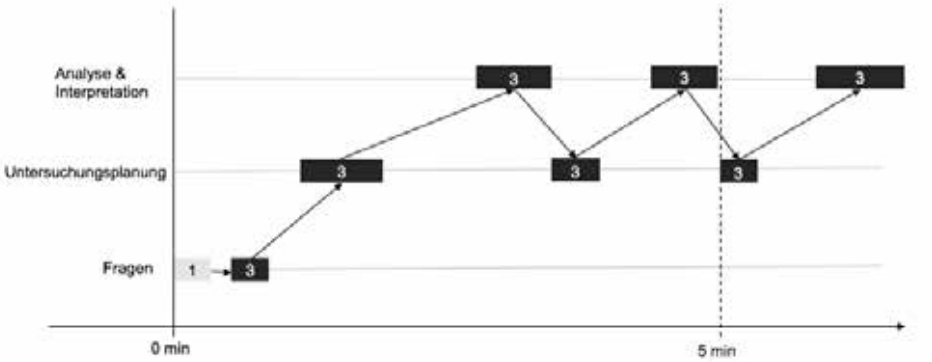


Abbildung 2: Oszillierende Kommunikationsstruktur (Fall 160131_0013: Reaktionspartner)

Grundsätzlich können aus diesen Ergebnissen zwei Schlussfolgerungen abgeleitet werden, die in weiteren Untersuchungen geprüft werden sollten. Erstens kann in einer öffentlichen, von einem hohen Maß an Freiwilligkeit der Teilnahme geprägten Lernumgebung eine Auseinandersetzung mit Erkenntnisgewinnung am chemischen Experiment erreicht werden. Zweitens scheint es einen Zusammenhang zwischen der epistemischen Grundlage einer Untersuchung (Fakten, Zusammenhang) und der in der Lehr-Lern-Umgebung resultierenden Kommunikationsstruktur (linear, oszillierend) zu geben.
In Zukunft könnte auf dieser Studie in drei Bereichen aufgebaut werden. Im Bereich der öffentlichen Vermittlung von Naturwissenschaften sollte diese Studie Mut machen, ambitionierte – auch über die Vermittlung von Fachwissen hinausgehende – Vermittlungsziele mit dem Einsatz von Mitmachexperimenten zu verbinden. Im Bereich der schulischen Vermittlung von Erkenntnisgewinnung sollten die Ergebnisse für eine gezielte Auswahl geeigneter Untersuchungen zur Vermittlung einzelner Aspekte naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sensibilisieren. Im Bereich der empirischen Forschung sollten einerseits die aus dieser Studie resultierenden Vermutungen mit stärker hypothesentestenden Designs überprüft werden. Andererseits kann die Analyse authentischer Kommunikation durch Kommunikationsgraphen auch für andere Vermittlungsinhalte mit gut beschriebenen Strukturen und Inhalten wie z.B. Modellierungs- oder Argumentationsprozesse genutzt werden (Justi & Gilbert, 2002; Osborne, 2012).

Dank
Die Autoren bedanken sich bei dem RESOLV Cluster of Excellence EXC 1069 (gefördert von der DFG) für die Unterstützung ihrer Forschung.

Literatur

Allen, S. (1997). Using scientific inquiry activities in exhibit explanations. *Science Education*, *88*, S17–S33.

Baram-Tsabari, A., & Osborne, J. (2015). Bridging science education and science communication research. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*(2), 135–144. http://doi.org/10.1002/tea.21202

Braun, S., Strippel, C. G., & Sommer, K. (2017). Erkenntnisgewinnung in Schülervideos. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 716–719). Regensburg: Universität Regensburg.

Brückmann, M., & Duit, R. (2014). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 189–201). Berlin: Springer.

Burns, T. W., O'Connor, D. J., & Stocklmayer, S. M. (2003). Science Communication: A Contemporary Definition. *Public Understanding of Science*, *12*(2), 183–202.

Cresswell, J. W. (2014). *Research design: qualitative, quantitative and mixed methods*. Thousand Oaks: Sage.

Domenici, V. (2008). The Role of Chemistry Museums in Chemical Education for Students and the General Public A Case Study from Italy. *Journal of Chemical Education*, *85*(10), 1365–1367.

Ebenezer, J., Kaya, O. N., & Ebenezer, D. L. (2011). Engaging students in environmental research projects: Perceptions of fluency with innovative technologies and levels of scientific inquiry abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, *48*(1), 94–116. http://doi.org/10.1002/tea.20387

Efing, N., & Sommer, K. (2017). Qualitative Inhaltsanalyse von Gesprächen - ohne Transkription. In *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 340–343). Regensburg: Universität Regensburg.

Fleiss, J. L., & Cohen, J. (1973). The equivalence of weighted Kappa and the interclass correllation coefficient as measures of reliability. *Educational and Psychological Measurement*, *33*, 613–619.

Gutwill, J. P., & Allen, S. (2010). Facilitating family group inquiry at Science Museum Exhibits. *Science Education*, *94*(4), 710–742. http://doi.org/10.1002/sce.20387

Honskamp, K. (2010). *Das Bild der Chromatographie in der Öffentlichkeit*. Ruhr-Universität Bochum.

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling , teachers ' views on the nature of modelling , and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, *24*(4), 369–387.

Koenen, J., Emden, M., & Sumfleth, E. (2017). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung*. Münster: Waxmann.

Kuo, C.-Y., Wu, H.-K., Jen, T.-H., & Hsu, Y.-S. (2015). Development and Validation of a Multimedia-based Assessment of Scientific Inquiry Abilities. *Int. Journal of Science Education*, *37*(14), 2326–2357.

Lehesvuori, S., Viiri, J., Rasku-Puttonen, H., Moate, J., & Helaakoski, J. (2013). Visualizing communication structures in science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, *50*(8), 912–939.

Luce, M. R., Goldman, S., Vea, T., & Al, L. E. T. (2016). Designing for family science explorations anytime, anywhere. *Science Education*, *101*(2), 251–277. http://doi.org/10.1002/sce.21259

Martius, T., Delvenne, L., & Schlüter, K. (2016). Forschendes Lernen: Verschiedene Konzepte, ein gemeinsamer Kern? *MNU*, *69*(4), 220–228.

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse* (11. Aufl.). Weinheim: Beltz.

NRC. (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places and Pursuits*. (P. Bell, B. Lewenstein, A. W. Shouse, & M. A. Feder, Hrsg.). Washington, D.C.: National Academies Press.

Osborne, J. (2012). The role of argument: learning how to learn in school science. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Hrsg.), *Second Int. Handbook of Science Ed.* (S. 933–949). Dordrecht: Springer.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. De, Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning : Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47–61.

Silberman, R. G., Trautmann, C., & Merkel, S. M. (2004). Chemistry at a Science Museum. *Journal of Chemical Education*, *81*(1), 51–53.

Strippel, C. G., Sommer, K., & Kohlbauer, T. (2017). Forschung trifft Öffentlichkeit: Konzeption und empirische Untersuchung der Ausstellung "Völlig losgelöst." *Chemie in Unserer Zeit*, *51*(1), 58–64.

Strippel, C. G., Tomala, L., & Sommer, K. (2016). Are textbooks promoting scientific inquiry and nature of scientific inquiry? – The german situation. *Paper Presented at the Annual Meeting of NARST.*

Ucko, D. A. (1986). An Exhibition on Everyday Chemistry. *Journal of Chem. Education*, *63*(12), 1081–1086.

Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Neumann, I., & Pant, H. A. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *18*, 261–292.

Wirtz, J., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmungen und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe.

Zare, R. N. (1996). Where's the Chemistry in Science Museums? *Journal of Chemical Education*, *73*(9), 198–199.

Thorsten Kosler Pädagogische Hochschule Tirol

Naturwissenschaftliches Denken im Kontrast zu chinesischem Naturdenken

Im naturwissenschaftlichen Unterricht gelingt es bisher kaum, Schüler_innen in die Lage zu versetzen, nach dem Vorbild der Erkenntnisgewinnung in der Naturwissenschaft zu lernen. Zumindest dann nicht, wenn als Maßstab für die angestrebte Authentizität des Vorgehens die jüngere Wissenschaftsforschung herangezogen wird (Höttecke & Rieß, 2015). Da eine Synthese der Ergebnisse der jüngeren Wissenschaftsforschung im Hinblick auf eine Charakterisierung naturwissenschaftlichen Denkens bisher nicht vorlag, war eine solche als fachdidaktisches Desiderat zu sehen. Dieses wird dadurch bearbeitet, dass wesentliche Elemente naturwissenschaftlichen Denkens über einen Vergleich mit chinesischem Naturdenken, unter Rekurs auf Jullien (2004, 2010), bestimmt und unter Hinzuziehung der Wissenschaftsforschung (Netz, 1999) interpretiert werden. Das Ergebnis ist eine Bestimmung derjenigen kognitiven Hilfsmittel, die von wesentlicher Bedeutung sind für das von Hacking (1983, 1992) und Gooding (1990) charakterisierte Wechselspiel aus Repräsentieren und Eingreifen im Prozess naturwissenschaftlicher Forschung.

Europäisches versus chinesisches Denken

Ein Vergleich der Grundannahmen europäischen Denkens mit dem chinesischen Denken ist für eine Bestimmung der Eigenheiten naturwissenschaftlichen Denkens vielversprechend: Die neuzeitliche Naturwissenschaft hat sich nur in Europa entwickelt und nicht anderswo. China ist die einzige große Kultur, die, weitestgehend ohne Austausch mit Europa und auch ohne Verwandtschaft der Sprachen, bis zum Beginn des Austausches in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts ähnlich entwickelt ist im Bereich der Technik (Schiffbau) und gesellschaftlicher Institutionen (Polizei) (Jullien, 2006, S. 7). China ist insofern für Europa die „fremdeste Kultur“ (Jullien, 2008a, S. 8) und eignet sich damit besonders gut als Kontrastfolie, vor der die unhinterfragten Grundannahmen des europäischen Denkens sichtbar gemacht werden können.

In einem Aufsatz, in dem Jullien (2008a) die unterschiedlichen Grundbegriffe des europäischen und des chinesischen Denkens gegenüber stellt, nennt er an erster Stelle, dass nur in Europa nicht in China der Begriff des Seins ein Ausgangspunkt des Denkens ist. Das ist aus dem Alltagsdenken zunächst, abgesehen von Hamlets Frage „Sein oder nicht sein?“, nicht sofort einsichtig. Tatsächlich findet sich bei Platon im „Timaios“ die berühmte Wendung: „was ist das stets Seiende, das Entstehen nicht an sich hat, und was das stets Werdende, aber niemals Seiende; das eine, stets gemäß demselben Seiende ist durch Vernunft mit Denken zu erfassen, das andere dagegen durch Vorstellung vermittels vernunftloser Sinnenwahrnehmung vorstellbar, als entstehend und vergehend, nie aber wirklich seiend“ (Platon, Timaios, 28a). Dahinter steht Platons Ideenlehre, aus der er im „Timaios“ seine Naturphilosophie entwickelt. Die Elemente Erde, Feuer, Wasser und Luft können mit den Sinnen wahrgenommen werden, wandeln sich aber ständig ineinander um. Den Elementen ordnet er die aus Dreiecken zusammengesetzten stereometrischen Körper zu. Die Umwandlung der Elemente kann also als Reorganisation unveränderlicher Dreiecke verstanden werden (vgl. Kosler, 2016, S. 206ff.). Und Aristoteles denkt in der „Metaphysik“ darüber nach, ob es die Form oder die Substanz ist, die das Wesen der Dinge und ihren Anteil am Seienden ausmacht, und entwickelt eine Hierarchie des Seienden (Aristoteles, Metaphysik, vgl. Ackrill, 1985, Rapp, 2012). Dem europäischen Denken des Seins stellt Jullien (2008b, S. 98) das chinesische Denken des Prozesses gegenüber, für den im Taoismus der Begriff des Tao entwickelt wurde (Lao-Tse, Tao-Tê-King). Während in

Europa mit der Frage „Was ist das?“ über das Wesen der Dinge nachgedacht wird, wird in China ein Denken der Fähigkeit (Jullien, 2008b, S. 99) entwickelt, in dem „das Reale als investiertes Potential, aus dem der Lauf der Dinge hervorgeht“ (ebd.), betrachtet wird.

Als weiteren Unterschied führt Jullien (2008a, S. 12) an, dass es im chinesischen Denken keine Fixierung auf Wahrheit gibt. Es gibt im Chinesischen die Angemessenheit von Umständen (ebd.) und auch die Möglichkeit, zwischen richtig und falsch zu unterscheiden (ebd., S. 13). Aber da die Umstände nicht in Begriffen des Seienden gefasst wurden und das Denken sich damit nicht auf etwas stützt, was „auf einer Ebene von Ewigkeit“ (ebd., S. 12), wie Platons Ideen oder Form und Substanz bei Aristoteles, angesiedelt wäre, konnte die Wahrheit nicht zur zentralen Orientierung der chinesischen Philosophie werden. Stattdessen entwickelt sich nach Jullien (ebd., S. 13) ein Argwohn gegen den Verlust, der „aus der Sicht der ‚Gesamtheit' der Weisheit […] der – sterile – Widerstreit der Positionen verursacht“ (ebd.). Statt der Wahrheit denken die Chinesen die Verfügbarkeit, die es ihnen „ermöglicht, den Geist auch für Gegensätze offen zu halten“ (2008b, S. 101). Das Ziel ist dann nicht wie in Europa die objektive Erkenntnis, sondern eine prozesshafte Erkenntnis, „[d]ie es ermöglicht, sich ungezwungen und ohne abzuweichen anzunähern, indem sie sich mit der Logik des Laufs der Dinge […] vereint“ (ebd.).

Ein weiterer Unterschied besteht nach Jullien (2008a, S. 13) darin, dass in China kein abstraktes Zeitverständnis entwickelt wurde. Dabei wird im Chinesischen durchaus über Zeitliches nachgedacht, wie über die Jahreszeiten, in denen es besondere Momente, nämlich Gelegenheiten, z.B. um etwas zu pflanzen oder zu ernten, gibt, und über die Dauer, die aber nicht durch einen Anfangs- und einen Endpunkt gemessen wird (Jullien, 2004), sondern mit dem Raum verbunden wird (Jullien, 2008a, S. 13). Im Nachdenken über Zeitliches wird die Zeit damit nicht von den Prozessen abstrahiert, über die nachgedacht wird, wie Aristoteles es tut, wenn er die Zeit explizit als Maß jeder Veränderung, am Beispiel der Bewegung von Körpern, als homogene Zeit abstrahiert (Aristoteles, Physik IV, 10 218b-12 221a; vgl. Kosler, 2016, S. 222ff.). Und während wir penibel zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft unterscheiden, wird im Chinesischen nicht konjugiert (Jullien, 2008a, S. 14). Die Möglichkeit, die Zeit nicht abstrakt also nicht losgelöst von den Prozessen zu denken, an denen sie wahrnehmbar wird, ist sicher schwer nachvollziehbar. Im Hinblick auf den Raum ist das vielleicht einfacher. Schließlich weigerte sich Aristoteles ebenfalls, den Raum von den Veränderungsprozessen zu abstrahieren, indem er darauf verweist, dass ein physikalischer Raum doch erst entsteht, wenn es Objekte gibt, die ihn aufspannen. Aristoteles argumentiert, dass ein physikalischer Raum eine ausgezeichnete Richtung hat, ein Oben und Unten, und dass ein leerer, abstrahierter Raum, wie der der euklidischen Geometrie, eine solche Eigenschaft nicht haben kann, und daher auch für das Verständnis physikalischer Prozesse ungeeignet sei (vgl. Kosler, 2016, S. 216ff.). Statt wie Europa über die Ewigkeit, in Form des außerhalb jeder Veränderung und damit außerhalb der Zeit stehenden Seienden nachzudenken, wird in China über das Endlose oder Unerschöpfliche nachgedacht, das als „Quellgrund des Prozesses“ (Jullien, 2008b, S. 100) verstanden wird, als dasjenige also, das den Prozess, der Jahreszeiten beispielsweise, aufrecht erhält.

Und neben dem Hinweis, dass im Chinesischen nicht über das Glück nachgedacht wird, stellt Jullien heraus, dass in Europa und China in sehr unterschiedlicher Weise darüber nachgedacht wird, wie durch Handeln etwas bewirkt werden kann, bzw. was effizientes Handeln ausmacht (Jullien, 2008a, S. 17ff.). Aus seiner Sicht denken wir wirksames Handeln in Europa so, dass zunächst ein Modell entwickelt wird, das einen Plan und ein Ziel enthält, aus dem dann ein Handeln abgeleitet wird (Jullien, 2006, S. 17). Das Vorbild für diese Modellbildung ist Jullien zufolge die euklidische Geometrie. Die Popularität des

Denkens in Modellen nach dem Vorbild der Geometrie hat sich in Europa ihm zufolge aus dem Erfolg ergeben, die dieses Vorgehen in der neuzeitlichen Naturwissenschaft bis heute hat, beginnend bei Galilei, der dieses Denken in die Naturwissenschaft übertragen hat (ebd., S. 24f.; vgl. Kosler, 2016, S. 224ff.). Auf der chinesischen Seite identifiziert Jullien als zentralen Begriff den des Situationspotentials (Jullien, 2008a, S. 18f.): Um wirksam zu handeln, werden zunächst die tragenden Faktoren einer Situation aufgespürt, die für die Entwicklung im eigenen Sinne günstig sind und die das Situationspotential ausmachen. Wirksames Handeln besteht dann darin, diese Faktoren zu fördern und die Situation im eigenen Sinne „umschwenken zu lassen" (ebd., S. 18). Im Chinesischen zwingt man damit den Dingen nicht seinen Plan auf, sondern versteht die gewünschte Veränderung als stille Wandlung (Jullien, 2010), in der sich, wie bei den Jahreszeiten, alles verändert und die so langsam und unauffällig von statten geht, dass sie kaum bemerkt wird und insofern lautlos erfolgt.

Naturdenken in China und Europa

Naturveränderung wird in Europa seit Aristoteles nach dem Vorbild menschlichen Handelns im Handwerk gedacht. Der Bildhauer schafft eine Statue aus einem Marmorblock, der Handwerker eine Liege aus Holz. Veränderungen können damit anhand eines Objektes, das sich verändert (das Holz, der Marmorblock), eines Anfangszustandes (einzelne Bretter, unbehauener Block) und eines Endzustandes (Liege, Statue) charakterisiert werden (Ackrill 1985; vgl. Kosler, 2016, S. 212ff.). Zudem erklärt Aristoteles die Bewegung von Körpern zum paradigmatischen Beispiel für jede Naturveränderung, da alle anderen Naturveränderungen ihm zufolge auf diese zurückgeführt werden können (vgl. ebd., S. 219ff.). Im chinesischen Denken ist dieses Verhältnis genau umgekehrt. Menschliches Handeln wird nach dem Vorbild von Naturveränderungen gedacht. Das paradigmatische Beispiel für Naturveränderungen sind die Jahreszeiten und damit stille Wandlungsprozesse. In ihnen wirken tragende Faktoren.

Charakteristisch für die neuzeitliche Naturwissenschaft ist es, dass es gelang, dass Denken im Modell nach dem Vorbild der euklidischen Geometrie in die Naturwissenschaft zu übertragen. Wie an anderer Stelle gezeigt wurde (Kosler, 2016, S. 224ff.), musste Galilei dafür das aristotelische Verständnis von Naturveränderung weiterentwickeln. Durch die Einführung des Begriffes des Geschwindigkeitsmomentes kann Galilei die Bewegung eines Körpers auch in einem Moment charakterisieren. Bewegung kann so als Aufeinanderfolge von Zuständen gedacht werden. Dies ermöglicht es Galilei, euklidische Diagramme zu zeichnen, die die Bewegung von Körpern repräsentieren, indem sie Geschwindigkeitsmomente zu verschiedenen Zeitpunkten und von verschiedenen Bewegungen repräsentieren (vgl. ebd., S. 228). Damit können dann Verhältnisse zwischen verschiedenen Momenten einer Bewegung und zwischen verschiedenen Bewegungen abgeleitet werden. Schließlich können so Gesetze, wie das zweite Fallgesetz, hergeleitet werden.

Ergebnis

Das neuzeitliche naturwissenschaftliche Denken erscheint über die Kontrastierung mit dem chinesischen Denken als ein Denken, das (1.) Naturveränderungen nach dem Vorbild der Bewegung von Körpern fasst (Aristoteles), (2.) Naturveränderung als sukzessive Abfolge von Bewegungszuständen fasst, die sich in euklidischen Diagrammen repräsentieren lassen (Galilei), und (3.) Diagramme nutzt, um Verhältnisse zwischen Veränderungsmomenten einer Veränderung und zwischen verschiedenen Veränderungen herleiten zu können (Galilei).

Literatur

Ackrill, J. L. (1985), Aristoteles. Berlin: Gruyter.

Aristoteles (1989). Aristotles' Metaphysik. Bücher I(A)-VI(E), griechisch-deutsch. Hamburg: Meiner.

Aristoteles (2009). Aristotles' Metaphysik. Bücher VII(Z)-XIV(N), griechisch-deutsch. Hamburg: Meiner.

Gooding, D. (1990). Experiment and the making of meaning. Human agency in scientific observation and experiment. Dodrecht: Kluwer.

Hacking, I. (1983). Representing and intervening. Cambridge: Cambridge University Press.

Hacking, I. (1992). The self-vindication of the laboratory sciences. In A. Pickering (Eds.), Science as practice and culture. Chicago: University of Chicago Press, 29-64.

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, 21, 127-139.

Jullien, F. (2004). Über die "Zeit". Elemente einer Philosophie des Lebens. Zürich: diaphanes.

Jullien, F. (2006). Vortrag vor Managern über Wirksamkeit und Effizienz in China und im Westen. Berlin: Merve.

Jullien, F. (2008a). Umweg über China. In D. Baecker, F. Jullien, P. Jousset, W. Kubin & P. Pörtner, Kontroverse über China. Sino-Philosophie. Berlin: Merve, 7-30.

Jullien, F. (2008b). Unterwegs. Strategien und Risiken der Arbeit Francois Julliens. In D. Baecker, F. Jullien, P. Jousset, W. Kubin & P. Pörtner, Kontroverse über China. Sino-Philosophie. Berlin: Merve, 77-122.

Jullien, F. (2010). Die stillen Wandlungen. Berlin: Merve.

Kosler, T. (2016). Naturwissenschaftliche Bildung im Elementar- und Primarbereich. Zum naturwissenschaftlichen Denken mit Kindern im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Lao-Tse (1979). Tao-Tê-King. Das Heilige Buch vom Weg und von der Tugend. übers. von G. Debon. Stuttgart: Reclam.

Netz, R. (1999). The shaping of deduction in greek mathematics. A study in cognitive history. Cambridge: Cambridge University Press.

Platon (1994). Timaios. griechisch-deutsch, hrsg., übersetzt, mit einer Einleitung und mit Anmerkungen versehen von H. G. Zekl. Hamburg: Meiner.

Rapp, C. (2012). Aristoteles zur Einführung. Hamburg: Junius.

Ulrike Gromadecki-Thiele[1] [1]CFvW Gymnasium Barmstedt
Burkhard Priemer[2] [2]Humboldt-Universität zu Berlin

Schülerargumentationen untersuchen
Strukturelle vs. inhaltliche Analyse

Motivation und Zielstellung der Untersuchung

Die naturwissenschaftsdidaktische Forschung zu Schülerargumentationen konzentriert sich im Wesentlichen auf die strukturelle und die inhaltliche Analyse (Sampson & Clark, 2008). Vergleicht man die Ergebnisse der einzelnen Studien, fällt auf, dass die verwendeten Analyseinstrumente für spezifische Zielgruppen entwickelt wurden und in der Regel nur den inhaltlichen oder den logisch-strukturellen Bereich abdecken. Das erschwert die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und Übertragbarkeit der Analyseinstrumente.

Zahlreiche fachdidaktischen Arbeiten im logisch-strukturellen Bereich greifen auf das Toulmin-Modell aus den 60-iger Jahren zurück (z. B. Erduran, Simon & Osborne. 2004, Evagorou, Jimenez-Aleixandre & Osborne 2012), obwohl das Modell z. B. in der Sprachwissenschaft durch neuere Modelle ersetzt wurde. Konstruiert für ein eindimensionales Argument (also nicht für Argumentationen, in denen ein Argument durch ein weiteres gestützt werden kann), benennen fachdidaktische Forschungen Schwierigkeiten bei der Zuordnung von Teilen der Argumente zu den Elementen wie Data, Warrant und Claim (z. B. Kelly, Druker & Chen, 1998, Osborne, Eduran & Simon 2004).

Ungeklärt ist die Frage, ob die mit Toulmin-Schema gemessene strukturelle Argumentationsqualität auch einer gemessenen inhaltlichen Argumentationsqualität entspricht und welche Messinstrumente besser abbilden können, was wir als gute und überzeugende Argumente bezeichnen. Deshalb möchten wir für schriftliche Argumentationen 1. ein strukturelles Analyseinstrument weiterentwickeln, 2. ein inhaltliches Analyseinstrument neu erstellen und 3. die Ergebnisse von struktureller und inhaltlicher Argumentationsanalyse miteinander in Beziehung setzen.

Stichprobe und Daten

Für unser Vorhaben haben wir Daten aus zwei Studien verwendet. Bei der einen Studie handelt es sich um das Planspiel "*Energetingen*" (Knogler & Lewalter, 2014) mit einem Socio-Scientific Issue (kurz SSI) zum Inhalt. Zur Verfügung standen 68 vorstrukturierte Antwortbögen von Zehntklässlern mit insgesamt 1008 Argumenten, bei denen die SchülerInnen Pro- und Contraargumente für ein bestimmtes alternatives Kraftwerk nennen sollten. Die andere Studie ist im Projekt *"ArguKos" eingebettet* (Brunner, Lewalter, Csizmazia & Priemer, 2016), einer Online-Lernumgebung zur kosmologischen Physik. Hier lagen 150 Antwortbögen von Zehntklässlern mit insgesamt 450 Argumenten aus Aufgaben vor.

Logisch-Struktureller Bereich: Ausbau des Toulmin-Schemas

Wir haben das Toulmin-Modell durch eine Hierarchisierung erweitert, die sich an die Levels von Zohar und Nehmet (2002) anlehnt. Mit dem Einführen von verschiedenen Ebenen werden Argumente mit einem Qualifier, Rebuttal oder Backing qualitativ höher gewertet als Argumente ohne diese Elemente. Zusätzlich werden die Schülerargumentationen dahingehend untersucht, ob die einzelnen Argumente durch weitere Teilargumente gestützt werden, was ebenfalls als qualitativ hochrangiger bewertet wird. Ein Beispiel: *"Die Windkraftwerke sind keine sicheren Lieferanten, da dauerhaft Wind wehen muss. Ein günstigerer Standort wären somit nicht die Berge, sondern flache Gebiete oder die Ostsee."*

Bei diesem Argument ist zunächst nicht ersichtlich, welche Elemente man als Claim oder Data identifizieren kann, denn es scheint, als wenn ein Claim durch ein Datum gestützt wird

und wiederum als ein neues Datum fungiert, das eine Behauptung stützt. Diese Struktur wird übersichtlich, wenn man das Argument in mehrere Ebenen aufteilt (vgl. Abb. 1).

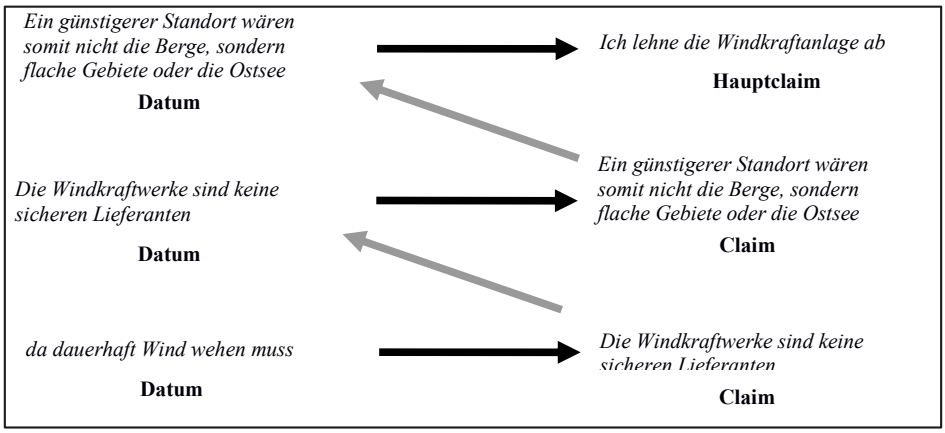


Abb. 1. Strukturierung eines Arguments in mehreren Ebenen

Ergebnisse aus dem Projekt "Energetingen". Die 68 Fragebögen mit insgesamt 1008 Argumenten wurden mit einem Kodiermanual gemäß des o. a. Ebenenmodells von zwei Ratern analysiert (Kappa=0,75).Eine Diskussion der kritischen Fälle und eine Modifizierung des Manuals führte zu einer Verbesserung des Verfahrens (Kappa=0,84). Die Ergebnisse deuten auf eine geringe Komplexität der meisten Argumente hin: die SchülerInnen nennen entweder nur ein Datum für ihre These (Level 1) oder erweitern nur durch ein zusätzliches Element oder eine Ebene (Level 2). Argumente mit mehr als drei Ebenen waren selten, es erreichten weniger als 3% das Level 4 oder 5 (vgl. Clark & Sampson, 2007; Riemeier, v. Aufschnaiter, Fleichauer & Rogge, 2012).

Ergebnisse aus dem Projekt "ArguKos". Mit dem gleichen Kodiermanual wurden 30 Argumente analysiert (Kappa=0,76). Es gab jedoch Schwierigkeiten bei der Anwendung des Manuals in diesem Kontext. Diese lagen nicht in dem unterschiedlichen inhaltlichen Thema, sondern in dem anderen Aufgaben- bzw. Antwortformat. Während bei „Energetingen" der Antwortbogen stark vorstrukturiert war, war das Antwortformat bei „ArguKos" offen, was es schwierig machte, das Hauptclaim zu identifizieren (MEd-Arb. Denkowski, 2016).

Inhaltlicher Bereich: Entwicklung eines Kodierverfahrens

Das Toulmin-Schema kann die Struktur eines Arguments abbilden, nicht aber den Wahrheitsgehalt prüfen oder Widersprüche und logische Fehler aufdecken. Aus diesen Gründen ist es u. E. nötig, zusätzlich zur strukturellen eine inhaltliche Analyse durchzuführen. Dazu schlagen wir vier Kategorien vor (Tab. 1).

Die Kategorie *Wahrheitsgehalt* prüft, ob die Grundannahmen des Arguments wahr sind. Unbeachtet bleibt hier, ob die Schlussfolgerung richtig sind. Dies wird von der Kategorie *Folgerichtigkeit* abgedeckt, indem kontrolliert wird, ob der logische Schluss von den Grundannahmen (mögen sie richtig sein oder nicht) auf eine Behauptung korrekt ist. Weiterhin wird das *Potential des Ansatzes* eingeschätzt. Hier wird berücksichtigt, wie grundsätzlich sinnhaftig und tragfähig der Ansatz ist - ungeachtet von fragmenthaften, unvollständigen, sprachlich-defizitären und unsauberen Formulierungen. Schließlich bewertet die Kategorie *Qualität der Belege* die Quellenabdeckung (z. B. ob die wichtigen Quellen genannt sind) und die Glaubwürdigkeit der genannten Quellen.

Tab. 1. Kategorien der inhaltlichen Argument-Analyse mit Beurteilerübereinstimmungen einer ersten Erprobung des Manuals

Kategorie	Inhaltliche (s) Strukturelemente	Cohens Kappa
Wahrheitsgehalt	Grundannahmen („Data“)	0,69
Folgerichtigkeit	Logische Verknüpfungen	0,72
Potential des Ansatzes	Argumentationsansatz	0,35
Qualität der Belege	Belege für Grundannahmen	0,32

Ergebnisse aus dem Projekt "ArguKos". Das inhaltliche Analyseinstrument wurde mit 40 Argumenten getestet. Die erreichten Interrater-Reliabilitäten sind für die Kategorien *Qualität der Belege* und *Wahrheitsgehalt* gut (Bortz und Döring 2006, S. 277). Bei den Kategorien *Folgerichtigkeit* und *Potenzial des Ansatzes* ergaben sich hingegen nur schwache Werte (Tab. 1).
Um die Unabhängigkeit der Kategorien voneinander zu prüfen, wurden Korrelationen berechnet (Tab. 2). Hier zeigten sich sehr kleine bis mittlere Korrelationen (MEd-Arb. Simon, 2017).

Tab. 2. Korrelationen zwischen den vier inhaltlichen Kategorien aus einer ersten Erprobung des Manuals

	Wahrheitsgehalt	Folgerichtigkeit	Potenzial des Ansatzes	Qualität der Belege
Wahrheitsgehalt	-			
Folgerichtigkeit	0,22	-		
Potenzial des Ansatzes	0,38	0,43	-	
Qualität der Belege	0,12	0,42	0,03	-

Diskussion und Ausblick
Zunächst lässt sich feststellen, dass sich unser Struktur-bezogenes Analyseinstrument mit leichten Modifikationen bei unterschiedlichen Aufgaben- bzw. Antwortformaten anwenden lässt. Die vorgeschlagene Erweiterung des Toulmin-Schemas auf verschiedenen Ebenen erlaubt es u. E., „Verschachtelungen“ in komplexeren Argumenten angemessen zu berücksichtigen und zu bewerten. Wir sehen hier eine sinnvolle Erweiterung bestehender Instrumente, die im Wesentlichen „nur“ Argument-Elemente zählen, ohne deren Verbindung zu berücksichtigen. Bei unserem inhaltlichen Analyseinstrument zeigen die zwei Kategorien *Wahrheitsgehalt* und *Folgerichtigkeit* gute Interrater-Reliabilitäten. Die Kategorien *Potenzial des Ansatzes* und *Qualität der Belege* sind hingegen noch unzureichend im Manual beschrieben, was sich an der schwachen Beurteilerübereinstimmung gezeigt hat. Die grundsätzliche Auswahl der vier Kategorien erscheint jedoch sinnvoll. Die schwachen bis mittleren Korrelationen deuten an, dass die Kategorien nicht zu große Überschneidungen aufweisen.
Für die Zukunft bleibt zu klären, ob man die inhaltlichen Kategorien hierarchisieren kann und welcher Zusammenhang zwischen der strukturellen und inhaltlichen Qualität der Schülerargumentationen besteht.

Literatur

Bortz J, Döring, N. (2006) Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, 4. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokyo

Brunner, M., Lewalter, D., Csizmazia, A. & Priemer, B. (2016). ArguKos – Argumentieren in der Kosmologie. Astronomie + Raumfahrt im Unterricht 53 (3-4), 40-42.

Kelly, G.J, Druker, St. & Chen, C. (1998). Students' reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. International Journal of Science Education, 20 (7), 849- 871

Knogler, M. & Lewalter, D. (2014). Design-Based Research im Naturwissenschaftlichen Unterricht. Das motivationsfördernde Potential situierter Lernumgebungen im Fokus. [Design-Based Research in Science Education. Exploring the Motivating Power of Situated Learning Environments] Psychologie in Erziehung und Unterricht, 61, 2 –14. doi:I10.2378/peu2014.art02d

Clark, D.B. & Sampson, V. (2007) Personally-seeded discussions to scaffold online argumenation. International Journal of Science Education, 29(3), 253–277

Denkowski, Ph. (2016). Analyse von schriftlichen Argumentationen von Schülerinnen und Schülern zum Thema Schwarze Löcher (MEd-Arb)

Erduran, S, Simon, S. & Osborne, J. (2004). Tapping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. Science Education, 88(6), 915–933.

Evagorou, M., Jimenez-Aleixandre, M.P. & Jonathan, O. (2012) Should We Kill the Grey Squirrels?' A Study Exploring Students' Justifications and Decision-Making. International Journal of Science Education 34 (3), 401–428

Osborne, J, Erduran, S. & and Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. Journal of Research in Science Teaching, 41(10), 994–1020

Riemeier, A., v. Aufschnaiter, C., Fleischhauer, J. & Rogge, Chr. (2012). Argumentationen von Schülern prozessbasiert analysieren: Ansatz, Vorgehen, Befunde und Implikationen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 18, 141-180

Sampson, V. & Clark, D.B. (2008) Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. International Science Education 92, 447 – 472

Simon, A. (2017). Entwicklung eines Manuals zur inhaltlichen Analyse von naturwissenschaftlichen Argumentationen (MEd-Arb)

Zohar, A, & Nehmet, F. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. Journal of Research in Science Teaching. 39 (1), 35-62

Laura Schröder Ruhr-Universität Bochum
Prof. Dr. Katrin Sommer

Modellexperimente in der Fachwissenschaft Chemie – eine Dokumentenanalyse

Theoretischer Hintergrund – fachwissenschaftliche Modellexperimente

Modellexperimente sind in der Fachwissenschaft Chemie ein etabliertes Medium zur Erkenntnisgewinnung. Das Spektrum reicht von der Erforschung der Verbrennungschemie von Biokraftstoffen (Kohse-Höinghaus et al., 2010) über biomimetische Experimente zur Wasserstofferzeugung (Erdem et al., 2011) bis hin zur Erforschung des Katalyseprozesses in spezifischen Systemen (Breinlich, 2009).

Ansätze darüber, was fachwissenschaftliche Modellexperimente charakterisieren, lassen sich in schriftlichen Produkten aus der Fachwissenschaft selbst nur implizit finden, da dort die Intention des Einsatzes von Modellexperimenten nicht konkret diskutiert wird. Der Wissenschaftsphilosoph Brandstetter beschäftigt sich mit der allgemeinen Geschichte von Modellexperimenten, thematisiert aber primär geologische und meteorologische – eine Betrachtung chemischer Modellexperimente bleibt aus. Er beschreibt, dass Modellexperimente verwendet werden, weil mit ihnen Phänomene durch Experimente verfügbar und manipulierbar gemacht werden können und nennt Modellexperimente einen *spezifischen Typus von Modellen* (Brandstetter, 2011, S. 207).
Über Modelle gibt es, gerade in der aktuellen Wissenschaftsphilosophie, viele Diskussionen und Schriften, die allerdings keinen direkten Bezug zum Modellexperiment aufbauen. Im Ursprung der Modelldiskussionen aus den 1960er Jahren finden aber Theorien, die sich auf Modellexperimente übertragen lassen. Black (1962) zum Beispiel unterscheidet vier verschiedene Typen von naturwissenschaftlichen Modellen: scale models, analogue models, mathematical models und theoretical models. Von diesen vier Modelltypen weist die Beschreibung der analogue models die größte Übereinstimmung mit Modellexperimenten auf, da bei diesem Modelltyp im Modell selbst alle relevanten Aspekte aus dem Original abgebildet sein müssen und damit das Ziel im Mittelpunkt steht, die Struktur des Originals möglichst gut zu reproduzieren. Im *Modell des Modellseins* von Mahr (2008) wird zwischen einem *Modell von etwas* und einem *Modell für etwas* unterschieden. Da bei einem *Modell für etwas* die Anwendung des Modells im Vordergrund steht, sind Modellexperimente eher ihnen zuzuordnen. Trotzdem bleibt eine Beschreibung von Modellexperimenten aus und bedingt einer Ausschärfung des Begriffes an sich, um die Strukturen, die dahinter stehen zu verstehen. Für die Wissenschaftsvermittlung ist daher eine Aufarbeitung des Wesens von fachwissenschaftlichen Modellexperimenten notwendig und es besteht Klärungsbedarf darin, wie die Fachwissenschaft Chemie Modellexperimente versteht, zu welchem Zweck Modellexperimente eingesetzt werden und ob dort spezifische Eigenschaften charakteristisch sind. Mit einer detaillierten Beschreibung fachwissenschaftlicher Modellexperimente kann dazu ein Konzept entwickelt werden, mit dem Modellexperimente als eine wissenschaftliche Methode vermittelt werden können.

Ziel der Untersuchung

Es ist das Ziel dieser Studie, Modellexperimente aus dem Kontext der Fachwissenschaft Chemie in ihrem Wesen zu charakterisieren. Daraus soll eine konkrete Beschreibung von Modellexperimenten, die zu Forschungszwecken genutzt werden, folgen. Dazu ergeben sich folgende Fragestellungen, die mithilfe der Dokumentenanalyse an bestehenden fachwissenschaftlichen Publikationen beantwortet werden sollen:

- Mit welchen Zielsetzungen findet der Einsatz von Modellexperimenten statt?
- Wie werden Modellexperimente konzipiert
- Wie werden die Ergebnisse aus Modellexperimenten verwertet?

Da in den fachwissenschaftlichen Publikationen keine expliziten Aussagen zu den Fragestellungen aufzufinden sind, ist das Vorgehen bei der Analyse stark induktiv und richtet sich streng nach den Regeln der zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2010).

Methodisches Vorgehen bei der Dokumentenanalyse

Für die Dokumentenanalyse wurde das Ablaufschema der zusammenfassenden Inhaltsanalyse (Mayring, 2010, S. 68 f.) angepasst und schrittweise umgesetzt (siehe Abbildung 1).

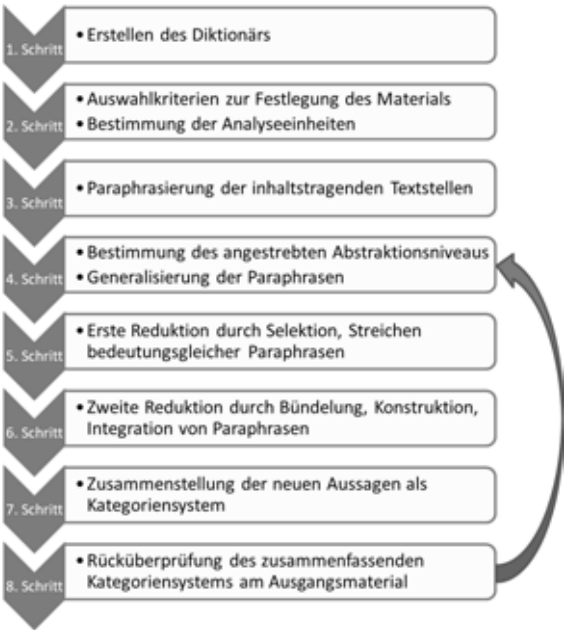


Abbildung 1: Ablaufschema zur durchgeführten Dokumentenanalyse - angelehnt an Mayring (2010).

Zum Festlegen des Analysematerials wurde ein Diktionär erstellt, der im weiteren Verlauf der Analyse zur Identifizierung der inhaltstragenden Textstellen innerhalb der Dokumente verwendet wurde. Der Diktionär ist an Merkmalen eines Experiments orientiert, die aus der Literatur abgeleitet werden können (Sommer et al., 2017). Ergänzt wurde der Diktionär mit spezifischen Begriffen wie „Modelllösung“ und „Prototyp“. Aus der Datenbank SciFinder wurden mittels des Diktionärs und den im Folgenden beschriebenen Kriterien geeignete fachwissenschaftliche Publikationen identifiziert. Das Hauptkriterium war eine ausführliche Auseinandersetzung mit dem Modellexperiment selbst innerhalb der Publikation. Als Indikator dafür, dass eine *ausführliche* Auseinandersetzung gegeben ist, wurden die einzelnen Nennungen von Begriffen aus dem Diktionär im jeweiligen Dokument näher beleuchtet. Es wurde festgelegt, dass sich eine ausführliche Auseinandersetzung unter anderem dadurch auszeichnet, dass die Nennungen von Begriffen aus dem Diktionär nicht ausschließlich in einem, sondern in mehreren Elementen (Schlagwörter, Titel, Abstract, Einleitung, Hauptteil, Zusammenfassung) des Dokuments verwendet wurde. Desweiteren sollten die relevanten Begriffe, die aufzufinden sind, mehrmalig im Dokument vorkommen und sich die Verwendung von Begriffen aus dem Diktionär nicht auf einen Begriff beschränken, um ein umfassendes Bild des konkreten Modellexperiments zu gewährleisten. Mithilfe der Kriterien konnten aus der großen Anzahl an Suchergebnissen – alleine für den Begriff „model substance“ beläuft sich die Anzahl der Suchergebnisse auf über 1600 Publikationen – geeignete Dokumente für die Analyse ausgewählt werden. Durch diesen quantitativen Schritt wurden aus 77 potentiell geeigneten Dokumenten zehn als sehr gut geeignet identifiziert, wovon bei näherer inhaltlicher

Betrachtung sechs Dokumente in hohem Maße zur Analyse geeignet schienen. Diese sechs Dokumente weisen eine durchschnittliche Länge von 11 Seiten auf, sind zwischen 1995 und 2015 erschienen und sind thematisch unter anderem in den Bereichen Katalyseforschung, Umweltforschung und Angewandter Chemie angesiedelt. Es liegt also ein breites Spektrum an Forschungsaktivitäten mit Modellexperimenten als Grundlage für die Analyse vor.
Mit dem Diktionär wurden anschließend die sechs Publikationen auf für die Analyse relevante inhaltstragende Textstellen hin untersucht. Die 81 identifizierten Textstellen wurden dann jeweils paraphrasiert und nach den Interpretationsregeln der zusammenfassenden Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) in mehreren Schritten abstrahiert. Da einige Textstellen mehrere Aussagen über Modellexperimente enthalten, wurden insgesamt 127 Paraphrasierungen generiert. Anschließend wurden inhaltsgleiche Paraphrasierungen zusammengefasst und gebündelt. Daraus resultierten 85 induktiv gebildete vorläufige Kategorien, die nun in ein Kategoriensystem überführt wurden. Dazu wurde das Prinzip des Expertenurteils genutzt (Mayring, 2010, S. 119). Hier wurden alle 85 vorläufigen Kategorien an sieben Experten mit chemiedidaktischem Hintergrund gegeben, um die vorläufigen Kategorien unabhängig voneinander einander zuzuordnen und zu benennen. Bei einer Übereinstimmung von mindestens vier der sieben Zuordnungen wurden die Zuordnungen direkt übernommen. Aus den sieben Expertenurteilen wurden drei Kategoriensysteme (Ziele, Konzeption, Ergebnisverwertung) induktiv gebildet.
Für die Rücküberprüfung wurden zwei der sechs Publikationen erneut analysiert, um zu zeigen, dass die Interpretationen stimmig sind. Desweiteren wurde eine siebte, neue Publikation aus dem Jahr 2017 analysiert und mit den bestehenden Kategorien verglichen. Damit konnten am Ende der Analyse Antworten auf die drei Ausgangsfragen (a) nach den Zielen des Modellexperimente-Einsatzes, (b) nach der Konzeption von Modellexperimenten und (c) nach der Verwertung der Ergebnisse aus Modellexperimenten gegeben werden.

Ergebnisse und weiterführende Untersuchung
Mithilfe der drei Kategoriensysteme, die aus der Dokumentenanalyse generiert worden sind, können nun Modellexperimente in der Fachwissenschaft Chemie in ihrem Wesen beschrieben werden. Über die herausgearbeiteten Ziele, die mit dem Einsatz eines Modellexperimentes verfolgt werden, können Zugänge zu fachwissenschaftlichen Forschungsideen aufgezeigt werden. Das Kategoriensystem über die Konzeption von Modellexperimenten beinhaltet mehrere Oberkategorien, die Parallelen zu den Merkmalen eines Experimentes aufweist. Es wurden Aussagen über die verwendete Fachmethode – überwiegend über die chemische Reaktion –, über das verwendete Material im Modellexperiment, über die Reaktionsbedingungen, über die verwendeten Substanzen und über das Gesamtsystem als solches gefunden. Dazu konnten jeweils Voraussetzungen, Empfehlungen und Eigenschaften zu den verschiedenen Merkmalen identifiziert werden. Im dritten Kategoriensystem über die Verwertung der Ergebnisse aus Modellexperimenten sind Aussagen darüber zu finden, die sich mit dem Transfer der Erkenntnisse auf das Originalsystem beschäftigen. Außerdem konnten Bedingungen identifiziert werden, die sich unter anderem auf die Nähe des Modellsystems zum Original beziehen und den Ergebnistransfer beeinflussen.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt liegt darin, zu erfahren, wie Modellexperimente im Forschungsprozess selbst integriert sind. Dazu wurde auf der Dokumentenanalyse aufbauend ein Leitfadeninterview vorbereitet. Dabei soll das Kategoriensystem an Fachwissenschaftler herangetragen werden, die sich – beim aktuellen oder bei vergangenen – Forschungsprojekten daran bedienen, Modellexperimente für ihre Forschung einzusetzen. Damit soll eine Basis geschaffen werden, um diesen Aspekt der Wissenschaft vermittelbar zu machen, damit ein Beitrag zur Wissenschaftsvermittlung geleistet werden kann.

Literatur

Black, M. (1962): Models and Metaphors – Studies in Language and Philosophy. Cornell University Press, New York, 1. Auflage.

Brandstetter, T. (2011): Täuschend ähnlich – Bemerkungen zur Geschichte des Modellexperiments. In: Ber. Wissenschaftsgesch. 34, S. 207-223.

Breinlich (2009): Entstehung, Charakterisierung und katalytische Eigenschaften binärer Oberflächenlegierungen. Dissertation, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Erdem, Ö. F., Schwartz, L., Stein, M., Silakov, A., Kaur-Ghumaan, S., Huang, P., Ott, S., Reijerse, E. J, Lubitz, W. (2011): Ein Modell des aktiven Zentrums der [FeFe]-Hydrogenasen mit biologisch relevanter Azadithiolat-Brücke: eine spektroskopische und theoretische Untersuchung. In Angew. Chem. 123, 1475-1479.

Kohse-Höinghaus, K., Oßwald, P., Cool, T. A., Kasper, T., Hansen, N., Qi, F., Westbrook, C. K., Westmoreland, P. R. (2010): Verbrennungschemie der Biokraftstoffe: von Ethanol bis Biodiesel. In Angew. Chem. 122, 3652–3679.

Mahr, B. (2008): Ein Modell des Modellseins – Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. In: U. Dirks, E. Knobloch: Modelle. Peter Lang Verlag, Frankfurt/Main, 1. Auflage.

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

SciFinder: https://scifinder.cas.org/ (zuletzt geöffnet am 06.10.2017)

Sommer, K., Steff, H., Schröder, T. P., Schröder, T. P., Toschka, C., Fischer, R. A. (2017): Modellexperimente im Chemieunterricht – Ein Beitrag zur Definition und zur Bestimmung des Modellierungsgrades. In Chemkon, 24, Nr. 1, S. 13-19.

John Hamacher RWTH Aachen
Eva Trinenberg
Heidrun Heinke

Analyse der Erstellung und Interpretation graphischer Auswertungen

Graphische Auswertungen in Physikpraktika

Das Durchführen graphischer Auswertungen ist eine Kernkompetenz wissenschaftlichen Arbeitens (Bowen & Roth, 2005). Diese zentrale Rolle der Darstellung, Auswertung und Interpretation von Messdaten mittels Transformation in Diagramme zeigt sich insbesondere in ihrer kontinuierlichen Thematisierung von der Grundschulzeit an bis hin zum Studium an Universitäten (MSB NRW, 2008; KMK, 2005; Planinic et al., 2013). Dabei nimmt die Komplexität der Auseinandersetzung mit Diagrammen über die verschiedenen Bildungsniveaus hinweg stetig zu. In physikalischen Praktika an Universitäten stellt für viele Studierende die Berücksichtigung von Messunsicherheiten oft eine neue und als schwierig empfundene Komponente bei der Arbeit mit Diagrammen dar. Gleichzeitig beschränken sich die beobachteten Schwierigkeiten mit Messunsicherheiten aber nicht nur auf Diagramme, sondern sind bei vielen Studierenden allgemeiner Natur (Heinicke, 2012). So wird die gesamte Thematik oft als komplex und uninteressant eingestuft, was häufig bei den Studierenden zum Nichterreichen des gewünschten Kompetenzniveaus in diesem Themenbereich bis zum Ende des Praktikums beiträgt (Hamacher et al., 2015). Allerdings ist die Berücksichtigung von Messunsicherheiten in Experimentierprozessen zwingend notwendig um die Aussagekraft der erhobenen Messdaten und somit auch der daraus abgeleiteten Ergebnisse beurteilen zu können (Hellwig et al., 2017). Jedoch sind die Probleme Studierender mit graphischen Auswertungen nicht allein auf den Umgang mit Messunsicherheiten zu reduzieren. Häufig lassen sich bereits anhand der in ihren abgegebenen Versuchsberichten enthaltenen graphischen Auswertungen Schwierigkeiten bei der Erstellung und vor allem Mängel in der Interpretation ihrer graphischen Auswertungen feststellen.

Um diesen Missständen entgegenzuwirken sollen an der RWTH Aachen adressatenspezifische Lernhilfen, wie z.B. Lehrvideos, für die Studierenden entwickelt werden, welche vor allem in der Phase der Auswertung hilfreich sein sollen, die typischerweise ohne direkte Betreuerunterstützung außerhalb der Hochschule stattfindet. Allerdings existiert bisher kaum Wissen über die konkreten Probleme der Studierenden während der Durchführung von graphischen Auswertungen, welches für die Produktion von effektiven Lernhilfen jedoch notwendig ist. Denn wie in Abbildung 1 dargestellt, ist die Anzahl möglicher Einflussfaktoren auf die Durchführung von graphischen Auswertungen sehr hoch und eine Produktion von

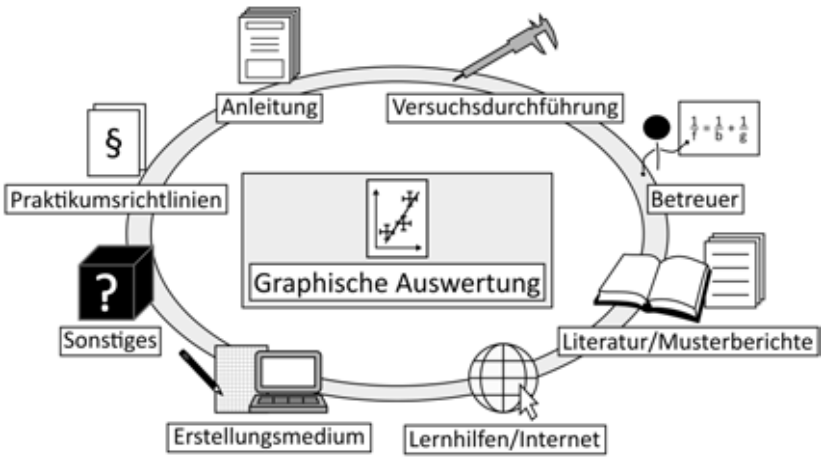


Abb. 1: Faktoren, die die Durchführung graphischer Auswertungen beeinflussen können.

Lernhilfen ohne Kenntnisse über die konkreten Schwierigkeiten der Studierenden erscheint somit nicht sinnvoll. Der Hauptgrund für diese Wissenslücke ist in der erwähnten typischen Organisationsstruktur vieler Physikpraktika zu finden, in der die meisten graphischen Auswertungen von den Studierenden in der Phase der Versuchsauswertung außerhalb der universitären Praktikumsräume durchgeführt werden. Mit klassischen Aufnahmegeräten wie Tonbändern oder Kameras lässt sich diese Arbeitsphase daher nicht erfassen. Hier eröffnen sich durch den Einsatz neuer Aufnahmegeräte neue Forschungsmöglichkeiten, was im Folgenden durch eine an der RWTH Aachen durchgeführte Studie verdeutlicht werden soll.

Studie zur Analyse studentischer Probleme mit graphischen Auswertungen

Im WS 2016/17 nahmen sechs Studierendenpaare des Physikpraktikums für Studierende der Biologie und Biotechnologie der RWTH Aachen freiwillig an einer Studie zur Erforschung der Erstellung von Versuchsberichten teil. Im Rahmen dieser Untersuchung erklärte sich jedes Paar dazu bereit für drei aufeinanderfolgende ausgewählte Praktikumsversuche sowohl die Versuchsdurchführung als auch die Erstellung des zugehörigen Versuchsberichts digital aufzeichnen zu lassen. Dazu erhielt jedes Studierendenteam vor dem ersten Studienversuch einen präparierten Laptop, einen Smartpen und einen Smartpen-Block. Auf jedem Laptop befand sich eine Office-Suite, ein Internetzugang, vier Lehrvideos zu graphischen Auswertungen mit Excel und eine Screen-Recorder-Software. Dabei lag es in der Eigenverantwortung der Studierenden die Aufzeichnungen der Arbeitsprozesse mit den Aufnahmegeräten zu starten und zu beenden. Durch die Kombination von Smartpen und Screen-Recorder-Software war es möglich Daten über das Tipp- und Klick-Verhalten der Studierenden am Laptop, ihre Schreibprozesse auf dem Block und ihre verbale Kommunikation zu erheben. Im Rahmen einer Pilotstudie im vorherigen Jahr konnte die generelle Eignung dieses Erhebungsinstrumentes zur Aufnahme und Rekonstruktion der studentischen Arbeitsprozesse in der Auswertephase des Praktikums bestätigt werden (Hamacher & Heinke, 2016).

Die Auswertung der erhobenen Daten fokussierte auf die Analyse studentischer Probleme mit graphischen Auswertungen. In Abbildung 2 ist die Methodik zur Ermittlung dieser Probleme aus dem Datenmaterial dargestellt. Nach Synchronisation der Screen-Recorder- und Smartpen-Videos über die jeweiligen Audiospuren mit der Software Videograph wurden die für die graphischen Auswertungen relevanten Stellen im Datenmaterial durch ein intervallbasiertes Rating (Intervalle von 20 s) identifiziert und transkribiert. Dabei wurden aufgrund der Komplexität der zu analysierenden Prozesse Transkripte erstellt, die mit Screenshots und Aktionsbeschreibungen angereichert sind. Mit diesen Transkripten wurden anschließend die Probleme der Studierenden mit graphischen Auswertungen analysiert.

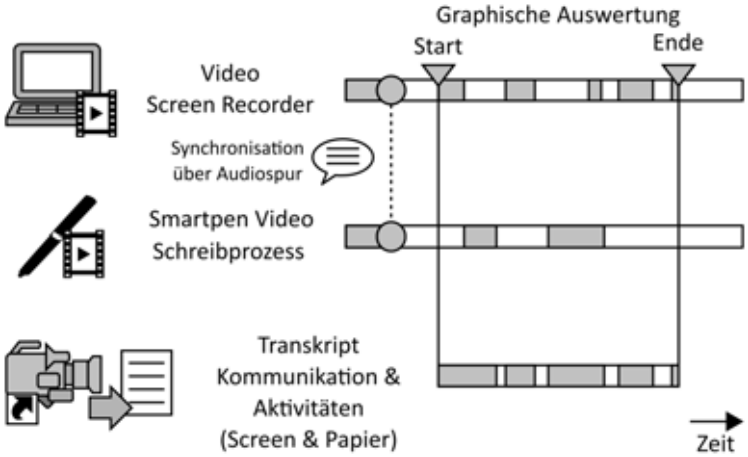


Abb. 2: Methodik zur Ermittlung studentischer Probleme während der Durchführung graphischer Auswertungen aus den erhobenen Daten.

Erste Studienergebnisse

Im Rahmen einer Bachelorarbeit (Trinenberg et al., unveröffentlicht) wurde die erste im Praktikum durchgeführte graphische Auswertung eines Studierendenteams zu einem Versuch vollständig entsprechend dem oben vorgestellten Verfahren analysiert. Während der Arbeit an dem ersten von fünf Diagrammen für den fraglichen Versuchsbericht konnten in 1,75 Stunden Videomaterial insgesamt 36 verschiedene Probleme identifiziert werden. Diese wurden in einem nächsten Schritt weiter in technische und inhaltliche Probleme unterteilt. Dabei waren technische Probleme auf Schwierigkeiten bei der Bedienung der Office Software oder auf Schwierigkeiten mit physikalischen und mathematischen Routinetätigkeiten zurückzuführen. Hingegen handelte es sich bei inhaltlichen Problemen um Schwierigkeiten, die durch mangelndes physikalisches und mathematisches Verständnis verursacht wurden. Durch diese Kategorisierung wurden 15 technische und 21 inhaltliche Probleme in der ersten graphischen Auswertung der Studierenden gefunden. Diese Zahlen geben ebenso wie die aufgewendete Zeit zu erkennen, dass die Studierenden wenig Erfahrung mit der Durchführung graphischer Auswertungen hatten und es sich folglich zu diesem Zeitpunkt um keine einfache Aufgabe für sie handelte. Zusätzlich konnte durch die Verteilung der gefundenen Probleme die Vielfalt der studentischen Schwierigkeiten in beiden Kategorien festgestellt werden. Dabei wurde beobachtet, dass manche Probleme von den Studierenden gelöst werden konnten und manche nicht. Eine Detailanalyse offenbart hier, dass 14 der 15 technischen Probleme und nur 4 der 21 inhaltlichen Probleme gelöst wurden und somit ein deutliches Ungleichgewicht in der Lösungswahrscheinlichkeit zwischen den beiden Problemtypen besteht. Ein hoher Anteil der gelösten technischen Probleme lässt sich durch die vier auf den Laptops befindlichen Lehrvideos erklären, die für die Studierenden eine nachweisbare Arbeitserleichterung darstellten. Der hohe Anteil ungelöster Probleme auf inhaltlicher Seite ist auf mangelndes Problemverständnis, fehlende Motivation und Zeitprobleme der Studierenden zurückzuführen, die für die gesamte Erstellung des Versuchsberichtes ca. 9 Stunden aufwendeten.

Insgesamt weisen die ersten Studienergebnisse die Eignung der gewählten Auswertemethodik zur Identifikation und Analyse studentischer Probleme mit graphischen Auswertungen nach. Weiter enthüllen sie für den untersuchten Arbeitsprozess eine hohe Vielfalt an aufgetretenen Problemen, die sich auch in den noch zu entwickelnden Lernhilfen widerspiegeln muss. Vor allem zur Lösung inhaltlicher Probleme scheinen die Studierenden zusätzliche Hilfen dringend zu benötigen.

Zusammenfassung und Ausblick

Um Studierende bei Problemen mit graphischen Auswertungen in physikalischen Praktika effektiv unterstützen zu können, sollen an der RWTH Aachen Lernhilfen für die selbstständige studentische Arbeit außerhalb der Hochschule entwickelt werden. Allerdings fehlt es an Wissen über die konkreten Probleme, mit denen sich die Studierenden während der Arbeit an graphischen Auswertungen konfrontiert sehen. In einer Studie in einem physikalischen Nebenfachpraktikum konnten je drei Erstellungsprozesse von Versuchsberichten für sechs verschiedene Studierendenteams mit Hilfe von präparierten Laptops und Smartpens digital aufgezeichnet werden. Die Analyse einer ersten graphischen Auswertung eines Studierendenteams offenbart bereits eine hohe Vielfalt sowohl technischer als auch inhaltlicher Probleme. Außerdem bereiteten inhaltliche Probleme den Studierenden größere Schwierigkeiten als technische, da sie kaum inhaltliche, aber fast alle technischen Probleme lösen konnten. Die bisherigen Ergebnisse stellen den Anfang einer noch zu leistenden umfassenderen Analyse dar. Beispielsweise lassen sich durch das erhobene Datenmaterial neben den einzelnen Prozessanalysen auch zeitliche Entwicklungen eines Teams, Vergleiche zwischen unterschiedlichen Studierendenteams oder den drei behandelten Versuchen realisieren.

Literatur

Bowen, G.M., & Roth, W.-M. (2005). Data and Graph Interpretation Practices among Preservice Science Teachers. Journal of Research in Science Teaching, 42(10), 1063-1088

Hamacher, J., Erkelenz, J., & Heinke, H. (2015). Messunsicherheiten mit Hilfe von Lehrvideos verstehen. In: Nordmeier, V., & Grötzebauch H. (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Wuppertal

Hamacher, J., & Heinke, H. (2016). Analyse studentischer Lernprozesse zu Messunsicherheiten im Physikpraktikum. In: Nordmeier, V., & Grötzebauch H. (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Hannover

Heinicke, S., (2012). Aus Fehlern wird man klug. Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des "Messfehlers". Berlin: Logos Verlag

Hellwig, J., Schulz, J., & Priemer, B. (2017). Messunsicherheiten im Unterricht thematisieren - ausgewählte Beispiele für die Praxis. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule, 2(66), 16-22

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand

MSB NRW (2008). Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen: Deutsch, Sachunterricht, Mathematik, Englisch, Musik, Kunst, Sport, Evangelische Religionslehre. Frechen: Ritterbach Verlag GmbH

Planinic, M., Ivanjek, L., & Susac, A. (2013). Comparison of University Students' Understanding of Graphs in Different contexts. Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 9, 020103

Trinenberg, E., Hamacher, J., & Heinke, H. (unveröffentlicht). Analyse der Erstellung von Diagrammen durch Studierende im Physikpraktikum - Eine Fallstudie für einen ersten Versuchsbericht. Bachelorarbeit, RWTH Aachen University

Pitt Hild[1]
Christoph Gut[1]
Susanne Metzger[2]
Josiane Tardent[1]

[1]Pädagogische Hochschule Zürich
[2]Pädagogische Hochschule FHNW

Zur Generalisierbarkeit bei Experimentiertests

G-Studien

Neben der klassischen und der probabilistischen Testtheorie (IRT) (Brennan, 2011; Kim & Wilson, 2009), liefern G-Studien (Brennan, 1996; Cronbach, Rajaratnam & Gleser, 1963) wichtige Argumente zur Generalisierbarkeit eines Testinstruments. Bei diesen Studien werden die Einflüsse mehrerer Fehlerquellen, hier als *Facetten* (Cardinet, Tourneur, & Allal, 1976) bezeichnet, auf die Kompetenzmessung gleichzeitig untersucht und mit Hilfe eines Generalisierbarkeitskoeffizienten (ρ^2) Aussagen zur Reproduzierbarkeit und Konsistenz des Messinstrumentes ausformuliert. Hierbei wird die gesamte Varianz, von der Datenmatrix ausgehend, dank unterschiedlicher Schätzer (ANOVA, maximum likelihood, MINQUE, …) in Varianzkomponenten zerlegt, welche gezielte Aussagen über den Einfluss der einzelnen Facetten erlauben (Brennan, 2000):

$$(1) \qquad \hat{\sigma}^2_{X_{pto}} = \hat{\sigma}^2_p + \hat{\sigma}^2_t + \hat{\sigma}^2_o + \hat{\sigma}^2_{pt} + \hat{\sigma}^2_{po} + \hat{\sigma}^2_{to} + \hat{\sigma}^2_{pto,e}$$

Im Beispiel der Gleichung (1) wurde der Einfluss von Personen (*p*), Aufgaben (*t*) und Messzeitpunkten (*o*) auf die gesamte Varianz untersucht. Im letzten Term befindet sich neben der Interaktion $p \times t \times o$ immer noch der (nicht aufgeklärte) Restfehler *e*.
Im Gegenteil zur IRT werden bei G-Studien alle Facetten als *zufällig* gesetzt (Shavelson & Webb, 1981, S.142 & 2006, S.607). Neben Personen, Aufgaben, Testzeitpunkten oder Ratern, können auch die Zuordnung der Personen zu Klassen, Schulen oder Regionen (Verschachtelungen) untersucht werden (vgl. Cronbach, Linn, Brennan & Haertel, 1997). Dank zusätzlicher D-Studien kann des Weiteren vorhergesagt werden, wie sich der G-Koeffizient verändern würde, wenn man die Anzahl der Ausprägungen einzelner Facetten verändern würde (z. B. wenn die Anzahl Aufgaben verdoppelt würde; siehe Brennan, 1996).

Personen x Aufgaben Varianz

Bei Tests, in denen experimentelle Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern abgefragt wurden (vgl. Cronbach, Linn, Brennan & Haertel, 1997; Shavelson, Gao & Baxter, 1993; Webb, Schlackman & Sugrue, 2000), wurden sehr gute, jedoch nicht zufriedenstellende G-Koeffizienten ($\rho^2 \geq 0.8$, vgl. Gao, Shavelson, & Baxter, 1994) erzielt. Häufig lag jedoch noch „zu viel“ Varianz im Term *Personen x Aufgaben* (vgl. task-sampling variability bei Brennan, 1996; Shavelson et al., 1999). Dies bedeutet, dass die Leistungen einzelner Probanden über mehrere Aufgaben hinweg zu stark variieren. Ist dies der Fall, kann ein Experimentiertest, obwohl er generalisierbar sein mag, nicht in large-scale Leistungsmessungen eingesetzt werden, da die Anzahl zu lösender Aufgaben nicht reduziert werden kann.

In der Literatur werden unterschiedliche Lösungsvorschläge zur Reduzierung dieser Varianzkomponente vorgeschlagen: Unter anderem sollten die Anzahl Aufgaben erhöht (vgl. Miller, 1998, Shavelson et al., 1993), weitere Facetten wie die Messmethode (Shavelson et al., 1999) oder der Messzeitpunkt (Webb et al., 2000) ins Design integriert, aber auch eine noch stärkere Standardisierung der Aufgabenformate und Kodiermanuale (vgl. Solano-Flores, Jovanovic, Shavelson & Bachman, 1999) gefördert werden.

ExKoNawi – Experimentiertest: Pilot 3

Der Ansatz im Projekt ExKoNawi (Gut, Metzger, Hild & Tardent, 2014), Aufgaben bestimmten experimentellen Problemtypen zuzuordnen, sollte u. a. dazu dienen, die starken Leistungsschwankungen zwischen den unterschiedlichen Aufgaben zu reduzieren. In der dritten Pilotierungsphase (Gut, Hild, Metzger & Tardent, 2017) lösten 190 Schülerinnen (49%) und Schüler der 7. und 9. Jahrgangsstufe aus nicht-gymnasialen Anforderungsniveaus zwei Aufgaben zu vier verschiedenen Problemtypen (*skalenbasiertes Messen, kategoriengeleitetes Beobachten, effektbasiertes Vergleichen* und *fragengeleitetes Untersuchen*). Jede Aufgabe wurde von mindestens zwei Personen geratet und hohe Interrater-Reliabilitäten ($.56 \leq \kappa \leq .97$; $.79 < p_0 \leq .98$) sichergestellt.

Ergebnisse

Die einzelnen Varianzkomponenten wurden mit dem MINQUE Schätzer (Webb, Shavelson, & Haertel, 2006, 35) erzielt. Die G-Koeffizienten wurden dank einer speziellen Synthax (Mushquash & O'Connor, 2006) in SPSS berechnet.

Tabelle 1 zeigt deutlich, dass auch beim ExKoNawi-Experimentiertest sehr viel Varianz in der *Personen* × *Aufgaben* Komponente σ^2_{p*t} steckt. Der letzte Varianzterm $\sigma^2_{p*t*o,e}$ ist in beiden Fällen (Tab. 1 und 2) gleich null weil in unserer Stichprobe keine Person zu zwei unterschiedlichen Messzeitpunkten zweimal die gleiche Aufgabe gelöst hat.

Tabelle 1: Personen (190) x Aufgaben (12) x Messzeitpunkte (2)

Facette	σ^2-Term	Wert	% σ^2
Personen (*p*)	σ^2_p	0.101	14.7
Aufgaben (*t*)	σ^2_t	0.080	11.7
Messzeitpunkte (*o*)	σ^2_o	0.001	0.1
p × *t*	σ^2_{p*t}	0.474	69.1
p × *o*	σ^2_{p*o}	0.009	1.3
t × *o*	σ^2_{t*o}	0.021	3.1
p × *t* × o,*e*	$\sigma^2_{p*t*o,e}$	0.000	0
Rel. Fehlervarianz	σ^2_δ	0.044	
Abs. Fehlervarianz	σ^2_Δ	0.052	
	G-Koeffizient ρ^2	0.697	

Tabelle 2: Personen (190) x [Aufgaben (3) : Problemtypen (4)] x Messzeitpunkte (2)

Facette	σ^2-Term	Wert	% σ^2
Personen (*p*)	σ^2_p	0.096	13.8
Problemtypen (*pt*)	σ^2_{pt}	0.033	4.8
Aufgaben (*t*) in Problemtypen	$\sigma^2_{t:pt}$	0.063	9.1
Messzeitpunkte (*o*)	σ^2_o	0.003	0.4
p × *pt*	σ^2_{p*pt}	0.014	2.0
p × (*t*:*pt*)	$\sigma^2_{p*(t:pt)}$	0.463	66.7
p × *o*	σ^2_{p*o}	0.020	2.9
pt × *o*	σ^2_{pt*o}	0.002	0.3
p × (*t*:*pt*) × *o*,*e*	$\sigma^2_{p*(t:pt)*o,e}$	0.000	0
Rel. Fehlervarianz	σ^2_δ	0.033	
Abs. Fehlervarianz	σ^2_Δ	0.046	
	G-Koeffizient ρ^2	0.743	

Tabelle 2 zeigt, dass das „Nesten" von Aufgaben in Problemtypen, bei gleicher Anzahl Freiheitsgrade, zwar zu einer Verbesserung des G-Koeffizienten führt, die *Personen x Aufgaben* Varianzkomponente $\sigma^2_{p*(t:pt)}$ jedoch nur um 2% verringert werden konnte. Im Vergleich liegt die durch die Personen erzeugte Varianz bei etwa 15% und der Einfluss des Messzeitpunktes (alleine oder in Abhängigkeit mit Personen oder Aufgaben) immer unter 3%.

In Tabelle 3 wird der Einfluss zusätzlicher Facetten (Klasse, Lehrperson, Jahrgang, Schulniveau) auf die Personen untersucht. Hier wird deutlich, dass alle genannten Facetten die Leistungen weniger stark beeinflussen als die Personen selber. Man erkennt, dass der Einfluss der Klassen leicht höher ist als der Einfluss der Lehrpersonen und dass der Einfluss des Schulniveaus deutlich höher liegt als der Einfluss des Jahrgangs.

Tabelle 3: (Personen in Klassen in Lehrpersonen) bzw. (Personen in Schulniveaus in Jahrgängen) × (Aufgaben in Problemtypen)

Facette	**σ^2-Term**	**Wert**	**% σ^2**	**Facette**	**σ^2-Term**	**Wert**	**% σ^2**
Personen (*p*)	σ^2_p	0.109	15.6	Personen (*p*)	σ^2_p	0.098	14.54
LehrerIn (*te*)	σ^2_{te}	0.026		Jahrgang (*g*)	σ^2_g	-0.014	
Klasse (*c*) in *te*	$\sigma^2_{(c:te)}$	0.029		Niveau (*tr*) in *g*	$\sigma^2_{(tr:g)}$	0.064	
(*p*:*c*:*te*)	$\sigma^2_{(p:c:te)}$	0.054		(*p*:*tr*:*g*)	$\sigma^2_{(p:tr:g)}$	0.048	
Aufgaben (*t*)	σ^2_t	0.091	13.0	Aufgaben (*t*)	σ^2_t	0.091	13.5
Problem-typen (*pt*)	σ^2_{pt}	0.036		Problem-typen (*pt*)	σ^2_{pt}	0.035	
(*t*:*pt*)	$\sigma^2_{(t:pt)}$	0.055		(*t*:*pt*)	$\sigma^2_{(t:pt)}$	0.056	
(*p*:*c*:*te*) × (*t*:*pt*),*e*	$\sigma^2_{(p:c:te)*t}$	0.499	71.4	(*p*:*tr*:*g*) × (*t*:*pt*),*e*	$\sigma^2_{p*(t:pt),e}$	0.485	71.96

Fazit

Obwohl der Problemtypenansatz bei ExKoNawi zu einer deutlichen Steigerung des G-Koeffizienten führt, konnte keine nennenswerte Verringerung (2-3 %) des Varianzterms *Personen × Aufgaben* erzielt werden. Auch beim ExKoNawi-Experimentiertest bleibt dieser Term die Archillesferse der Leistungsmessung (Shavelson et al., 1999). Ähnliche Ergebnisse ergaben auch IRT-Analysen (vgl. Gut et al. 2017): Für die getestete Stichprobe, die als Novizen in Bezug auf die getesteten Kompetenzen bezeichnet werden können, fittet ein 1-dimensionales Modell (keine Problemtypen) die Daten am besten.

Literatur

Brennan, R.L. (1996). Generalizability of performance assessments. In G. W. Philips (Ed.), *Technical issues in large-scale performance assessments*. National Center for Education Statistics: Washington DC.

Brennan, R.L. (2000). Performance assessments from the perspective of generalizability theory. *Applied Psychological Measurement*, *24*(4). 10.1177/01466210022031796

Brennan, R. L. (2011). Generalizability theory and classical test theory. *Applied Measurement in Education,* 24, 1–21. 0.1080/08957347.2011.532417

Cardinet, J., Tourneur, Y., & Allal, L. (1976). The symmetry of Generalizability theory: applications to educational measurement. *Journal of Educational Measurement*, *13*(2), 119-135.

Cronbach, L. J., Rajaratnam, N, & Gleser, G. C. (1963). Theory of generalizability: a liberalization of reliability theory. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, *16*(2). 10.1111/j.2044-8317

Cronbach, L. J., Linn, R.L., Brennan, R .L. & Hartel, E. H. (1997). Generalizability analysis for performance assessments of student achievement or school effectiveness. Educational and Psychological Measurement, 57(3), S. 373-399.

Gao, X., Shavelson; R. J., & Baxter, G. P. (1994). Generalizability of large-scale performance assessments in science: promises and problems. *Applied Measurement in Education*, *7*(4). 10.1207/s15324818ame0704_4

Gut, C, Metzger, S., Hild, P., & Tardent, J. (2014). Problemtypenbasierte Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen von 12- bis 15-jährigen Jugendlichen. *PhyDid B, Didaktik der Physik*, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2014.

Gut, C., Hild, P., Metzger, S., & Tardent, J. (2017). Vorvalidierung des ExKoNawi-Modells. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 328-331). Universität Regensburg.

Kim, S.C., & Wilson, M. (2009). A comparative analysis of the ratings in performance assessment using Generalizability theory and the many-facet Rasch model. *Journal of Applied Measurement*, *4*(10), 408-423.

Miller, M.D. (1998). *Generalizability of performance-based assessments*. Council of the Chief State School Officers: Washington DC.

Mushquash, C., & O'Connor, B. (2006). SPSS and SAS programs for generalizability theory analyses. *Behaviour Research Methods*, *38*(3), 542-547.

Shavelson, R. J., & Webb, N.M. (1981). Generalizability theory: 1973-1980. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, *34*, 133-166. 10.1111/j.2044-8317.1981.tb00625.x

Shavelson, R. J., & Webb, N. (1991). *Generalizability theory: a primer*. SAGE

Shavelson, R. J., Gao, X., & Baxter, G .P. (1993). Sampling variability of performance assessments. CRESST Report 142. University of Los Angeles, California.

Shavelson, R. J., Ruiz-Primo, M. A., & Wiley, E.W. (1999). Note on sources of sampling variability in science performance assessments. *Journal of Educational Measurement*, *36*(1), 61-71. 10.1111/j.1745-3984.1999.tb00546.x

Solano-Flores, G., Jovanovic, J., Shavelson, R.J., & Bachman, M. (1999). On the development and evaluation of a shell for generating science performance assessments. *International Journal of Science Education*, *21*(3), 293–315. 10.1080/095006999290714

Webb, N. M., Schlackman, J., & Sugrue, B. (2000). The dependability and interchangeability of assessment methods in science. *Applied Measurement in Education*, *13*(3), 277-301. 10.1207/S15324818AME1303_4

Webb, N. M., Shavelson, R. J., & Haertel, E. H. (2006). Reliability coefficients and generalizability theory. In C.R. Rao & S. Sinharay (Eds.), *Handbook of Statistics*, Vol. 26, 1st Edition Psychometrics. Elsevier. 10.1016/S0169-7161(06)26004-8

Laura Muth
Roger Erb
Goethe-Universität Frankfurt

Ergebnisse einer Vergleichsstudie zur Nachbereitung von Experimenten

Das Experiment nimmt im naturwissenschaftlichen Unterricht eine übergeordnete Rolle ein. Vor allem die Einbettung des Experiments in den Unterrichtsverlauf zeigte sich in vergangenen Studien als bedeutsam für die Qualität von Unterricht (Tesch und Duit, 2004). Grundsätzlich werden drei Phasen des Experiments unterschieden: die Vorbereitung, die Durchführung und die Auswertung. Die meisten Studien finden sich dabei für die Durchführungsphase von Experimenten. Nur wenige Studien befassen sich explizit mit der Planungs- und Nachbereitungsphase. Winkelmann (2015) konnte allerdings zeigen, dass Schülerinnen und Schüler nach der Durchführung durch die Nachbereitung von Experimenten noch hinzulernen. Auch Walpuski und Hauck (2014) betonen, dass sich die Nachbereitung von Experimenten positiv auf die Unterrichtsqualität auswirkt. Daher sollte in der vorliegenden Vergleichsstudie erforscht werden, wie sich Auswertephasen mit unterschiedlichem Offenheitsgrad auf den Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Auswertekompetenz auswirken.
Neben dem Einfluss von Experimenten auf die Qualität von naturwissenschaftlichem Unterricht wird beispielsweise durch die Metastudie von Hattie (2013) die Bedeutung der Lehrperson für den Erfolg von Unterricht deutlich. Winkelmann (2015) konnte unter anderem zeigen, dass in experimentellem Unterricht nicht die Experimentiersituation selbst (in diesem Fall Schüler- oder Demonstrationsexperiment), sondern die Wechselwirkung zwischen unterrichtender Lehrkraft und Experimentiersituation bedeutsam ist. Daher wurden in der vorliegenden Studie die Überzeugungen der Lehrkräfte zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik erhoben, um deren Einfluss auf den Lernerfolg zu überprüfen.

Theoretische Grundlagen

Überzeugungen von Lehrkräften

Um die Lehrkräfte als festen Faktor in die Analyse aufnehmen zu können, wurde für die vorliegende Studie auf eine Arbeit von Lamprecht (2011) zurückgegriffen, der mit einem Fragebogen drei Überzeugungstypen von Lehrkräften identifizieren konnte: das Trainingsmuster, das diskursive Muster und das Vermittlungsmuster. Neben einem unterschiedlichen Wissenschaftsverständnis unterscheiden sich die Überzeugungstypen durch ihre unterschiedlich konstruktivistische Sichtweise. Lehrkräfte im Trainingsmuster haben dabei eine eher transmissive, Lehrkräfte im diskursiven Muster eine eher konstruktivistische Sichtweise. Lehrkräfte im Vermittlungsmuster sind zwischen den beiden anderen Überzeugungstypen anzusiedeln: Sie sind zwar vom selbstständigen Lernen von Physik überzeugt, unterstützen aber gleichzeitig auch rezeptartiges Lernen.

Definition des Experimentierprozesses

In zahlreichen Studien lässt sich eine Gliederung des Experimentierprozesses in drei Phasen finden: die Vorbereitung oder Planung, die Durchführung und die Auswertung oder Nachbereitung. Als Beispiel soll an dieser Stelle das „Scientific Discovery as Dual Search“ (SDDS) Modell von Klahr und Dunbar (1988) angeführt werden. Diese sehen den Experimentierprozess als einen Problemlöseprozess, der in drei Schritten erfolgt: 1. Suche im Hypothesenraum, 2. Testen von Hypothesen/ Suche im Experimentierraum, 3. Analyse von Evidenzen. Mit diesem SDDS-Modell und vielen anderen gängigen Modellen konnten Vorholzer et al. (2016) drei zentrale Teilkompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens herleiten, die sich gut in den drei gängigen Phasen des Experiments identifizieren lassen.

Die Teilkompetenzen der Auswertephase wurden für das vorliegende Forschungsprojekt noch genauer ausgeschärft. Hierzu wurde die Literatur befragt (Quellen unter anderem: Asay & Orgill ,2010; Börlin, 2012; Chinn & Malhotra, 2002; Dolan & Grady, 2010; Glug, 2009; Klar & Dunbar, 1988; KMK, 2004; Mayer, 2007; Schreiber, 2012) sowie eine Expertenbefragung durchgeführt. Als Ergebnis lässt sich ein Modell präsentieren, das die Auswertung eines naturwissenschaftlichen Experiments in ebenfalls drei Phasen gliedert: 1. Messdaten aufbereiten und verarbeiten, 2. Formulierung und Interpretation von Ergebnissen, 3. Fehlerbetrachtung. Eine detaillierte Beschreibung des Modells ist derzeit in Vorbereitung.

Design der Studie

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde unter anderem zwei Forschungsfragen nachgegangen:

F1: Wie wirken sich experimentelle Auswertesituationen mit unterschiedlichem Offenheitsgrad auf die Entwicklung von Schülerinnen und Schülern in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Auswertekompetenz aus?

F2: Welchen Einfluss haben Überzeugungen von Lehrkräften zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Auswertekompetenz?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wurde eine Vergleichsstudie entwickelt, in der der Wissens- und Kompetenzzuwachs durch angeleitetes und selbstständiges Auswerten von Demonstrationsexperimenten untersucht wurde. Es handelt sich um eine Interventionsstudie für das 7. bzw. 8. Schuljahr im Pre-/ Post-Design. Da die Tests und die Intervention im ursprünglichen Klassenverband von den üblichen Lehrkräften durchgeführt wurden, handelt es sich um einen quasi-experimentellen Plan. Zur Auswertung wurden t-Tests zur Überprüfung der Lernförderlichkeit des Unterrichts sowie Varianzanalysen zur Überprüfung möglicher Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen durchgeführt. Durch geeignete Messinstrumente wurde an drei Messzeitpunkten (Pre-/ Kurz- und Posttest) das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler, an zwei Messzeitpunkten (Pre- und Posttest) die Auswertekompetenz der Schülerinnen und Schüler sowie an einem Messzeitpunkt die Überzeugungen der Lehrkräfte zum Unterrichtsfach und zur Wissenschaft Physik erhoben. Der Messzeitpunkt „Kurztest“ fand zwischen der Durchführung und der Auswertung jedes Experiments statt. Aufsummiert ergeben alle Kurztests den Pre- bzw. Posttest. Durch sie soll der Einfluss der Auswertephase in Abgrenzung zur Planungs- und Durchführungsphase abgeschätzt werden. Die Studie erstreckt sich über fünf Doppelstunden mit insgesamt sechs Experimenten. Für die Variation der Auswertephase wurden drei Treatments entwickelt, die sich im Grad der Offenheit unterscheiden: 1. Auswertung „Plenum“(P), 2. Auswertung „Angeleitet“(A), 3. Auswertung „Selbstständig“(S).

Ergebnisse

Insgesamt nahmen 376 Schülerinnen und Schüler in 18 Klassen (Plenum: 6, Angeleitet: 6, Selbstständig: 6) mit 10 Lehrkräften (Trainingsmuster: 4, Diskursives Muster: 3, Vermittlungsmuster: 3) an der Studie teil.

Der t-Test zeigte, dass die Schülerinnen und Schüler im Fachwissen sowohl durch die Durchführung ($p<.001$, $\eta^2=.2$) als auch durch die Auswertung ($p<.001$, $\eta^2=.02$) signifikant hinzulernen konnten. Auch in der Auswertekompetenz konnte ein signifikanter Anstieg zwischen Pre- und Posttest ($p<.001$, $\eta^2=.02$) festgestellt werden.

Bezüglich des Treatments (Abb. 1) zeigen die Ergebnisse der Varianzanalyse, dass Unterschiede im Lernzuwachs nicht signifikant sind. Für das Fachwissen kann dies mit einer ausreichend großen Teststärke (87%) festgehalten werden, während für die Auswertekompetenz die Teststärke in einem zu geringen Bereich liegt (20%), um abschließende Aussagen treffen zu können.

Weiter zeigt sich (Abb.2), dass Lehrkräfte im Trainingsmuster (T) durch die Planung und Durchführung des Demonstrationsexperiments am meisten Lernzuwachs im Bereich Fachwissen generieren konnten, gefolgt von Lehrkräften im diskursiven Muster (D) ($p<.001$, $\eta^2=.16$). Für die Auswertephase ergibt sich ein gegensätzliches Bild. Hier konnten Lehrkräfte im Vermittlungsmuster (V) den größten Fachwissenszuwachs erzielen, gefolgt von Lehrkräften im diskursiven Muster ($p=.001$, $\eta^2=.035$). Die Unterschiede zwischen Lehrkräften im Vermittlungsmuster und den anderen beiden Mustern sind in beiden Fällen signifikant.

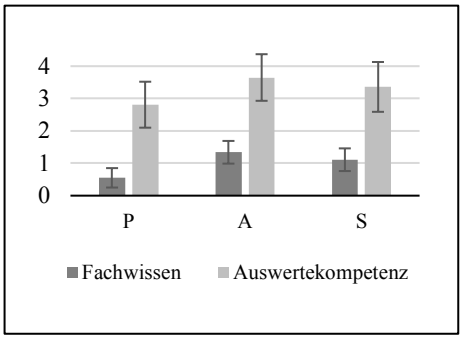


Abb. 1 Lernzuwachs in Fachwissen und Auswertekompetenz nach Treatments

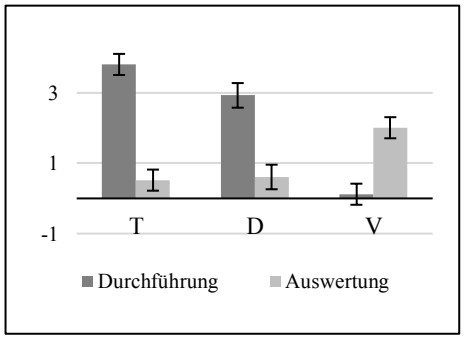


Abb. 2 Fachwissenszuwachs nach Lehrerüberzeugungstypen in der Durchführung und Auswertung des Experiments

Diskussion und Ausblick

Durch die Ergebnisse der t-Tests konnte zum einen gezeigt werden, dass der konzipierte Unterricht bezüglich des Fachwissens und der Auswertekompetenz lernförderlich ist sowie dass Schülerinnen und Schüler durch die Auswertung von Experimenten noch signifikant hinzulernen. Allerdings liegt der größere Effekt mit $\eta^2=.2$ in der Durchführungsphase.

Bezüglich F1 kann festgehalten werden, dass Schülerinnen und Schüler, welche die Nachbereitung des Experiments komplett selbstständig vollzogen haben, ebenso viel Fachwissen hinzulernen konnten, wie Schülerinnen und Schüler, die das Experiment gemeinsam mit der Lehrkraft ausgewertet haben. Für die Auswertekompetenz kann dies aufgrund der geringen Teststärke nicht abschließend bestätigt werden.

Für F2 hat sich für die vorliegende Stichprobe gezeigt, dass bezüglich des Fachwissens Lehrkräfte im Trainingsmuster besonders erfolgreich in der Durchführungsphase und Lehrkräfte im Vermittlungsmuster am erfolgreichsten in der Nachbereitungsphase unterrichten konnten. Da die eigentliche Intervention mit Treatmentvariationen nur in der Nachbereitung stattfand, könnte dies bedeuten, dass Lehrkräfte mit transmissiven Überzeugungen besonders gut in lehrergeleiteten Unterrichtssituationen (hier Demonstrationsexperimente) unterrichten können, während Lehrkräfte mit sowohl konstruktivistischen als auch transmissiven Überzeugungen am flexibelsten auf unterschiedlich offene Unterrichtssituationen reagieren können. Allerdings muss an dieser Stelle betont werden, dass die Stichprobe mit nur 10 Lehrkräfte deutlich zu klein ist, um generalisierbare Aussagen treffen zu können. Die Interpretation kann sich lediglich auf die vorliegende Datenlage beziehen.

Es erscheint lohnenswert, an dieser Stelle weitere Forschungsarbeit zu leisten, um die Stichprobe seitens der Lehrkräfte zu vergrößern. Somit könnte zum einen die Forschungsfrage F2 aussagekräftiger beantwortet, zum anderen könnte eine Wechselwirkungsanalyse zwischen Lehrkräften und Treatments durchgeführt werden.

Literatur

Chinn, Clark A.; Malhotra, Betina A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. In: *Sci. Ed.* 86 (2), S. 175–218. DOI: 10.1002/sce.10001.

Dickmann, Martin, Eickhorst, Bodo, Theyßen, Heike, Neumann, Knut, Schecker, Horst. & Schreiber Nico (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.

Dolan, Erin; Grady, Julia (2010). Recognizing Students' Scientific Reasoning: A Tool for Categorizing Complexity of Reasoning During Teaching by Inquiry. In: *Journal of science teacher education* 21 (1), S. 31–55. DOI: 10.1007/s10972-009-9154-7.

Emden, Markus (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 118).

Glug, Inga (2009). Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung. Kiel: Universitätsbibliothek Kiel.

Hattie, J., Beywl, W., & Zierer, K. (2013). Lernen sichtbar machen. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

Schreiber, Nico (2012). Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, 139).

Tesch, Maike und Duit Reinders. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 10, 2004, S. 51-69

Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. und Sophie Kirschner. (2016). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; 2016, S. 1-17

Winkelmann, Jan (2014). Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht. Berlin: Logos Verlag

Walpuski, Maik, & Hauck, Alexandra (2014). Gestaltung lernwirksamer Experimentierphasen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, *67*(7), 402–407.

Jeremias Weber
S. Franziska C. Wenzel
Jan Winkelmann
Mark Ullrich
Roger Erb
Holger Horz

Goethe-Universität Frankfurt

Veränderung von Fachwissen in verschiedenen Experimentiersituationen

Motivation

Experimente, insbesondere Schülerexperimente machen einen großen Anteil von naturwissenschaftlichem Unterricht aus (Duit & Wodzinski, 2010), wobei hauptsächlich sogenannte „Kochbuch"-Experimente („'cook-book' list of tasks", Hofstein & Lunetta, 2004, S. 47) Anwendung finden. Verschiedene Autoren fordern allerdings offenere Lernsituationen, die zwar mehr kognitive Anstrengungen der Lernenden erfordern, sich allerdings lernförderlich auswirken können und sehr geeignet für die Arbeit in heterogenen Lerngruppen scheinen (Bunterm et al., 2014; Koksal & Berberoglu, 2014; Hofstein & Lunetta, 2004; Wodzinski et al., 2007). Unklar bleibt jedoch noch (Hofstein & Lunetta 2004, Lazonder & Harmsen 2016), ob eine bestimmte Art oder ein spezifischer Umfang der Anleitung einen klaren Vorteil mit sich bringt. Dazu passend zeigen Ergebnisse einer Studie von Winkelmann (2015) zur Wirkung von Experimentiersituationen auf das Fachwissen von Schülerinnen und Schülern keinen signifikanten Unterschied zwischen Demonstrations- oder Schülerexperimenten (mit offenen oder angeleiteten Aufgabenstellungen). Allerdings konnte eine signifikante, kleine Wechselwirkung zwischen der durchführenden Lehrkraft und der Experimentiersituation detektiert werden.

Studie zur Kompetenzmessung und Kompetenzförderung in leistungsheterogenen Lerngruppen im experimentierbasierten Physikunterricht (KoPhy-Studie)

Forschungsfragen und Studiendesign

Folgende drei Forschungsfragen wurden formuliert:

1.1 Wie wirken sich die bei Winkelmann (2015) unterschiedenen Experimentiersituationen im Physikunterricht auf die Entwicklung in den Bereichen „Fachwissen" und „Erkenntnisgewinnung" und auf das aktuelle Interesse der Schülerinnen und Schüler an Physik aus?

1.2 Welche Unterschiede zeigen sich in heterogenen Leistungsgruppen aufgrund der unterschiedlichen Experimentiersituationen im Physikunterricht in Bezug auf die Entwicklung in den Bereichen „Fachwissen" und „Erkenntnisgewinnung"?

2. Welche Auswirkungen hat die Interaktion von Lehrercharakteristika und Experimentiersituation auf die Kompetenzentwicklung von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik?

Diese Forschungsfragen sollen in unserer, vom BMBF geförderten, Interventionsstudie beantwortet werden. Dafür werden die bei Winkelmann (2015) vorgeschlagenen Unterrichtsreihen mit Fokus auf die verschiedenen Experimentiersituationen verwendet (vgl. Weber et al., 2016). In der Studie werden die Teilnehmenden (Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte) zu drei verschiedenen Testzeitpunkten befragt: Ein Pretest direkt vor und ein Posttest direkt nach der Unterrichtsreihe sowie ein Follow-Up-Tests 4 bis 12 Wochen später.
Für die Follow-Up-Erhebung wurde ein Planned-Missing-Design (Little & Rhemtulla, 2013) genutzt. Dabei nehmen die Teilnehmenden immer nur an einem der drei Follow-Up-

Messzeitpunkte (4, 8, oder 12 Wochen später) teil. Die angepeilte Stichprobengröße lässt dieses Vorgehen bei hoher zu erwartender Teststärke zu.

Messinstrumente
Im Pretest werden kognitive Leistungsfähigkeit (KFT-V3, -N2, Heller & Perleth, 2000) und personenbezogene Daten der Schülerinnen und Schüler erhoben. Die Lehrkräfte werden gleichzeitig zu ihren Überzeugungen zum Physikunterricht und zur Physik als Wissenschaft befragt (Lamprecht, 2011). Im Post-Test wird das aktuelle Interesse der Schülerinnen und Schüler an Physik mit einer an den Physikunterricht adaptierten Skala von Schulz (2011) erhoben. Der Stand in den Bereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung wird zu allen Testzeitpunkten gemessen. Um Veränderung im Bereich Erkenntnisgewinnung zu messen, werden aus dem Test zur prozessbezogenen naturwissenschaftlichen Grundbildung von Glug (2009) Itemsets verwendet. Diese wurden bereits unter Nutzung von Modellen der Item-Response-Theorie (IRT, van der Linden & Hambleton, 2013) evaluiert. Für den Bereich Fachwissen wurde von uns ein ebenfalls IRT-basierter Test entwickelt.

Fachwissenstest: Konzeption und Implementierung
Zunächst wurden die von Winkelmann (2015) eingesetzten Items IRT-skaliert und hinsichtlich zentraler psychometrischer Aspekte analysiert. Aus den 54 Items von Winkelmann konnten 32 Items selektiert werden. Ein Teil der eliminierten Items wurde überarbeitet und zusätzlich 30 neue Items in einer Expertengruppe entwickelt. Zusammen mit den bereits vorhandenen Items wurden diese anschließend im Zuge einer Pilotstudie kalibriert. An der Pilotstudie nahmen 301 Personen teil, sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Lehramtsstudierende der Universitäten Köln und Frankfurt. Wiederum wurden die Items anhand der Pilotierungsdaten IRT-skaliert, auf psychometrische Güte geprüft und gegebenenfalls für den Fachwissenstest selektiert. Aus dem so gewonnenen Itempool zur Messung des Fachwissens wurden Testhefte für alle drei Messzeitpunkte zusammengestellt. Jedes messzeitpunktspezifische Testheft bestand aus 16 Items, mit einer Zahl von 4 bis 8 Items die sich mit Testheften anderer Messzeitpunkte überlappen. Auf diese Weise ist eine Verknüpfung der Resultate trotz unterschiedlicher dargebotener Items über die Messzeitpunkte möglich. Um die zu erwartende Personenfähigkeit am jeweiligen Messzeitpunkt möglichst genau zu erfassen wurden im Pretest eher einfache Items genutzt, im Posttest dafür schwerere. Zudem kam ein balanciertes unvollständiges Testheftdesign (Osterlind & Everson, 2009) zum Einsatz, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden.

Erste Erkenntnisse der Hauptstudie
Nach dem ersten Datencleaning können zum jetzigen Zeitpunkt die Angaben von 44 Lehrkräften und 1094 Schülerinnen und Schülern in die nachfolgenden Analysen einbezogen werden. Die durchschnittliche Klassengröße betrug 25 Schülerinnen und Schüler. Hauptsächlich waren Klassen der 7. Jahrgangsstufe (73%) vertreten, es gab aber auch Klassen der 8. Jahrgangsstufe (27%). Schüler machten 44% der Stichprobe aus, 46% waren Schülerinnen. Die übrigen Teilnehmer gaben kein Geschlecht an.

Veränderung des Fachwissens
Der Zuwachs des, durch den zuvor entwickelten und vorgestellten Test ermittelten Fachwissens von Pretest zu Posttest ist unabhängig von der Experimentiersituation signifikant und sehr groß (partielles $\eta^2 = 0{,}365$). Es lässt sich kein Unterschied zwischen den verschiedenen Experimentiersituationen finden. Nach Ende der Unterrichtsreihe sinkt das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler erwartungsgemäß wieder ab, allerdings ist dies in der Kochbuch-Experimentiersituation signifikant weniger ausgeprägt, wobei der detektierte Effekt sehr klein ausfällt (partielles $\eta^2 < 0{,}01$).

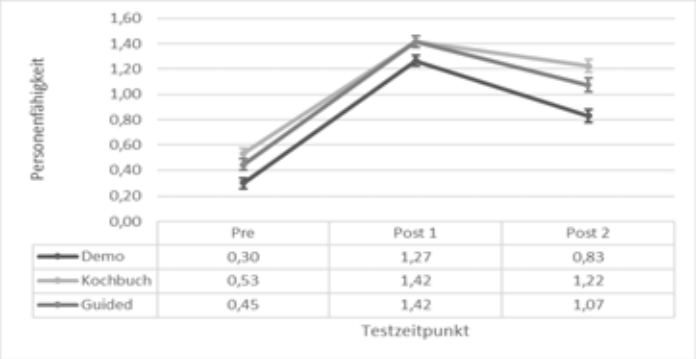


Abb. 1: Personenfähigkeit im Bereich Fachwissen

Nach Eliminierung nicht vollständiger Datensätze betrug die Stichprobengröße hier 867 Schülerinnen und Schüler (Demo: 302, Kochbuch: 291, Guided 274).

Aktuelles Interesse, abhängig von Geschlecht und Experimentiersituation

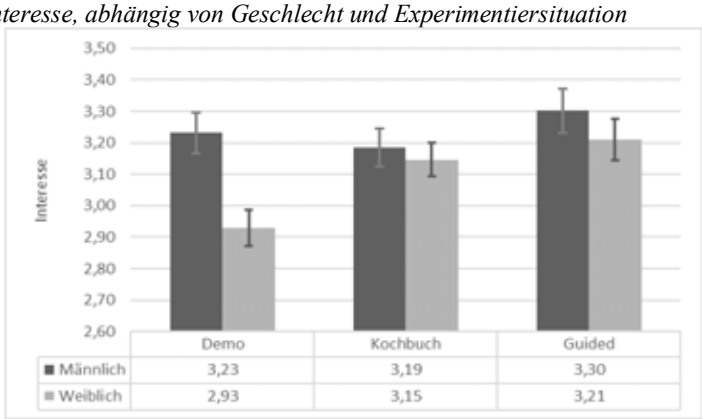


Abb. 2: Aktuelles Interesse an der Unterrichtsreihe

Das aktuelle Interesse wurde auf einer Likert-Skala angegeben (1: nicht interessiert, 5: interessiert). Während sich bei den Schülern keine signifikante Wechselwirkung mit der Experimentiersituation ergibt und Schüler und Schülerinnen keine signifikanten Unterschiede bei den Schülerexperimenten zeigen, haben Schülerinnen ein deutlich geringeres aktuelles Interesse an der Demo-Experimentiersituation ($d_{Cohen} = 0{,}38$; $p < 0{,}5$).

Fazit

Der neu entwickelte Fachwissenstest hat sich als gut verwendbar erwiesen. Während die Daten, insbesondere im Hinblick auf Heterogenität, Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung und Einfluss der Überzeugungen der Lehrkräfte noch anhand weiterer Analysen und unter Berücksichtigung der Mehrebenendatenstruktur untersucht werden müssen, zeigt sich bereits, dass Befunde vorherigen Studien bestätigt werden können: Die verschiedenen Experimentiersituationen bieten jeweils keine deutlichen Vor- noch Nachteile bei der Erlangung von Fachwissen. Dagegen zeigt sich im Bereich des aktuellen Interesses ein Hinweis darauf, dass insbesondere Schülerinnen wohl weniger stark durch Demonstrationsexperimente angesprochen werden als durch Schülerexperimente. Zieht man den starken Zusammenhang von Interesse, Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung in die Betrachtung mit ein und bedenkt zudem, dass im deutschen Schulsystem viele Schülerinnen und Schüler im Laufe ihrer Schulzeit ein ungünstiges Einstellungsmuster bzw. Selbstkonzept gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern und Berufen entwickeln, ist dieses Ergebnis umso beachtenswerter.

Literatur

Bunterm, T., Lee, K., Ng Lan Kong, J., Srikoon S., Vangpoomyai, P., Rattanavongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. International Journal of Science Education, 36(12), 1937-1959, DOI:10.1080/09500693.2014.886347.

Duit, R., & Wodzinski, C. T. (2010). Merkmale guten Physikunterrichts. In: R. Duit (Hrsg.). Piko-Briefe. Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. IPN Kiel. Abgerufen von: http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf

Glug, I. (2009). Entwicklung und Validierung eines Multiple-Choice-Tests zur Erfassung prozessbezogener naturwissenschaftlicher Grundbildung. Kiel: IPN.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. Science Education, 88, 28-54.

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

Koksal, E. A., & Berberoglu, G. (2014). The Effect of Guided-Inquiry Instruction on 6th Grade Turkish Students' Achievement, Science Process Skills, and Attitudes Toward Science. International Journal of Science Education, 36(1), 66-78, DOI: 10.1080/09500693.2012.721942.

Lamprecht, J. (2011). Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.). Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 125. Berlin: Logos Verlag.

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. Review of Educational Research, 86, 681–718. https://doi.org/10.3102/0034654315627366.

Little, T. D., & Rhemtulla, M. (2013). Planned Missing Data Designs for Developmental Researchers. Child Development Perspectives, 7, 199–204. doi:10.1111/cdep.12043.

Osterlind, S. J., & Everson, H. T. (2009). Differential item functioning (Vol. 161). Sage Publications.

Schulz, A. (2011). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: Eine Videostudie. In: H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Hrsg.). Studien zum Physik und Chemielernen. Band 113. Berlin: Logos Verlag.

van der Linden, W. J., & Hambleton, R. K. (Hrsg.). (2013). Handbook of modern item response theory. Springer Science & Business Media.

Winkelmann, J. (2015). Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth (Hrsg.). Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 179. Berlin: Logos Verlag.

Weber, J., Winkelmann, J., Erb, R., Wenzel, S. F. C., Ullrich, M., & Horz, H. (2016). Entwicklung von Messinstrumenten zum Kompetenzzuwachs anhand von Modellen der IRT. In: PhyDid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in Hannover.

Wodzinski, R., Wodzinski, C.T., & Hepp, R. (Hrsg.) (2007). Themenheft "Differenzierung im Physikunterricht". Unterricht Physik Nr. 99/100. Seelze: Friedrich Verlag.

Agnes Szabone Varnai Universität Paderborn
Peter Reinhold

Experimentelle Praktika mit Erklärvideos optimieren

Ausgangslage und Problemfeld

In dem hier beschriebenen Lehrkonzept wird die Weiterentwicklung der Veranstaltung „Physikalische Grundlagen des Sachunterrichts“ angestrebt, an der in jedem Wintersemester ca. 120 Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt an Grundschulen und Lehramt für sonderpädagogische Förderung mit dem Lernbereich Natur- und Gesellschaftswissenschaften teilnehmen. Im Rahmen dieser Veranstaltung findet alle zwei Wochen eine Vorlesung und thematisch darauf aufbauend alle zwei Wochen ein praktischer Teil statt. In diesem Praktikum werden in 3er-Gruppen für den Sachunterricht relevante physikalische Inhalte in experimentellen Aufgaben auf mittlerem Schulniveau selbstständig bearbeitet. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass Lehramtsstudierenden bereits in ihrer universitären Ausbildung positive Kompetenzerfahrungen in ihrem praktischen Tun erleben. Denn Sachunterrichtslehrkräfte, die sich nicht als hinreichend qualifiziert bzw. kompetent einschätzen, technik- und physikbezogene Inhalte vermitteln zu können, meiden diese Themen im Unterricht (Möller, 2003; Peschel & Koch, 2014).
Feldbeobachtungen zeigen, dass die bisherige Form der Veranstaltung dies nicht zufriedenstellend erreicht, weil der Umfang der von den Studierenden geforderten Transferleistungen (Theorie – Experiment bzw. zwischen Experimenten) überschätzt wurde. Um das Praktikum didaktisch wirkungsvoller zu gestalten, soll das Maß an instruktionaler Unterstützung erhöht werden.

Theoretische Hintergrund des Vorhabens und ihre Umsetzung

Um den *Lernerfolg* und die *Selbstwirksamkeit* der Studierenden für Sachunterricht in der physikalischen Grundausbildung bei experimentellen Handlungen zu erhöhen, wurde das derzeit bestehende Lehrkonzept modifiziert: Im Gegensatz zum Erlernen rein handwerklicher Handlungen wird das Erlernen physikalischen Experimentierens den Novizen dadurch erschwert, dass die den Experimentierhandlungen zugrunde liegenden kognitiven Prozesse nur wenig sichtbar sind. Sie müssen durch Visualisierungen und Erklärungen durch Lehrende (Experten) zugänglich gemacht werden. Um die Wissensanwendung bei kognitiven Handlungen zu unterstützen, wird in der Literatur der didaktische Ansatz Cognitive Apprenticeship (Collins et al., 1989) vorgeschlagen.
Um den Transfer von konzeptionellem Wissen auf das Handeln zu erleichtern, soll daher pro Veranstaltungstermin ein für den jeweiligen Inhaltsbereich typisches Experiment vollständig Schritt für Schritt vorgemacht (modeling) und währenddessen für den Lerner nicht direkt beobachtbare Prozesse durch lautes Denken des Lehrenden zugänglich gemacht (scaffolding) werden. Indem die Handlungs- und Situationsbedingungen dabei mit erläutert werden und der Lerner diese für sich nachvollziehen kann, sollte die Chance größer sein, dass er das erworbene Wissen auf ähnliche Situationen bzw. Experimente übertragen kann. Im Weiteren soll der Studierende, wenn er im Praktikum die experimentelle Handlung selbst vollzieht, seine Lösungsschritte in der Gruppe selbständig erläutern (articulation) und zum Schluss seinen Lernprozess rückblickend bewerten (reflection) können; zunächst wird er dabei vom Lehrenden - falls nötig - korrigierende Hinweise erhalten (coaching). Diese instruktionale Unterstützung soll schrittweise zurückgenommen werden (fading out) (Schnotz, 2001). Wie kann man für ca. 120 Studierende mit sehr heterogenen individuellen Voraussetzungen bezüglich Vorwissen, Lerntempo, Motivation, Ängste vor „Physik“ die genannte Lehrmethode realisieren? Hier reicht es sicherlich nicht aus, einfach vorne zu

stehen und das betreffende Experiment „laut“ zu demonstrieren. Hier können Erklärvideos zum Zuge kommen. Der größte Vorteil von Erklärvideos ist gerade, dass sie nicht kurzlebig sind, wie die Performanz eines Dozierenden, sondern für die Aneignung zeit- und ortsunabhängig wiederholbar sind und dadurch ein individuelles Lerntempo ermöglichen (Wolf, 2015).
Außerdem wurden bei der Gestaltung der hier eingesetzten Erklärvideos die folgenden Grundsätze multimedialen Lernens (Mayer, 2002) und fachdidaktischen Überlegungen berücksichtigt: die Videos erhalten in der Vorlesung benutzte Erklärungsansätze, machen die erkenntnismethodische Schritte durch z.B. ein paralleles Anfertigen eines Forscherbuches im Video deutlich, vermitteln konkrete Strategien bei der praktisch-technischen Durchführung und sie bieten zusammengehörige Informationen zeitlich-räumlich simultan dar. Die Informationen wurden zudem kurz und motivierend gestaltet, um frühzeitiges Wegschauen (Illusion des Verstehens (Baker, 1985)) zu vermeiden. Darüber hinaus wurde die Abstraktion schrittweise gesteigert. Die Erklärvideos wurden während des Praktikumstermins eingesetzt, so dass auch Raum für coaching, articulation und reflection bestand. In diesem Sinne blieb die individuelle Betreuung durch die Dozierende während der Veranstaltung erhalten.

Fragestellung und Design der Feldstudie
Insgesamt soll in einem Prä-Post-Design untersucht werden, ob sich durch die oben beschriebene Interventionsmaßnahme ein Zuwachs in der auf das physikalische Experimentieren bezogenen Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) der Studierenden und ein höherer Lernerfolg feststellen lässt. Zur Untersuchung dieser Frage wurde ein Versuchsgruppen(VG)-Kontrollgruppen(KG)-Vergleich mit der unabhängigen Variable: mit bzw. ohne Erklärvideos durchgeführt. Beide Gruppen experimentieren am Praktikumstermin, bearbeiten dieselben Experimente und werden von den gleichen Betreuerinnen und Betreuern begleitet. Die Kontrollgruppe bekommt im Rahmen der Erklärvideos dieselben zusätzlichen inhaltlichen Informationen wie die Versuchsgruppe, jedoch in Form eines pdf-Dokuments (Durchführungsschritte und Erklärungen in Textformat und Versuchsaufbau mit Skizzen und Fotos in Bildformat). Diese Art der Darbietung wurde gewählt, um den Unterschied in Informationsmenge, Motivation (VG und KG arbeiten mit Laptops) und in Time-on-task zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe zu minimieren.
Abhängige Variablen sind also: Selbsteinschätzung (wie kompetent fühlen sie sich, physikalische Themen sowohl fachlich-konzeptuell als auch prozedural und erkenntnismethodisch zu bearbeiten) und eine Fremdeinschätzung (wie gut können die Studierenden physikalische Themen fachlich bearbeiten). Die Erhebung verlief folgendermaßen: vor der Intervention wurden im Rahmen eines Fragebogens SWE, Abiturnote, letzte Physiknote, die Angabe, bis zum welchen Kurs Physik in der Schule besucht wurde, und das inhaltspezifische Vorwissen (Kurztest) erhoben. Nach der Intervention (mit bzw. ohne Erklärvideo) folgte die Erhebung des inhaltspezifischen Fachwissens und erneut SWE.
Außerdem wurden bei einer Teilstichprobe zum einen prozessbezogen Daten erhoben, indem die Bearbeitung einer experimentellen Aufgabe in der Lerngruppe während der Intervention videographiert wurden. Zum anderen wurden mit einer weiteren Teilstichprobe nach der Aufgabenbearbeitung kurze Interviews geführt. Gefragt wurde insbesondere, welche Vorteile oder Nachteile im Einsatz der Videos bzw. Hilfestellungen oder den zusätzlichen Informationen in Form der pdf-Dokumente gesehen werden.

Erste Ergebnisse
Randdaten der Probanden: An der Veranstaltung haben 119 Studierende teilgenommen. Gegenstand der hier berichteten Analyse ist ein Datensatz mit 71 Studierenden, bei denen vollständige Informationen vorliegen. Es sind 61 weibliche und 10 männliche Studierende

(in VK und KG gleich verteilt). Das Durchschnittsalter beträgt 21 Jahre. 90 % von ihnen haben Physik vor der dem Abitur abgewählt und nur 10 % bis zum Abitur an Physikunterricht teilgenommen und dies als Grundkurs. Der Durchschnittswert der letzten Physiknote beträgt 2,7 und der Abiturnote 2,4.

Ergebnisse bezüglich der Selbstwirksamkeitserwartung zum Experimentieren: Der Fragebogen (Beispielitem siehe Abb. 3) wurde von Körner & Ihringer (2016) übernommen. Die Anzahl der Items beträgt 8 und es liegt hier eine Reliabilität von α= 0,719 vor. Die Selbstwirksamkeitserwartung nimmt bei der Gesamtstichprobe (N=71) zu, der Prä-Post-Unterschied ist signifikant, jedoch mit einer kleinen Effektstärke (t=3,292, p=0,002, d=0,388) (siehe Abb.1). VG und KG unterscheiden sich wider Erwarten nicht im Zuwachs von SWE (t =0,124, p =0,902).

Ergebnisse bezüglich des Lernerfolgs: VG und KG unterscheiden sich vor der Intervention nicht im Vorwissen. Dies wird durch den Vergleich der jeweiligen Abiturnoten (t=0,966, p=0,337), Physiknoten (t=1,330, p=0,188) und der Ergebnissen im inhaltspezifischen Vorwissen (t=1,330, p=0,188) belegt werden. Direkt nach der Intervention im Praktikum und ca. eine Woche später in der Vorlesung zeigt die VG einen höheren Lernerfolg als die KG (siehe Abb. 2). Die Unterschiede sind jeweils signifikant und bedeutsam (im Praktikum: t=3,804, p= 0,000, d=0,904; in der Vorlesung: t=3,225, p=0,002, d=0,767).

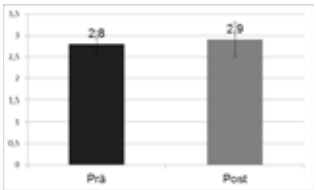


Abb.1 Ergebnisse in SWE. 4-stufige Skala mit den Antwortmöglichkeiten von trifft nicht zu (1) bis trifft genau zu (4)

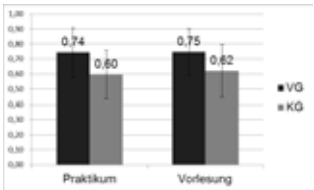


Abb.2 Lernerfolg: Prozentuale Ergebnisse im Nachtest

Interpretation

Die vorliegenden Randdaten der Probanden bestätigen, dass in der Veranstaltung tatsächlich eine Novizen-Problematik vorliegt, was den Einsatz der Lehrmethode Cognitive Apprenticeship und den der multimedialen Elementen zur Visualisierung rechtfertigt.

Die Ergebnisse bezüglich SWE zum Experimenteiern, dass die Studierenden durch die eingesetzten Erklärvideos keinen höheren Zuwachs haben, kann theoriekonform interpretiert werden: SWE ist definiert *als „die Erwartung einer Person zu beschreiben, inwieweit sie sich in der Lage sieht, vor ihr liegende, neue oder individuell schwierige Anforderungen aus eigener Kraft durch selbstständiges Handeln erfolgreich zu bewältigen"* (Schröter, 2014, S. 7). Wenn man diese Definition mit den Äußerungen der Studierenden aus den Interviews vergleicht – beispielsweise: *„Der Ehrgeiz war ja quasi da, aber wenn ich gemerkt habe, beim ersten Versuch hat es nicht geklappt, oder beim zweiten Versuch auch nicht, dann wollte ich wissen, wo die Fehlerquelle war. Und dann wusste ich, ich kann auf das Video zurückgreifen."* – ist den Studierenden bewusst, dass sie die Aufgaben mit Hilfe der Erklärvideos und nicht selbstständig gelöst haben.

Der Unterschied im Lernerfolg zugunsten der Studierenden mit Erklärvideos ist vermutlich auf mehrere Faktoren, wie beispielsweise die multimedialen Elemente oder die schrittweise Erhöhung der Abstraktionen, zurückzuführen. Dies soll durch weitere Analysen der Interviews und der Prozessaufnahmen geklärt werden. Motivationseffekte können vermutlich ausgeschlossen werden, da vor der Erhebung des Lernerfolgs bereits mehrere Praktikumstermine mit bzw. ohne Erklärvideos stattgefunden haben.

Literatur

Baker L. (1985). How do we know when we don't understand? Standards for evaluating text comprehension. In D.L. Forrest-Pressley, G.E. MacKinnon & TG. Waller (Eds.), Metacognition, Cognition, and human Performance. Vol. 1: Theoretical perspectives (pp. 155-205). Orlando: Academic Press.

Collins A., Brown J.S. & Newman, S.E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L.B. Resnick (Ed.), Knowing, learning, and instruction. Essays in honor of Robert Glaser (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Körner, H-D. & Ihringer, S. (2016) Selbstwirksamkeit beim Experimentieren – Mädchen und Jungen in den Naturwissenschaften. http://gelefa.de/wordpress/wpcontent/uploads/sammelband/5_GELEFA_Sammelband2016_Chemie.pdf [15.10.2017]

Mayer R. E. (2002). Multimedia Learning. The Psychology of Learning and Motivation, Vol. 41, 85-139.

Möller K. (2003). Technikbezogene Themen im Sachunterricht. Grundschule 35 (2003) 9, S. 33-34.

Peschel M. & Koch A. (2014). Lehrertypen – Typisch Lehrer?! Clusterungen im Projekt SUN. In S. Bernholt, Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. (Bd. 34, S. 216-218).

Schnotz W. (2001). Lernen aus Beispielen: Ein handlungstheoretischer Rahmen (Kommentar). Unterrichtswissenschaft, 29(1), 88-95.

Schröter, E. (2015). Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben einer multimedialen Lernumgebung. Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 182. Berlin: Logos Verlag.

Wolf K. D. (2015). Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube: Audio-Visuelle Enzyklopädie, adressatengerechtes Bildungsfernsehen, Lehr-Lern-Strategie oder partizipative Peer Education? In merz 1 (59), S. 30–36

Leonard Büsch RWTH Aachen University
Heidrun Heinke

Experimentelle Handlungsabläufe sichtbar machen Methoden und Ergebnisse

Der in Bildungsstandards und Kernlehrplänen für das Fach Physik ausgewiesene Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ist wesentlich geprägt vom Experimentieren als wichtiger Methode naturwissenschaftlichen Arbeitens. Allerdings sind experimentelle Kompetenzen aktuell nicht vollständig abprüfbar, wobei speziell die Durchführung der Experimente nur mangelhaft erfasst wird (vgl. Schreiber, 2012). Um diese Phase des Experimentierens zu dokumentieren, wurden bisher häufig probandenfokussierte Ansätze gewählt. Dabei werden die Handlungen der Probanden am Experiment aufgezeichnet und interpretiert. Bei der in dieser Arbeit genutzten Methode der objektfokussierten Datenerfassung (Fraß, 2016) werden hingegen die eingestellten Messparameter im Experiment aufgenommen, was die Rekonstruktion der experimentellen Handlungsabläufe ermöglicht. Die erhobenen Daten lassen sich (teil-)automatisiert aufbereiten und auswerten, wodurch eine sehr hohe zeitliche Auflösung realisiert wird. So entsteht eine neue objektive Sichtweise auf das Experimentieren als Methode naturwissenschaftlichen Arbeitens. In diesem Beitrag wird die objektfokussierte Datenerfassung exemplarisch an einem Versuch zur Radioaktivität vorgestellt und erste Ergebnisse der Datenanalysen einer umfassenden Studie werden präsentiert.

Studie im Versuch zur Radioaktivität

Der Versuch zur Radioaktivität wird in einem physikalischen Praktikum für Studierende des Maschinenbaus im dritten Semester an der RWTH Aachen angeboten. Im Rahmen der Studie nahmen im Wintersemester 2016/17 insgesamt 317 Studierende daran teil. Sie arbeiteten – wenn möglich – zu zweit an einem Versuchsaufbau und hatten insgesamt für Vorbesprechung, Durchführung und Auswertung des Versuchs 135 Minuten Zeit. Der Versuchsaufbau ist in Abb. 1 zu sehen. In einer Stahlwanne mit Bleiglasabdeckung sind ein radioaktives Präparat und ein im Abstand dazu variables Geiger-Müller-Zählrohr eingebaut. Zudem lassen sich über ein Schienensystem jeweils fünf Absorberplatten verschiedener Dicke aus Aluminium und Kupfer in den Strahlengang einsetzen. Detektierte radioaktive Ereignisse werden auf einer Zählkonsole angezeigt. Im Experiment lassen sich drei Messparameter einstellen: Der *Abstand* zwischen radioaktivem Präparat und Geiger-Müller-Zählrohr, die *Dicke* und das Material von Absorberplatten im Strahlengang sowie die *Dauer* einer Einzelmessung.

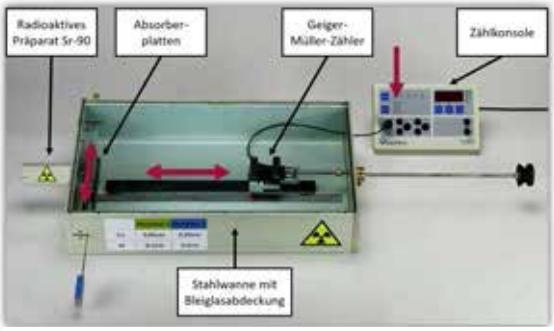


Abb. 1: Der Versuchsaufbau zur Radioaktivität mit seinen wichtigen Elementen. Mit den roten Pfeilen markiert sind zudem die einstellbaren Messparameter: Absorbermaterial und –dicke, Abstand, Messdauer.

Die Studierenden sollen im Versuch die drei im Folgenden beschriebenen Messaufgaben bearbeiten: Zunächst sollen verschiedene Abstände zwischen dem Präparat und dem Zählrohr eingestellt und so die Abstandsabhängigkeit der Zählrate ermittelt werden. Über eine graphische Auswertung wird anhand dieser Daten die Aktivität des radioaktiven Präparats bestimmt. Die zweite bzw. dritte Messaufgabe

bestehen darin, Absorber aus Aluminium bzw. Kupfer verschiedener Dicken in den Strahlengang einzusetzen und die Absorption von β-Strahlung durch die Materialien zu untersuchen. Ebenfalls über eine graphische Auswertung sollen die Absorptionskoeffizienten der beiden Materialien ermittelt werden. In jeder Messreihe (MR) sollen mindestens 8 Messwerte aufgenommen werden. Die Wahl der Abstände bzw. Absorberdicken und deren Reihenfolge bleiben den Probanden überlassen.
Im Rahmen der hier vorgestellten Studie wurden die Einzelmessungen der drei Messreihen genauer untersucht und analysiert. Insbesondere können mögliche systematische Handlungsabläufe innerhalb der einzelnen Messreihen sowie Wiederholungen der Handlungsabläufe zwischen den Messreihen identifiziert werden.

Datenerfassung und –aufbereitung
Um die Messreihen und die einzelnen Messungen objektfokussiert zu erfassen, wurde der Versuchsaufbau mit einem Mikrocontroller erweitert und mit geeigneten Sensoren zur Ermittlung der Messparametereinstellungen ausgestattet:

- ein *Ultraschallsensor* ermittelt die Position des Geiger-Müller-Zählers
- *Lichtschranken* erfassen die Einstellungen der einzelnen Absorberschieber
- ein *Spannungssensor* an der Zählkonsole registriert, ob eine Messung stattfindet

Aus diesen Daten wird eine Tabelle generiert, in der zu jeder Sekunde die aktuellen Einstellungen der Messparameter dargestellt sind. Daraus lassen sich graphische Darstellungen der Versuchsverläufe erstellen, in denen über die gesamte Versuchsdauer die Messparameter einzusehen sind (vgl. Büsch, 2017). Für die einzelnen Messreihen lassen sich die Messparameter in sogenannten Messverläufen (Abb. 2) darstellen.

Datenanalyse
Die Verlässlichkeit der Messwerte im Versuch zur Radioaktivität hängt erheblich von der Dauer einer Einzelmessung ab. Daher ist es hilfreich, die Größe der Messparameter Abstand bzw. Absorberdicke auf- oder absteigend zu variieren, um so abschätzen zu können, ob ein Wechsel der Dauer der Einzelmessungen sinnvoll ist. Ein solches systematisches Vorgehen weist somit auf ein planvolles Experimentieren und ein besseres Messverständnis hin. Die Messverläufe der Messreihen von 65 Teams wurden im Hinblick auf mögliche Systematiken daher nach einem Manual drei Kategorien zugeordnet (siehe auch Büsch, 2017):

- monotone Systematik
- phasenweise Systematik
- keine erkennbare Systematik

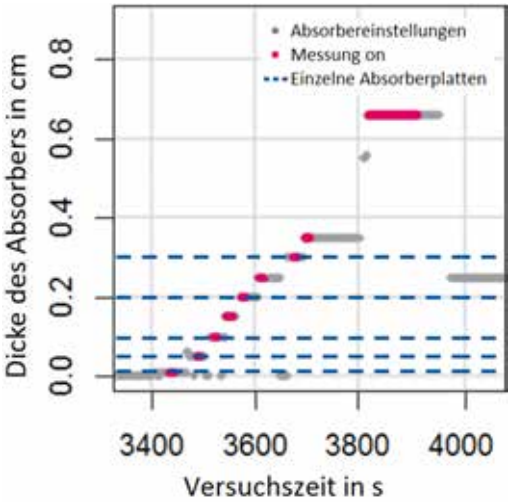


Abb. 2: Beispielhafter Messverlauf einer Messreihe zur Absorption durch Aluminium mit monoton aufsteigender Systematik und direkter Kombination der Absorberplatten.

Mit einer Interraterübereinstimmung von 100 % konnten die Messverläufe der 65 Teams den Kategorien zugeordnet werden. Dabei wurden jeweils alle drei Messreihen analysiert, die von allen 65 Teams in der intendierten Reihenfolge der Messreihen 1 bis 3 absolviert wurden. Vergleicht man die Anteile der Teams, die nach den entsprechenden Systematiken innerhalb dieser Messreihen gearbeitet haben, fällt auf, dass speziell der Anteil der monotonen systematischen Handlungsabläufe

von der ersten auf die zweite Messreihe deutlich abnimmt (von 29% auf 11%), begleitet von einem Anstieg des Anteils indifferenter Systematik (von 23% auf 34%), bei der dritten Messreihe jedoch wieder steigt (auf 35%; Angaben aus Guntermann, 2017). Die Erwartung war hingegen, dass das Messverständnis im zeitlichen Verlauf des Experiments zunimmt und daher schon in der zweiten Messreihe weniger indifferente Systematiken beobachtet werden.

Um diese Diskrepanz zu verstehen, ist es notwendig, sich die Bedienung des Experiments zu verdeutlichen: Während der Abstand intuitiv systematisch einstellbar ist, sind die verschiedenen Absorberdicken über 5 Einzelschieber einzustellen. Anhand dessen lassen sich die Gesamtdicken der Absorbermaterialien entweder durch die Wahl der einzelnen Absorberplatten (vgl. gestrichelte Linien in Abb. 2) oder durch Kombinationen dieser Platten erzeugen. Um in den Messreihen 2 und 3 die Messaufgabe aus der Versuchsanleitung – mindestens acht verschiedene Messpunkte aufzunehmen – zu erfüllen, ist auch die Kombination der Platten notwendig. Die Vorgehensweisen der Teams in den Messreihen 2 und 3 sind daher weiteren Kategorien zugeordnet worden (Interraterübereinstimmung 100 %):

- keine Kombinationen: Die Teams nutzen keine Kombinationen der Absorberplatten
- spätere Kombinationen: Die Teams nutzen zunächst nur die Einzelplatten, danach auch Kombinationen der Absorberplatten
- direkte Kombinationen: Die Teams nutzen in einer zeitlichen Abfolge Einzelplatten und Kombinationen gemischt

Die entsprechenden Vorgehensweisen der 65 Teams in den Messreihen 2 und 3 sind in Abb. 3 als Sankey-Diagramm (Sankey, 1898; erstellt auf der Website www.sankeymatic.com) veranschaulicht (vgl. Fraß, 2017). Dabei sind neben den Häufigkeiten der Kategorien in den beiden Messreihen auch die Abfolgen in den verschiedenen Vorgehensweisen der Teams zwischen den verschiedenen Vorgehensweisen in Form sogenannter Flüsse sichtbar. Die horizontal verlaufenden, grau markierten Flüsse charakterisieren solche Probandenteams, die in den beiden Messreihen die gleiche Vorgehensweise verfolgen. Der dunkelblaue Fluss zeigt, dass ein großer Teil derjenigen Studierendenteams, die in der zweiten Messreihe der Kategorie *spätere Kombinationen* zugeordnet werden können, in der dritten Messreihe direkte Kombinationen in ihrer Messsystematik aufweisen. Hier ist zu vermuten, dass den Studierenden die Möglichkeit der Kombination der Absorberplatten während der zweiten Messreihe bewusst wurde und dieses Wissen in der dritten Messreihe angewendet wird. Hier zeigt sich offenbar ein besseres Messverständnis im späteren Verlauf des Experiments.

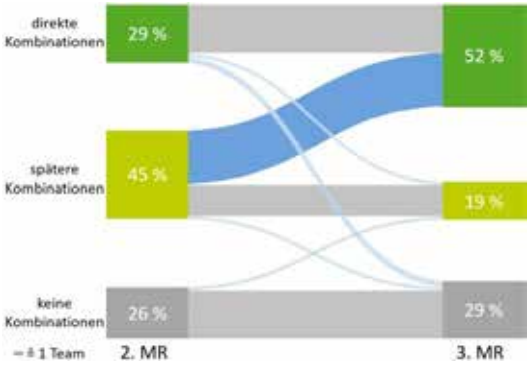


Abb. 3: Sankey-Diagramm über die Systematik der Kombination über die zweite und dritte Messreihe.

Fazit und Ausblick

Die Methode der objektfokussierten Datenerfassung zur Beschreibung von experimentellen Handlungsabläufen wurde am Beispiel eines Experiments zur Radioaktivität realisiert. Sie eröffnet über eine teilautomatisierte Auswertung auch Zugang zu den experimentellen Handlungsabläufen größerer Probandengruppen und dabei auftretender Systematiken. Eine Übertragung auf andere Experimente ist möglich (z.B. Joußen, 2017). Durch Realisierung einer automatisierten Auswertung ist mit diesem Instrument auch ein direktes Feedback über interaktive Versuchsanleitungen noch während des Experimentierens denkbar.

Literatur

Büsch, L., Guntermann, C. & Heinke, H. (2017): Diagnostik experimenteller Vorgehensweisen am Beispiel eines Versuchs zur Radioaktivität. In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Dresden.

Fraß, S. & Heinke, H. (2016). Object-Focused Assessment of Experimental Processes in Optical Experiments. In E-Book Proceedings of the ESERA 2015 Conference: Science Education Research for Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Part 11 (Jens Dolin & Per Kind) (S. 1714–1724). Helsinki.

Fraß, S. & Heinke, H. (2017). Auf der Suche nach Strategien bei der Manipulation von Experimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Zürich 2016. Münster: Lit.

Guntermann, C. (2017): Analyse von experimentellen Prozessen am Beispiel eines Versuches zur Radioaktivität. Masterarbeit, RWTH Aachen University, unveröffentlicht.

Joußen, N., Fraß, S. & Heinke, H. (2017). Prozessorientierte Instrumente zur Erhebung experimenteller Strategien. In S. Bernholt (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017. Münster: Lit.

Schreiber, N. (2012). Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. In Niedderer & Fischler (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 139. Berlin: Logos Verlag.

Sankey, M. H. P. R. (1898). Introductory Note on the Thermal Efficiency of Steam-Engines. (No. 34). Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXXIV, Session 1897-98. Part IV.

www.sankeymatic.com (aufgerufen am 09.10.2017).

Andreas Vorholzer Justus-Liebig-Universität Gießen
Jörn Jonathan Hägele

Experimentieren lernen – Aktivitätsprofile von Schülern

Der Aufbau von prozessbezogenen Kompetenzen, z. B. zum experimentellen Denken und Arbeiten, gehört national wie international zu den zentralen Zielen des naturwissenschaftlichen Unterrichts (z. B. KMK, 2005; NRC, 2012). Schülerinnen und Schüler sollen am Ende der Sekundarstufe I beispielsweise u. a. Experimente planen und durchführen können oder in der Lage dazu sein, Daten auszuwerten und zu interpretieren (KMK, 2005). Zur Entfaltung solcher prozessbezogenen Kompetenzen, benötigen Schülerinnen und Schüler ein mindestens intuitives Verständnis zugehörige prozessbezogene Konzepte (z. B. „Bei einem Versuch sollte immer nur eine Variable gleichzeitig verändert und alle anderen Variablen konstant gehalten werden"; vgl. von Aufschnaiter & Hofmann, 2014; Vorholzer, 2017). Sowohl in der Forschungsliteratur als auch in Bildungsvorgaben herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass eigenständiges praktisch-experimentelles Arbeiten (inquiry-based teaching) ein geeigneter methodischer Zugang ist, um im Unterricht den Aufbau prozessbezogener Kompetenzen und zugehöriger Konzepte zu fördern (z. B. Bybee & van Scotter, 2007; Minstrell, 2000; NRC, 2012). Befundlagen zeigen jedoch, dass praktisch-experimentelles Arbeiten alleine nicht (oder nur sehr langsam) automatisch zum Kompetenzaufbau führt. Vielmehr scheint es erforderlich, die angestrebten prozessbezogenen Konzepte im Unterricht explizit zu thematisieren, deren Nutzung während des Experimentierens gezielt anzuregen und in der Anwendung zu üben (vgl. z. B. Alfieri et al., 2011; Lazonder & Harmsen, 2016; Vorholzer, 2016). Studien zur Wirkung von solchen sog. expliziten Instruktionsansätzen nutzen in der Regel ein (quasi-)experimentelles Design und basieren auf schriftlichen Prä-Post-Vergleichen (z. B. Chen & Klahr, 1999; Lazonder & Egberink, 2014; Lorch et al., 2010). Sie fokussieren somit primär auf die Ergebnisse des Lernens; über die Lernprozesse, die zu diesen Ergebnissen führen, und darüber, in welcher Weise Elemente expliziter Lernangebote das Lernen der Schülerinnen und Schüler unterstützen, ist bisher hingegen vergleichsweise wenig bekannt. Hier setzt das dem Beitrag zugrundeliegende Projekt an. Die Forschungsfragen lauten:

FF 1 Wie nutzen SuS Lernangebote, die einem expliziten Instruktionsansatz folgen?
FF 2 Was unterscheidet die Bearbeitungsprozesse von SuS mit hohem / niedrigem Kompetenzzuwachs?

Stichprobe und Design

Das dieser Studie zugrundeliegende Forschungsprojekt ist im quasi-experimentellen Design angelegt und wurde mit einer Stichprobe von $N = 204$ Schülerinnen und Schüler der Einführungsphase (Klasse 11, ~17 Jahre) aus 12 Parallelklassen einer Schule durchgeführt. Sechs dieser 12 Klassen bearbeiteten drei entlang eines expliziten Instruktionsansatzes angelegte Lerneinheiten zu unterschiedlichen prozessbezogenen Kompetenzen mit einem Gesamtumfang von ca. 225 Minuten (Einheit 1: Fragen und Hypothesen formulieren, 45 Min.; Einheit 2: Untersuchungen planen, 90 Min.; Einheit 3: Daten auswerten und interpretieren, 90 Min.). Die Bearbeitung der Lerneinheiten erfolgte in Teams mit je zwei bis drei Schülerinnen oder Schülern und fand über einen Zeitraum von drei Wochen hinweg im Rahmen des regulären Physikunterrichts statt (eine Lerneinheit pro Woche).

Vor (Prätest) und unmittelbar nach der dreiwöchigen Intervention (Posttest) wurden die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Bereich der drei angestrebten prozessbezogenen Kompetenzen (s. o.) mit einem schriftlichen Testinstrument erhoben

(Vorholzer et al., 2016). Im Prätest wurden außerdem weitere Instrumente eingesetzt, um u. a. das fachinhaltliche Vorwissen und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Schüler/innen zu erfassen.

Zur Analyse der Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler wurden zusätzlich zu den schriftlich erhobenen Prä-Post-Daten 24 Teams ($N = 71$, ca. 66 % weiblich) bei der Bearbeitung aller Lerneinheiten auf Video aufgezeichnet. Die Schülerinnen und Schüler wurden in Abhängigkeit davon ausgewählt, ob sie sich mit der Aufzeichnung einverstanden erklärt haben. Die Teams wurden nach den Präferenzen der Schülerinnen und Schüler gebildet. Die im Beitrag vorgestellte Studie fokussiert auf die Auswertung der Prozessdaten dieser Teilstichprobe. Für eine umfassende Darstellung der Ergebnisse des Prä-Post-Vergleichs siehe Vorholzer (2016).

Methode

Um die Bearbeitungsprozesse der Schülerinnen und Schüler zu untersuchen (FF 1) und im Hinblick auf Aktivitätsprofile besonders (wenig) erfolgreicher Schülerinnen und Schüler analysieren zu können (FF 2), wurde eine eventbasierte Kodierung der Videodaten vorgenommen. Das für die Kodierung verwendete Kategoriensystem (Abb. 1) basiert auf u. a. auf Vorarbeiten von Hägele (2015), wurde jedoch um induktiv aus den Daten abgeleitete Kategorien zur Beschreibung ergänzt. Die Kategorien Aktivitäten, Erleben und Off-Task wurde für jede/n Schüler/in einzeln, die bearbeitet Einheit und Karte des Lernmaterials gruppenweise kodiert. Innerhalb der verbalen Aktivitäten wurde zwischen fünf verschieden Arten von Schüleräußerungen unterschieden. Neben „Vorlesen“, organisatorischen Äußerungen (z. B. „Wir haben noch ca. 10 Minuten Zeit“) oder Handlungsanweisung zur Vorbereitung und Durchführung von Versuchen (z. B. „Gib mir mal das Lineal“ oder „Auf die Plätze. Fertig. Los!“) bildet die Unterscheidungen zwischen fachinhaltliche und fachmethodischen Beiträgen das Kernelement dieser Hauptkategorie. Als *fachinhaltlich* wurden alle Äußerungen kodiert, die sich auf inhaltliche Aspekte des Lernmaterials beziehen (z. B. Nennung von während eines Experiments gemachte Beobachtungen). Im Gegensatz dazu wurden Beiträge als *fachmethodisch* kodiert, wenn sich die Äußerungen der Schülerinnen und Schüler auf methodische Aspekte eines Versuchs beziehen (z. B. Regeln zur Unterscheidung von Beobachtung und Deutung).

Abbildung 1. Schematische Übersicht über die Hauptkategorie des Kategoriensystems und die Subkategorien der Kategorie „Aktivitäten“.

Bei allen fachmethodischen Beiträgen wurde zusätzlich die Art des Regelbezugs unterschieden: „Vermutet“ bildet Fälle ab, in den Schüler/innen keine auf die Regeln bezogenen Begriffe verwenden, ihre Äußerungen aber die Nutzung einer Regel nahelegen. So handelt es sich z. B. bei der Aussage: „Wir müssen die Kegel von der gleichen Höhe, gleichzeitig und mit der Spitze nach unten fallen lassen“, zunächst um eine Handlungsanweisung (Kodierung: Vorbereitung und Durchführungen von Versuchen verbal). Die erkennbare Fokussierung auf das Konstanthalten mehrerer Parameter lässt

jedoch vermuten, dass der Schüler Regeln für das Planen einer Untersuchung anwendet (hier: Variablenkontrolle). Die Subkategorie „ausdrücklicher Regelbezug“ bildet Fälle ab, in denen die Regel expliziert wird oder durch die Nutzung von für die Regel relevanten Begriffen (z. B. „Das ist eine *Kontrollvariable*“) ein Bezug erkennbar ist (vgl. Abb. 1).

Zur Bestimmung der Interkoderreliabilität wurden ca. 10% der analysierten Videodaten von zwei Kodieren unabhängig voneinander kodiert. Die Prüfung der Übereinstimmung ergab einen Kappa-Wert von .61 (Berechnung nach Brennan & Prediger, 1981). Dieser Wert kann u. a. wegen der überwiegend hochinferenten Kategorien als zufriedenstellen angesehen werden.

Erste Ergebnisse der Videoanalyse

Die im Beitrag vorgestellten Ergebnisse stammen aus der Analyse der Bearbeitungsprozesse zu Einheit 2 von sechs Teams (N=16). Hierbei wurden jeweils drei Teams mit einem besonders hohen und drei Teams mit einem besonders niedrigen Prä-Post-Zuwachs bzgl. der prozessbezogenen Kompetenzen ausgewählt, um einen Maximalkontrast zu erzeugen und so Unterschiede bzgl. der Aktivitäten sichtbar zu machen. Zur Auswertung der Daten wurde für jede/n Schüler/in (schülerbezogen) und für die gesamte Gruppe (vgl. gruppenbezogen) der relative zeitliche Anteil der einzelnen Codes bezogen auf die gesamte Bearbeitungszeit berechnet und untersucht, inwiefern der zeitliche Anteil einzelner Codes mit dem Prä-Post-Zuwachs korreliert ist. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1
Korrelationen (Pearson’s r) zwischen Prä-Post-Zuwachs und Häufigkeit ausgewählter Kodierung

	Schülerbezogen	Gruppenbezogen
Non-verbale Aktivitäten		
Vorb. / Durchf. Versuch	.154 (p=.615)	.198 (p=.480)
Verbale Aktivitäten		
Vorb. / Durchf. Versuch	.470 (p=.105)	.323 (p=.240)
Fachinhaltlich	.128 (p=.676)	-.118 (p=.674)
Fachmethodisch (vermutet)	.555 (p=.049)	.121 (p=.668)
Fachmethodisch (ausdrücklich)	.261 (p=.390)	-.080 (p=.776)

Die Ergebnisse in Tabelle deuten darauf hin, dass explizite Instruktionsansätze von Lernenden in sehr heterogener Weise genutzt werden, da nur die Häufigkeit vermuteter fachmethodischer Beiträge einen signifikanten Zusammenhang mit dem Prä-Post-Zuwachs aufweist. Es ist aus anderen Untersuchungen bekannt, dass Lernende selten und insbesondere nur dann, wenn sie dazu aufgefordert werden, Regeln und Verallgemeinerungen explizieren (z. B. Mestad & Kolstø, 2017, von Aufschnaiter & Rogge, 2010). Es scheint daher durchaus plausibel, dass es im Hinblick auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler besonders relevant ist, unter welchen Umständen solche Bezüge auch ohne Aufforderung durch entsprechende Aufgaben gelingen. In weiteren Analysen soll deshalb u. a. untersuchtet werden, welche Aufgaben und Situationen vermutete fachmethodische Beiträge „triggern“. Der Vergleich der Schüler- und der Gruppenebene deutet zudem darauf hin, dass es für das Lernen der Schüler mehr auf individuelle als auf gruppenspezifische Aktivitäten ankommt, da die gruppenbezogenen Korrelationen im Mittel deutlich kleiner sind als die schülerbezogenen.

Das im Beitrag vorgestellte Projekt wird von der DFG gefördert (AU 155/11-1).

Literaturverzeichnis

Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J. & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology, 103*(1), 1–18.

Brennan, R. L. & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa. Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and Psychological Measurement, 41*(3), 687–699.

Bybee, R. W. & van Scotter, P. (2007). Reinventing the Science Curriculum. *Educational Leadership, 64*(4), 43–47.

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.

Hägele, J. (2015). *Prozesse des Kompetenzaufbaus von Schülerinnen und Schülern zum „Planen naturwissenschaftlicher Untersuchungen" – eine videogestützte Analyse*. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien, Justus-Liebig-Universität Gießen. Gießen.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand.

Lazonder, A. W. & Egberink, A. (2014). Children's acquisition and use of the control-of-variables strategy. Effects of explicit and implicit instructional guidance. *Instructional Science, 42*(2), 291–304.

Lorch, R. F., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C. & Freer, B. D. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms. Contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology, 102*(1), 90–101.

Mestad, I. & Kolstø, S. D. (2017). Characterizing Students' Attempts to Explain Observations from Practical Work. Intermediate Phases of Understanding. *Research in Science Education, 47*(5), 943–964.

Minstrell, J. (2000). Implications for teaching and learning inquiry: A summary. In J. Minstrell & E. van Zee (Hrsg.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (S. 471–496). Washington, D.C: American Association for the Advancement of Science.

National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education. Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, D.C: National Academies Press.

von Aufschnaiter, C. & Hofmann, J. (2014). Kompetenz und Wissen. Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67*(1), 10–16.

von Aufschnaiter, C. & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16,* 95–114.

Vorholzer, A. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*. Berlin: Logos Verlag.

Vorholzer, A. (2017). Lernaufgaben zu fachmethodischen Kompetenzen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 70*(2), 83–89.

Vorholzer, A.; von Aufschnaiter, C.; Kirschner, S. (2016): Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–17. doi:10.1007/s40573-015-0039-3

Jörn J. Hägele
Andreas Vorholzer
Claudia von Aufschnaiter
Justus-Liebig-Universität Gießen

Experimentieren lernen – Inhalte von Schülerdiskursen

Der Aufbau experimentbezogener Kompetenzen ist ein wichtiges Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts (z. B. KMK, 2005; Schecker et al., 2016). In Analogie zu fachinhaltlicher Kompetenz scheint es auch für experimentbezogene Kompetenzen zielführend, den Aufbau von konzeptuellem Wissen als Kernbaustein von Kompetenzaufbau zu begreifen (vgl. von Aufschnaiter & Hofmann, 2014; Vorholzer, 2017). Denn auch bei experimentellen Kompetenzen ist ohne das Etablieren eines zumindest intuitiven Verständnisses fachmethodischer Konzepte (z. B. „Eine Variable, deren Einfluss nicht untersucht werden soll, sollte kontrolliert werden") der Aufbau entsprechender Kompetenz (z. B. der Kompetenz, Experimente zu planen) nur schwer denkbar. Es gibt eine Reihe von Studien, die der Frage nachgehen, wie experimentelle Kompetenzen im Unterricht gefördert werden können (z. B. Koenen, 2016; Überblick in Vorholzer, 2016). Befunde deuten u. a. darauf hin, dass es wichtig ist, fachmethodische Konzepte zum Experimentieren im Unterricht explizit zu thematisieren und in der Anwendung zu üben (explizite Instruktionsansätze; Lazonder & Egberink, 2014; Vorholzer, 2016). Offen bleiben zumeist hingegen Fragen zum Verlauf des Kompetenzaufbaus. Sinnvolle Ergänzungen zu Untersuchungen von Lernzuwächsen sind bspw. Analysen der tatsächlich im Prozess stattfindenden Nutzung (geplanter) materialer und sozialer Lernangebote durch die Schülerinnen und Schüler (SuS).
Ziel der vorgestellten Studie ist es, einen Beitrag zur Beschreibung von Lernprozessen zu experimentbezogenen Kompetenzen im Rahmen einer expliziten Instruktion zu leisten. Dabei soll aus den Äußerungen der SuS rekonstruiert werden, mit welchen Konzepten sie sich bei der Aufgabenbearbeitung auseinandergesetzt, wie sie diese Konzepte (situationsspezifisch) verstanden haben und wie sich ihr Verständnis zeitlich und inhaltlich verändert hat. Es ergeben sich somit folgende *Forschungsfragen*:

FF 1 Welche Ideen äußern SuS bezüglich eines spezifischen fachmethodischen Konzepts?
FF 2 Welche Gemeinsamkeiten/Unterschiede gibt es in den Ideen (bezüglich eines fachmethodischen Konzepts) verschiedener SuS?
FF 3 (Wie) entwickeln sich die Ideen von einzelnen SuS (bezüglich eines fachmethodischen Konzepts) über Aufgaben hinweg?

Stichprobe und Design

Zur Untersuchung der Lernprozesse von SuS bei der Bearbeitung von explizitem Instruktionsmaterial wurden Videoaufzeichnungen aus einer quasi-experimentellen Studie von Vorholzer (2016) verwendet. Die SuS ($N_{qe}=204$; Klasse 11, ~17 Jahre alt) bearbeiteten in Teams zu je 2–3 Personen drei Lerneinheiten zu den Teilkompetenzen „Fragen formulieren und Hypothesen generieren" (ca. 45 Minuten), „Untersuchungen planen" (ca. 90 Minuten) und „Daten auswerten und interpretieren" (ca. 90 Minuten). 24 Teams ($N=71$) wurden basierend auf ihrem Einverständnis bei der Bearbeitung der Einheiten videografiert. Die Lerneinheiten waren vollständig kartenbasiert angelegt, so dass den Lernenden alle Aufgaben, Hinweisen, Kontrollen usw. schriftlich vorlagen und die gesamte Bearbeitung keine Lehrer-Schüler-Interaktion erforderte. Die Antworten und Lösungen zu den Aufgaben wurden von den SuS entweder mündlich diskutiert oder direkt in das Kartenmaterial gezeichnet/geschrieben. Sowohl die verbalen als auch die schriftlichen Antworten der SuS wurden für die Analyse genutzt. Für weitere Angaben zum Design siehe Vorholzer & Hägele (in diesem Band). Im Beitrag werden die vorläufigen Ergebnisse einer Analyse von

5 Teams á 3 Personen vorgestellt, die eine (je nach Team) ca. 10–15 Minutige Sequenz aus der Lerneinheit „Fragen und Hypothesen“ bearbeiten.

Methode

Um zu untersuchen, welche Ideen SuS zu den im Lernmaterial angestrebten Konzepten haben und wie sich diese Ideen im Verlauf der Bearbeitung entwickeln, wurde ein mehrschrittiges Verfahren genutzt. Es lässt sich vereinfacht in vier Phasen beschreiben:

(1) Auswahl von Videoausschnitten für Transkription und Analyse. Da im Lernmaterial eine Vielzahl verschiedener Konzepte angestrebt wird, im Rahmen der Analyse aber immer nur die Ideen zu *einem* Konzept rekonstruiert werden sollen, wurde in einem ersten Schritt versucht, eine Vorauswahl der Videoausschnitte zu treffen und so die Menge der zu transkribierenden und analysierenden Daten zu reduzieren. Die Auswahl der Videoausschnitte erfolgte auf Basis des Lernmaterials: Hierfür wurden zunächst im Lernmaterial die Aufgaben und Informationstexte des Materials identifiziert, bei denen Schüleräußerungen mit Bezug zu einem spezifischen Konzept erwartet werden können (z. B. weil die Aufgabe eine Anwendung des Konzepts verlangt). Anschließend wurden die zugehörigen Videoausschnitte, also solche, in denen die identifizierten Karten von den SuS bearbeitet wurden (was für verschiedene Teams z. T. unterschiedlich lange dauerte), ausgewählt und für die weiteren Analyseschritte transkribiert. Der Beitrag fokussiert exemplarisch eine ca. 10-bis-15-minütige Sequenz von Aufgaben zu Kennzeichen naturwissenschaftlicher Fragen.

(2) Extrahieren von Aussagen mit Bezug zu einem spezifischen Konzept. In diesem Schritt wurden die in Schritt 1 erstellten Transkripte analysiert, um alle Aussagen zu extrahieren, die aus Beobachtersicht Hinweise darauf enthalten, welches Verständnis die Lernenden zu Kennzeichen naturwissenschaftlicher Fragen haben. Dabei wurde sowohl der im Transkript festgehaltene unmittelbare Kontext der Aussage als auch, falls notwendig, der größere Kontext der Aussage (wie bspw. Sprachduktus der Person, frühere Probleme und Lösungen) bei der Auswahl berücksichtig. Für jede Aussage wurde vermerkt, welcher Schüler oder welche Schülerin diese bei welcher Aufgabe geäußert hat. Das Beispiel in Tabelle 1 zeigt exemplarisch das Ergebnis der Analyse eines Transkriptstücks (links) zur Bearbeitung der Aufgabe: „Sind die unten aufgelisteten Fragen naturwissenschaftliche Fragen? [Liste mit Bsp.-Fragen]“. Eine extrahierte Aussage ist durch Unterstreichung (rechts) hervorgehoben, da sie einen Hinweis auf eine Idee von S3 zu Kennzeichen naturwiss. Fragen beinhaltet.

Tab. 1. Transkriptausschnitt zur Aufgabe: „Sind die unten aufgelisteten Fragen naturwiss. Fragen? [Liste mit Bsp.-Fragen]“ (links) und zugehörige extrahierte Aussage (rechts)

Transkriptausschnitt	**Extrahierte Aussage**
S3: Die erste [Frage] ist keine. Die zweite schon.	
S1: Sicher?	
S3: Es könnte ja irgendein Versuch sein.	Es [2. Frage] könnte ja irgendein Versuch sein.
S3: Oder, was sagst du (schaut S2 an) dazu?	

(3) Vergleichen der Aussagen und Herausarbeiten von Kernideen. In diesem Schritt wurden die extrahierten Aussagen der fünf hier fokussierten Teams analysiert und miteinander verglichen. Ziel des Vergleichs war es, Gemeinsamkeiten und Unterschiede bzgl. der aus den Aussagen rekonstruierbaren Ideen zu identifizieren und Gruppen von Aussagen zu bilden, die zu einem gemeinsamen Ideen-Kern mit Bezug zum untersuchten fachmethodischen Konzept zu gehören schienen. Dazu wurden jeweils Aussagen aus möglichst verschiedenen Kontexten und/oder von verschiedenen Personen (maximale Kontraste) und Aussagen aus dem gleichen Kontext und/oder von gleichen Personen (minimale Kontraste) verglichen. Dem in eigenen Worten formulierten Ideen-Kern, im Beispiel: „Zu einer

naturwissenschaftlichen Frage gibt es einen Versuch“ wurden u. a. die folgenden drei Aussagen zugeordnet: „Es könnte ja irgendein Versuch sein“ (s. o.), „Weil man einen Versuch dazu [zu dieser Frage] durchführen kann [ist sie eine naturwiss. Frage]“, „Hab mal einen Versuch dazu bei Galileo gesehen [also ist das eine naturwiss. Frage]“. Im weiteren Verlauf der Auswertung sollen weitere Teams schrittweise hinzugenommen werden. Dabei ist evtl. eine Ausschärfung oder Ergänzung bis dato rekonstruierter Ideen-Kerne notwendig/möglich.

(4) Vergleichen der Ideen für SuS, Teams und Aufgaben. Um zu untersuchen, inwiefern sich die Ideen zwischen den Teams unterscheiden oder sich für eine Gruppe oder ein Individuum zeitlich entwickeln, wurde in diesem Schritt eine Datenaufbereitung vorgenommen (s. Tab. 2). In Tabelle 1 notierte Kurzcodes stehen dabei jeweils für einen in Schritt 3 rekonstruierten Ideen-Kern (z. B. der Kurzcode *messen* für den Idee-Kern „Größe(n) aus naturwiss. Frage kann man messen“). Durch Betrachtung von Spalten (Aufgaben), Zeilen (Individuen) oder Zeilengruppen (Teams) und zugehörige Vergleiche lassen sich nun deskriptive Befunde zur Varianz von Ideen ableiten und damit die FF 2 und 3 untersuchen.

Tab. 2. Überblick über die von einzelnen Schül./Teams im Rahmen bestimmter Aufgaben (1a bis 3a) geäußerten Ideen.

Schül. \ Aufg.		1a	1b	1c	2	3a …
Team 1	S1	messen			Versuch & messen	messen
	S2			eind. Antw.		messen
	S3		Versuch	eind. Antw.		
Team 2	S4		objektiv			eind.Antw.
	S5			eind. Antw.		
	S6	objektiv			individuell & subjektiv	individuell
	…					

Erste Ergebnisse

Bisher lassen sich zu Kennzeichen naturwissenschaftlicher Fragen acht verschiedene Ideen-Kerne identifizieren. Dazu gehören bspw.: „Zu einer naturwiss. Frage gibt es einen Versuch“ oder „Größe(n) aus naturwiss. Frage kann man messen“. Die vergleichende Analyse der von einzelnen SoS/Teams geäußerten Ideen (s. Tab. 2) deutet darauf hin, dass innerhalb eines Teams häufig ähnliche Ideen geäußert werden. Gleichzeitig sind die Ideen im Vergleich zwischen den Teams eher heterogen. Darüber hinaus deuten die Ergebnisse darauf hin, dass bestimmte Aufgaben bei allen Teams zur Generierung ähnlicher Ideen zu führen scheinen, auch wenn die Teams sonst deutlich verschiedene Ideen äußern (s. bspw. Tab. 2, Spalte 1c). Zudem äußern Personen eigene Ideen meist bei späteren Aufgaben erneut, so dass es insgesamt bisher so scheint, als ob Ideen zeitlich stabil sind. Entwicklung i. S. v. Ideenwechsel ist im Rahmen der bisher kurzen Analysesequenzen (ca. 10–15 Min.) schwer aufzuzeigen.

Ausblick

Das methodische Vorgehen erweist sich ertragreich, um Schülerverständnis zu fachmethodischen Konzepten zu untersuchen. In nächster Zeit soll daher die Analyse auf weitere Gruppen, Sequenzen und Konzepte angewendet und das oben beschriebene Verfahren validiert werden. Die Befunde zur Aufgabenabhängigkeit von Ideen legen zudem nahe, detailliertere Analysen zur Wechselwirkung von Aufgaben und geäußerten Ideen durchzuführen.

Das im Beitrag vorgestellte Projekt wird von der DFG gefördert (AU 155/11-1).

Literatur

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

Lazonder, A. W. & Egberink, A. (2014). Children's acquisition and use of the control-of-variables strategy: Effects of explicit and implicit instructional guidance. Instructional Science, 42(2), 291–304.

Schecker, H., Neumann, K., Theyßen, H., Eickhorst, B. & Dickmann, M. (2016). Stufen experimenteller Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22(1), 197–213. doi:10.1007/s40573-016-0050-3

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand.

von Aufschnaiter, C. & Hofmann, J. (2014). Kompetenz und Wissen. Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67(1), 10–16.

Vorholzer, A. (2016). Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes. Berlin: Logos.

Vorholzer, A. (2017). Lernaufgaben zu fachmethodischen Kompetenzen. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 70(2), 83–89.

Julia Woithe[1,2]
Jochen Kuhn[2]
Andreas Müller[3]
Sascha Schmeling[1]

[1]CERN, Genf, Schweiz
[2]TU Kaiserslautern, Deutschland
[3]Université de Genève, Schweiz

Konzeptuelles Verständnis im Schülerlabor

Motivation: Schülerlabore im Fokus der Forschung

Ein Blick in die GDCP Tagungsbände der letzten Jahre zeigt, dass Schülerlabore als außerschulische Lernorte ein weiterhin höchst aktuelles Thema der fachdidaktischen Forschung sind. In Bezug auf die vor allem in Deutschland längst etablierten Schülerlabore fassen Itzek-Greulich und Schwarzer (2017) zusammen, dass die Frage nach deren kognitiver und affektiver Wirksamkeit allerdings nach wie vor offen und weitere Forschung nötig ist, vor allem um den Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale und der wahrgenommenen Labormerkmale auf das Interesse und Selbstkonzept der Jugendlichen zu verstehen. Bisherige Wirksamkeitsstudien bescheinigen Schülerlaboren einen Effekt auf affektive Schülervariablen wie dem Interesse an Naturwissenschaften (Überblick: z.B. Nickolaus & Mokhonko, 2017). Bisher ist allerdings nur wenig über kognitive Effekte von Schülerlaboren bekannt. In den meisten bisherigen Studien wurde, wenn überhaupt, lediglich der Erwerb von deklarativem Wissen untersucht und dort der Vorteil von formalen Lerngelegenheiten in der Schule gezeigt (z.B. Itzek-Greulich, 2014). Der Einfluss von Schülerlaborbesuchen auf das konzeptuelle Verständnis ist noch weitestgehend unerforscht. Molz (2016) konnte in seiner Studie mithilfe eines Leistungstests, der einen großen Anteil an Konzepttest-ähnlichen Items enthält, zeigen, dass ein gut vor- und nachbereiter Schulexperimentiertag lernwirksamer ist, als ein nicht ausreichend vor- und nachbereiteter Schülerlabortag. Aufgrund von außergewöhnlichen Themen, Equipment, Aufwand und Experimenten erwartet man von Schülerlaboren aber eigentlich ein deutlich größeres Potential. Werden Schülerlabore als kognitive Lerngelegenheiten unterschätzt?

Lernen im Schülerlabor: The Contextual Model of Learning

Unter Lernen versteht man im Sinne von Scientific Literacy nicht nur einen Zuwachs von Wissen und Verständnis in Bezug auf Fakten und Konzeptwissen, sondern auch Veränderungen auf der Gefühlsebene, auf Ebene der Einstellungen und Verhaltensweisen (OECD, 2006). Eine gemeinsame Betrachtung von affektiven und kognitiven Lernprozessen scheint daher sinnvoll sowohl im Klassenzimmer als auch in außerschulischen Lernorten wie Schülerlaboren. Letztere bieten allerdings eine Vielzahl von zusätzlichen Einflussfaktoren, die das Verständnis der Wirkmechanismen in diesen speziellen Settings erheblich erschweren. Einen Theorierahmen, der versucht das Lernen an außerschulischen Lernorten unter Berücksichtigung verschiedener Kontexte (Tab. 1) zu beschreiben, bietet das "Contextual Model of Learning" von Falk und Dierking (2012).

Tab. 1. Erhobene Schüler- und Laborvariablen, abgeleitet aus dem Contextual Model of Learning (Personaler, Soziokultureller & Gegenständlicher Kontext)

Schülervariablen	Laborvariablen
Alter, Geschlecht	Novelty (Cors, 2016; Molz, 2016)
Mathematik-, Physik- & Englisch-Vornote	Kognitive Belastung (Molz, 2016)
Interesse Physik (Kuhn, 2010)	Einfachheit (“easiness” Rennie, 1994)
Selbstkonzept Physik (Kuhn, 2010)	Nützlichkeit (“helpfulness” Rennie, 1994)
Neugier (Naylor, 1981)	Kogn. Aktivierung (Hänze & Berger, 2007))
Erfahrungen: Teilchenphysik, Experimente	BetreuerInnen (Pawek, 2009)

Forschungssetting S'Cool LAB: Ein Teilchenphysik-Schülerlabor am CERN
S'Cool LAB (cern.ch/s-cool-lab) ist ein internationales Teilchenphysik-Schülerlabor am CERN mit dem Ziel, die Technologie und Forschung des weltweit größten Teilchenphysik-Labors durch geeignete Experimente für Jugendliche begreifbar zu machen (Abb 1).

Abb. 1 S'Cool LAB untersucht die Wechselwirkungen zwischen Jugendlichen, Lehrpersonen und hands-on & minds-on Experimenten im Rahmen von fachdidaktischer Forschung.

Jugendliche und Lehrpersonen aus mehr als 20 Ländern nehmen mit ihrem Besuch im S'Cool LAB sowohl an speziell entwickelten Experimentieraktivitäten als auch an fachdidaktischer Forschung teil. Die Jugendlichen füllen daher sowohl einen Fragebogen 1-10 Tage vor dem Laborbesuch (pre) aus sowie einen Fragebogen 1-10 Tage nach dem Laborbesuch (post). Am Schülerlabortag nehmen die Jugendlichen zunächst an einer Führung zu Forschungsstätten am CERN teil, im Anschluss erleben sie drei verschiedene Experimentierworkshops von jeweils 90 Minuten. Während in das Design der Lernaktivitäten im Schülerlabor vor allem bestehende Forschung zu Schülervorstellungen eingeht, untersucht diese begleitende Evaluationsstudie vor allem den Effekt des Laborbesuchs und der "hands-on & minds-on" Experimente auf affektive und kognitive Zielvariablen auf Schülerebene (Tab. 2).

Tab. 2. Affektive und Kognitive Lernziele sowie assoziierte Forschungsfragen

Affektive Zielvariablen	**Kognitive Zielvariablen**
Situationales Interesse & Selbstkonzept, Neugier auf Teilchenphysik, Vergnügen ("Enjoyment" Rennie, 1994)	Veränderung des konzeptuellen Verständnis (Konzepttest basierend auf in der Literatur dokumentierten Schülervorstellungen)
Forschungsfragen:	**Forschungsfragen:**
a) Hat S'Cool LAB das Potential, Neugier, Selbstkonzept und Interesse der Jugendlichen zu steigern? b) Welchen Einfluss haben Schüler- und Laborvariablen auf die affektiven Zielvariablen?	c) Können Workshops im S'Cool LAB das konzeptuelle Verständnis der Jugendlichen verbessern? d) Welchen Einfluss haben Schüler- und Laborvariablen auf das konzeptuelle Verständnis?

Ergebnisse: Affektives und Kognitives Lernen im S'Cool LAB
Die Fragebogenantworten von 535 Jugendlichen aus 13 verschiedenen Ländern wurden für die folgenden Analysen ausgewertet. Das durchschnittliche Alter der Jugendlichen lag bei 17,0 Jahren, der Anteil an weiblichen Teilnehmenden bei 33%. Zur Analyse der Forschungsfragen a) und c) wurden t-Tests zwischen der Ergebnissen der pre- und post Fragebögen durchgeführt. (Hierarchische) Multiple Lineare Regressionen klären auf, welche der erhobenen Schüler- und Laborvariablen (Tab. 1) einen signifikanten Teil der Varianz der Zielvariablen erklären (Forschungsfragen b) und d) in Tab. 2). Dabei wurden aus der Theorie bekannte Prädiktoren wie das Interesse an Physik, Physikbezogenes Selbstkonzept sowie Neugier auf das zu lernende Thema in der ersten Modellstufe fest vorgegeben. Weitere Schüler- und Laborvariablen wurden in das Modell schrittweise eingefügt, wenn deren Hinzunahme die erklärte Varianz des Modells signifikant verbessert.

Affektives Lernen
Das Interesse der Jugendlichen an Physikunterricht lag im Vortest bei 65% (% immer bezogen auf den jeweiligen Maximalwert). Im Nachtest wurde ein deutlich höheres situationales Interesse (76%) erreicht (Cohen's d = 0,59*** mittelstarker Effekt). Ähnlich verhält sich die Entwicklung des Selbstkonzepts: Das Selbstkonzept in Bezug auf die Aktivitäten im Schülerlabor liegt mit dem hohen Wert von 75% signifikant über dem physikbezogenen Selbstkonzept im Vortest (65%; d = 0,53*** mittelstarker Effekt). Ein weiterer positiver Effekt zeigt sich im Hinblick auf die Geschlechterunterschiede: Während sich im Vortest das Interesse und Selbstkonzept der Jugendlichen zwischen den Geschlechtern signifikant unterscheidet (d = 0,3**), zeigen die Ergebnisse des post-Tests keinerlei Unterschiede im Bezug auf das situationale Interesse und Selbstkonzept nach dem Laborbesuch. Insgesamt erklären die erhobenen Schüler- und Laborvariablen 62% der Varianz des situationales Interesses; 31% der Varianz werden dabei durch die Schülervariablen Vorinteresse an Physik (β_s=0,10*), Neugier auf Teilchenphysik (β_s=0,19**) und Erfahrung mit hands-on Experimenten (β_s=-0,08*) erklärt. Als wichtige Prädiktoren unter den Laborvariablen erwiesen sich die wahrgenommene Nützlichkeit (β_s=-0,35**), die Wahrnehmung der Betreuenden (β_s=0,18**), sowie die wahrgenommene kognitive Aktivierung (β_s=0,16**). Vergleichbare Ergebnisse berichtet auch Pawek (2009), wobei er den Einfluss von Prädiktoren auf die drei Interessenskomponenten getrennt beschreibt. Beispielsweise werden in seiner Studie 32% der Varianz des epistemischen Interesses durch Schülervariablen erklärt, 53% der Varianz werden durch die Kombination von Schüler- & Laborvariablen erklärt. Als wichtige Prädiktoren berichtet Pawek zusätzlich zur wahrgenommen Herausforderung und dem Sachinteresse der Jugendlichen die wahrgenommene Authentizität und Verständlichkeit.

Kognitives Lernen
Das konzeptuelle Verständnis der Jugendlichen vor und nach dem Laborbesuch wurde anhand von sieben auf dokumentierten Schülervorstellungen basierenden Items gemessen. Auch wenn die interne Konsistenz dieser Skala ausreichend ist (Cronbach's α = 0,63, Posttest), bestätigen die Ergebnisse einer konfirmatorischen Faktorenanalyse drei Subskalen, da sich die sieben Items jeweils speziell auf einen der drei durchgeführten Experimentierworkshops bezieht. Vergleicht man die Ergebnisse der Jugendlichen zwischen dem Vortest (36%) und Post-Test (55%), zeigt sich ein signifikanter Lernzuwachs mit mittel bis starkem Effekt (d = 0,75***). Nur 15% der Varianz des Lernzuwachses können im Regressionsmodell durch Schüler- und Laborvariablen erklärt werden. Relevante Prädiktoren sind u. a. das Vorwissen (β_s=-0,29**) sowie die wahrgenommene kognitive Belastung (β_s=-0,19**). Im Gegensatz zur Erwartung (u.a. Molz, 2016) findet sich allerdings keine Korrelation zwischen den affektiven Zielvariablen Interesse und Selbstkonzept und dem Zuwachs an konzeptuellem Verständnis.

Zusammenfassung & Ausblick
Die positive Wirkung der relativ kurzen Intervention im Schülerlabor S'Cool LAB konnte sowohl auf affektiver als auch auf kognitiver Ebene nachgewiesen werden. Als wichtige Prädiktoren erklären neben dem Vorinteresse, Selbstkonzept und Neugier, vor allem Laborvariablen (z.B. kognitive Aktivierung/Belastung) einen Großteil der Varianz der Zielvariablen. Erfreulicherweise scheinen die meisten Schülervariablen wie z.B. das Geschlecht, das Alter oder die Erfahrung mit außerschulischen Lernorten keinen Einfluss auf die Lernergebnisse im Schülerlabor zu haben. Um den Einfluss von Klasseneffekten besser zu verstehen, werden die Ergebnisse als nächstes mit Hilfe von Mehrebenenanalysen untersucht. Im Weiteren wird der Anteil der kognitiven Items in zukünftigen Fragebogen erhöht, um mehr Informationen zu kognitiven Veränderungen zu erhalten.

Literatur

Börlin, J. (2012). Das Experiment als Lerngelegenheit: vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität (Vol. 132). Logos Verlag Berlin GmbH

Cors, R. (2016). Informal Science Learning. An investigation of novelty, motivation and interest development at a mobile laboratory. Dissertation, Universität Genf

DeWitt, J., & Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, *11*(2), 181-197

Dunlap, W. P., Cortina, J. M., Vaslow, J. B., & Burke, M. J. (1996). Meta-analysis of experiments with matched groups or repeated measures designs. *Psychological Methods*, *1*(2), 170

Falk, J. H., Dierking, L. D. (2012). The Museum Experience Revisited. Falk, J. H., (2005). Free-choice environmental learning: framing the discussion. Environmental Education Research, 11, 3

Hänze, M., & Berger, R. (2007). Cooperative learning, motivational effects, and student characteristics: An experimental study comparing cooperative learning and direct instruction in 12th grade physics classes. *Learning and instruction*, *17*(1), 29-41

Hochberg, K. (2016). iMechanics: Smartphones als Experimentiermittel im Physikunterricht der Sekundarstufe II Wirkung auf Lernerfolg, Motivation und Neugier in der Mechanik. Dissertation

Itzek-Greulich, H. & Schwarzer, S. (2017). Schülerlabore für die MINT-Bildung – Bestand und Perspektiven. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016

Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions-und Lehr-Lern-Forschung. Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Vieweg+Teubner: Wiesbaden.

Molz, A. (2016). Verbindung von Schülerlabor und Schulunterricht. Auswirkungen auf Motivation und Kognition im Fach Physik. Dissertation, TU Kaiserslautern

Naylor, F. D. (1981). A state-trait curiosity inventory. Australian Psychologist, 16(2), 172-183

Nickolaus, R., & Mokhonko, S. (2017). Nachhaltige Effekte in Schülerlaboren? In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016

OECD (2006). Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A Framework for PISA 2006. Paris: Organisation for economic cooperation and development

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation, Christian-Albrechts Universität Kiel

Rennie, L. J. (1994). Measuring affective outcomes from a visit to a science education centre. *Research in Science Education*, 24(1), 261-269

Alberto Marcos Halar
Matthias Laukenmann
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Sind vorunterrichtliche Vorstellungen zu Wärme und Temperatur auch kulturell geprägt?

Abstract
Eine Interviewstudie mit mosambikanischen Schülerinnen und Schülern bestätigt einerseits den bekannten Befund: Schülervorstellungen sind häufig kulturunabhängig. Andererseits lassen sich in der Studie kulturspezifische Vorstellungen identifizieren, und es lassen sich Vorstellungen identifizieren, die von sprachlichen Besonderheiten geprägt sind.

Einleitung, Stand der Forschung und Forschungsfrage

Mosambik liegt im Südosten Afrikas und ist eines der wärmsten Länder der Erde. Die dortigen Schülerinnen und Schüler haben daher hinsichtlich Wärme und Temperatur einen anderen Erfahrungshintergrund als Bewohner mitteleuropäischer Staaten. In der Literatur finden sich zahlreiche Hinweise, dass ein unterschiedlicher Erfahrungshintergrund zu unterschiedlichen vorunterrichtlichen Vorstellungen führen könnte. So konstatiert Gropengießer (2007), dass Kinder durch die Interaktion mit der physischen und sozialen Umwelt Erfahrungen sammeln, die sowohl für das Verstehen der Welt als auch für die Entwicklung der Begriffe bedeutungsvoll sind. Des Weiteren weisen sozio-kulturelle und sozial-konstruktivistische Positionen (z.B. Scott, Asoko & Leach, 2007) auf eine enge Beziehung zwischen den vorunterrichtlichen Vorstellungen und der Alltagskultur hin.

Wir nehmen an, dass die vorunterrichtlichen Vorstellungen durch verschiedene Aspekte beeinflusst werden (siehe Abbildung 1):

- Kulturunspezifische Erfahrungen, die an Grunderfahrungen des Menschen gebunden sind; z.B. „Wärme ist heiß“ (Wiser & Amin, 2001);
- Kulturspezifische Erfahrungen (vgl. Keller, 2011), z.B. dass typische Temperaturen eher bedrohlich hoch (Mosambik) oder eher angenehm bis kühl sind (westliche Länder).
- Sprachliche Aspekte, bei denen Schüler verschiedene Begriffe synonym verwenden, z.B. Temperatur und Wärme (vgl. Kesidou & Duit, 1993);

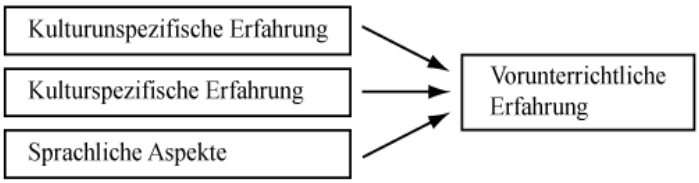


Abb.1 Einflussfaktoren auf die Entwicklung vorunterrichtlicher Vorstellungen

In westlich und industriell geprägten Kulturen sind die vorunterrichtlichen Vorstellungen gut erforscht (z.B. Sözbilir, 2003). In Mosambik wurden dagegen erst zwei Studien zu vorunterrichtlichen Vorstellungen zur Physik durchgeführt: Eine von Mavanga & Mikelskis (1999) im Themengebiet Optik und eine von Baquete, Grayson, & Mutimucuio (2016) zum Zusammenhang von indigenem Wissen (indigenous knowledge) und diversen physikalischen Konzepten. In beiden Studien wurden aber weder die Inhalte Wärme und Temperatur untersucht noch wurden die Ergebnisse mit denen in anderen Kulturen verglichen.

Die vorgestellte Studie soll deshalb helfen, folgende Forschungsfrage zu beantworten: *Unterscheiden sich die typischen Vorstellungen zu Wärme und Temperatur mosambikanischer von denen westlich und industriell geprägter Schülerinnen und Schüler?*

Design und Methode

Ein halbstrukturierter Interviewleitfaden wurde in zwei Pilotstudien in Mosambik erprobt und Anfang 2017 in der Hauptstudie bei 24 Schülerinnen und Schülern der Klassenstufe sieben im Alter von zehn bis 15 Jahren eingesetzt ($M = 12{,}4$; $SD = 1{,}2$). Alle Probanden hatten noch keinen Unterricht in Wärmelehre. Die Interviews wurden in der Muttersprache der Probanden durchgeführt: Portugiesisch bei den städtisch kulturalisierten Probanden ($w = 6$, $m = 6$), Changana (eine lokale Sprache) bei den ländlich kulturalisierten Probanden ($w = 6$, $m = 6$).

Ergebnisse der Studie

Anhand der erhobenen Daten wurde mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010; Kuckartz, 2016) und unter Verwendung von MaxQDA ein Kategoriensystem entwickelt, das aus 14 Kategorien besteht (Tabelle 1). Von den 24 Interviews wurden vier durch einen zweiten, unabhängigen Kodierer überprüft. Die Interkoder-Reliabilität entspricht Cohens $\kappa = 0{,}72$. Die Kategorien sind nach der Anzahl N der Probanden geordnet, die eine diesbezügliche Vorstellung äußerten.

	Kategorien	*N*
1	Körper kühlen sich ab, wenn etwas Stoffliches oder Quasi-Stoffliches in sie hinein oder aus ihnen heraus geht	23
2	Wärme ist etwas, das sich in einer Substanz oder an einem Ort befindet	19
3	Wärme ist heiß	18
4	Wärme ist schädlich	18
5	Temperatur ist die Umstellung des Wetters	18
6	Gegenstände aus gleicher Umgebung erreichen unterschiedliche Temperaturen	17
7	Wärme ist etwas Fühlbares	14
8	Temperatur ist etwas, was warm oder kalt sein kann	13
9	Temperatur und Wärme sind dasselbe	13
10	Es gibt verschiedene Arten von Temperaturen	11
11	Lebensmittel verderben schneller in großen Tellern als in kleinen	10
12	Kleine Stücke einer Substanz kühlen schneller ab als große	10
13	Manche Gegenstände sind von Natur aus warm oder kalt	9
14	Große Stücke einer Substanz werden heißer als kleine	8

Tabelle 1. Kategorien, die aus der qualitativen Inhaltsanalyse entwickelt wurden

Die meisten vorunterrichtlichen Vorstellungen, die bei mosambikanischen Schülern identifiziert wurden, finden sich auch in westlichen Kulturen (siehe Tabelle 2). Einige der vorunterrichtlichen Vorstellungen, die in Mosambik identifiziert wurden, sind jedoch in den uns bekannten westlichen Studien nicht gefunden worden, siehe Tabelle 3.

Die erste der Vorstellungen in Tabelle 3 „*Wärme ist schädlich*“ bestätigt die Erwartung, dass der unterschiedliche Erfahrungshintergrund hinsichtlich Wärme und Temperatur auch zu unterschiedlichen vorunterrichtlichen Vorstellungen führen könnte. Zur zweiten Vorstellung in Tabelle 3 „*Wärme wird von Gott erzeugt*“ sei angemerkt, dass sie in der zweiten Pilotstudie gefunden wurde. Diese vorunterrichtliche Vorstellung tauchte in der Hauptstudie nicht auf; wegen ihrer Bedeutung für kulturelle Aspekte erwähnen wir sie hier trotzdem. Ursache für die dritte Vorstellung in Tabelle 3 könnte die Ähnlichkeit der Begriffe „**Tempo**“ (Portugiesisch

für „Wetter“) und „**Temp**eratura“ (Portugiesisch für Temperatur) sein. Die Vorstellung wäre damit sprachlich begründet.

Mosambik		Westliche Kulturen (u.a. bei):
Kategorien	Ankerbeispiele	
Wärme ist heiß	…kuni mumu waku hisa hintamu. *... es gibt Wärme, die sehr heiß ist*	*Wiser & Amin,2001*
Temperatur und Wärme sind dasselbe	*Mumu hi xilungo i temperatura…* *Wärme wird auf Portugiesisch Temperatur genannt.*	*Kesidou & Duit,1993*
Manche Materialien sind von Natur aus warm oder kalt	wa madeira wu kari nawu kufumela ... a *simbi yi tshama nayi titimela.* *Der Holzlöffel ist immer warm, Metalle sind immer kalt.*	(Paik, et al., 2007) Wiesner et al., 2011

Tabelle 2. Übereinstimmende vorunterrichtliche Vorstellungen

Kategorien	Ankerbeispiele
Wärme ist schädlich	…Svivanana sva svitsongo…svingafa himhaka ya mumu. *Kleine Kinder ... können durch Wärme sterben*
Wärme wird von Gott erzeugt	*O calor vem do ceu, é produzido por Deus.* *Wärme kommt aus dem Himmel. Die wird von Gott erzeugt.*
Temperatur ist die Umstellung des Wetters	*Temperatura eu acho é a mudança de clima, (...)* *Ich bin der Meinung, dass Temperatur die Umstellung des Wetters ist (...)*

Tabelle 3: Kulturspezifische und sprachspezifische vorunterrichtlichen Vorstellungen in Mosambik

Manche vorunterrichtliche Vorstellungen, die in westlichen Kulturen identifiziert wurden, sind in Mosambik bisher nicht gefunden worden (siehe Tabelle 4).

Kategorien	*Ankerbeispiele*
Gegenstände mit gleichen Temperaturen haben die gleiche Energie oder Wärme	*“If two bodies are at the same temperature they have the same energy or heat”* *(Kesidou & Duit, 1993)*
Wärme besteht aus Teilchen	*“The heat particles from the flame are attracted to all parts of the rod“* (Erickson, 1980).

Tabelle 4. Kulturspezifische vorunterrichtlichen Vorstellungen in westlichen Kulturen

Von den mosambikanischen Probanden wurde weder der Begriff Energie mit Wärme und Temperatur in Verbindung gebracht noch der Teilchenbegriff. Dies, obwohl vergleichbare Fragen verwendet wurden: „…*Was meinst du, wenn du von Wärme/Temperatur sprichst?*" (z.B. Kesidou & Duit, 1993), „*Woran erinnert dich das Wort Wärme/Temperatur?“* (unsere Untersuchung in Mosambik) und obwohl eines der Experimente von Erickson (1980), bei dem es um die Erwärmung einer Stange durch eine Kerze geht, in Mosambik ebenfalls durchgeführt wurde.

Dass solche Vorstellungen in Mosambik gar nicht vorkommen kann ohne Vollerhebung natürlich nicht sicher behauptet werden.

Fazit

Vorunterrichtliche Vorstellungen zu Wärme und Temperatur sind auch kulturell geprägt.

Literaturverzeichnis

Baquete, M. B., Grayson, D., & Mutimucuio, I. V. (2016). An Exploration of Indigenous Knowledge Related to Physics Concepts Held by Senior Citizens in Chókwé, Mozambique. In F. Dillon, J. V. Driel, S. Erduran, H. Fresner, G. Jones, R. Justi, N.G. Lederman, & D. F. Treagust (Eds.), International Journal of Science Education (pp. 1–16).

Erickson. (1980). Children's Viewpoint of Heat. In National Association for Research in Science Teaching (Ed.), Science Education (pp. 323–336). New York, NY: Willey.

Gropengießer H. (2007). Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens. In Theorien zum Lernen (Hg.) (pp. 105–116).

Keller, H. (2011). Kinderalltag: Kulturen der Kindheit und ihre Bedeutung für Bindung, Bildung und Erziehung. Berlin: Springer. Abgerufen von http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10454876

Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' Conceptions of the Second law of Thermodynamics - an Interpretive Study: Journal of Science Research in Science Teaching, 85–106.

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung (3. überarbeitete Auflage). Grundlagentexte Methoden. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Mavanga, G. G., & Mikelskis, H. (1999). Empirical Study of Learning Optics by Pupils and Students in Mozambique. In K. M. H. Behrendt, H. Kahncke, R. Duit, R, W. Graeber, A. Kross (Eds.), Research in Science Education - Past, Present and Future (pp. 309–311).

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (11., aktualisierte und überarb. Aufl.). Studium Paedagogik. Weinheim: Beltz.

Paik, S., Cho, B. K., & Go, Y. M. (2007). Korean 4 to 11-Year Old Student Conception of Heat and Temperature. Journal of Research in Schience Teaching, 44 (2), 284–302// g6, P, T, HEATEM. Abgerufen von www.interscience.wiley.com

Scott, P., Asoko, H., & Leach, J. (2007). Student Conceptions and Conceptual Learning in Science. In S. K. Abell, N. G. Lederman (Ed.), Handbook of Research on Science Education.

Sözbilir, M. (2003). A Review of Selected Literature on Students Misconceptions of Heat and Temperature. Atatürk University, Department of Secondary School Science and Mathematics Education. Erzurum.

Wiesner, H., Schecker, H., & Hopf, M. (Hrsg.). (2011). Physikdidaktik kompakt. Hallbergmoos: Aulis Verlag.

Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Göttingen, Bern [u.a.]: Hogrefe, Verlag für Psychologie.

Wiser, M., & Amin, T. (2001). Is Heat Hot? Inducing Conceptual Change by Integrating Every Day and Scientific Perspectives on Thermal Phenomena. Worcester, USA: Elsevier Science Ltd.

Julia Behle
Thomas Wilhelm
Goethe-Universität Frankfurt

Schülervorstellungen zur Energie – Entwicklung eines Testinstruments

Motivation

Schülervorstellungen oder Präkonzepte sind äußerst relevant für die Entwicklung eines tieferen, fundierten Verständnisses eines fachlichen Konzepts. Dies gilt auch für das für den gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht zentrale Basiskonzept „Energie". Im Zuge der Schülervorstellungsforschung der 1980er wurden damals sowohl die Sichtstruktur, die Assoziationen (Duit 1986), als auch die Tiefenstruktur, die Rahmenkonzepte (z.B. Watts 1983, Solomon 1983, Trumper 1993) analysiert. Dabei zeigte sich sowohl die bekannte „Treibstoffvorstellung" von Energie als einer Art verbrauchbarem Antriebsstoff als auch eine häufig erwähnte anthropozentrische Sichtweise auf Energie im vorunterrichtlichen Rahmen. Neuere Untersuchungen von Assoziationen zur Energie (Crossley 2009, Burger 2001) haben gezeigt, dass sich bei den Assoziationen von Schülerinnen und Schülern im Laufe der letzten 30 Jahren ein Wandel von Treibstoffen als Primärassoziation hin zum elektrischen Strom vollzogen hat, was im Lichte der starken medialen Verwendung des Begriffs nicht allzu verwunderlich scheint. Ebenso deuten Untersuchungen zur Kompartmentalisierung von Wissen (Mandl et al. 1993) bzw. zur Erklärungsvielfalt (Hartmann 2004) an, dass Rahmenkonzepte, anders als zuvor angenommen, nicht exklusiv sein müssen. Eine neuere qualitative Untersuchung mit Schülerinterviews (Behle & Wilhelm 2016 & 2017) konnte sowohl eine entsprechende Veränderung in der Tiefenstruktur der Schülervorstellungen, den Rahmenkonzepten, als auch eine Koexistenz verschiedener Rahmenkonzepte nebeneinander feststellen. Es erscheint daher sinnvoll, die sich qualitativ andeutende Veränderung der Rahmenkonzepte quantitativ zu analysieren. Zu diesem Zweck wird ein Testinstrument entwickelt und validiert. Im Rahmen des Projekts „MINT – die Stars von Morgen" zur außerschulischen Berufsorientierung im Workshop „Neue Technologien" soll unter anderem ein physikalisch anschlussfähiges Energiekonzept angeregt werden, so dass sich hier ein geeigneter Untersuchungsrahmen anbietet. Somit soll letztlich auch die Fragestellung geklärt werden, ob sich Schülervorstellungen durch eine außerschulische Lerngelegenheit positiv beeinflussen lassen.

Abb. 1: Verlauf der Studie

Assoziationen

Die Analyse der Sichtstruktur, spontan geäußerter Assoziationen, liefert der Schülervorstellungsforschung einen guten Einblick in die Kontexte, die mit einem physikalischen Konzept, in diesem Fall der Energie, verbunden werden. Dies lässt auch erste Rückschlüsse auf die Natur der Vorstellungen zu diesem Konzept zu. Vergleicht man die Entwicklung der Assoziationen von 1985 zu 2008, so lässt sich hier ein Wegfall der früheren Assoziation mit chemischen Treibstoffen sowie eine häufigere Nennung des elektrischen Stroms feststellen (Crossley 2009). Ein in einer Voruntersuchung (Behle & Wilhelm 2017) durchgeführter eigener Assoziationstest mit Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 in den Jahren 2015/16 (n = 82) ergab ebenfalls einen Wegfall der Treibstoffassoziation (eine Nennung), zusätzlich jedoch auch häufige Nennungen der Begriffe „Sonnenenergie /Solarener-

gie“ (10%), „erneuerbare Energie“ (9%) und „Akku/Batterie“ (7%), sowie eine signifikant häufigere Nennung von „elektrischem Strom“ (71%) im Vergleich zu Duit.

Rahmenkonzepte
Die Analyse der Tiefenstruktur der Schülervorstellungen fußt in erster Linie auf qualitativen Interviewstudien, die im Ergebnis unterschiedliche Rahmenkonzepte zur Energie („Energy Frameworks“) vorstellten. Diese „Frameworks“ fassen häufig verwendete Argumentations-, Erklärungs- und Gedankenmuster von Schülerinnen und Schülern zu übergeordneten Rahmenkonzepten zusammen, die durch verbindende Aspekte definiert werden. Je nach Alter und Untersuchungsrahmen können die Definitionen der Frameworks sehr alltagsnah oder auch stärker curricular orientiert ausfallen (Liu & McKeogh 2005). Da der Untersuchungsrahmen der Studie ein außerschulischer, informeller Lernort mit vielen Novizen ist, wurden als Basis für die Studie die Energy Frameworks von Watts (1983) herangezogen.

Voruntersuchung: Interviewstudie
Aus den Grundaussagen der Frameworks von Watts wurde deduktiv im Rahmen einer im Vorfeld durchgeführten leitfadengestützen Interviewstudie (Behle & Wilhelm 2016 & 2017) ein Kodiermanual mit sieben Kategorien entwickelt. Dieses wurde dann um zwei weitere, induktiv gebildete Kategorien mit korrespondierenden Rahmenkonzepten erweitert, so dass letztlich neun Rahmenkonzepte abgebildet werden konnten:

- *Anthropozentrische Energie*: Energie ist eine Art Lebensenergie, die Lebewesen besitzen. Hierunter fällt auch das gefühlte „Energie haben“.
- *Funktionale Energie:* Energie tritt nicht auf natürlichem Weg auf, sie ist von Menschen für Menschen gemacht und für ein modernes Leben unabdingbar.
- *Produzierte Energie*: Energie ist ein Nebenprodukt von Vorgängen, sie wird zusätzlich zum eigentlichen Prozess emittiert, es kann zu einer Zusatzenergie kommen.
- *Energie als Aktivität*: Energie ist nur in Vorgängen vorhanden, diese Aktivitäten werden Energie gleichgesetzt.
- *Energie als Zutat*: Energie ist ein inerter Inhaltsstoff von Dingen, sie lässt sich nur durch Trigger (z.B. essen) aus den Dingen auslösen und nutzbar machen.
- *Gelagerte Energie:* Energie ist in Dingen vorhanden bzw. gespeichert. Sie kann in verschiedenen Formen auftreten und lässt sich verbrauchen, um etwas zu bewirken.
- *Transferierte Energie:* Energie kann unterschiedliche Erscheinungsformen haben, die jedoch gleichwertig und ineinander umwandelbar sind. Sie lässt sich von System zu System transferieren.
- *Energie als Katalysator/Antrieb (neu):* Mit Energie lassen sich Vorgänge antreiben oder initiieren. Sie ist dabei trägerlos, kann aber eine Form besitzen (z.B. Feuer).
- *Partiell transferierte Energie (neu):* Energie kann in verschiedenen Formen auftreten. Diese müssen nicht gleichwertig sein und lassen sich lokal ineinander umwandeln, die Umwandlungsketten können aber unterbrochen werden.

Zielsetzung
Im nächsten Schritt der Studie wird ein Testinstrument entwickelt, um die Gewichtung der vorhandenen Rahmenkonzepte quantitativ ermitteln und mögliche Veränderungen durch den Besuch einer außerschulischen Lerngelegenheit untersuchen zu können. Dabei soll explizit der Möglichkeit zur Koexistenz verschiedener Rahmenkonzepte in verschiedenen Kontexten Rechnung getragen werden.

Methodik
Die Aussagen der Schülerinnen und Schüler im Rahmen dieser Interviews sowie zentrale Aussagen der neun Rahmenkonzepte dienten als Grundlage für die Entwicklung von Items

für das Testinstrument. Die verwendeten Kontexte sind stark alltagsbezogen gewählt (z.B. „Fahrraddynamo“ oder „Wettrennen“). Da die Schülerinnen und Schüler kurz vor und nach dem Workshop befragt werden sollen, bietet es sich an, zwei äquivalente Testhefte „A“ und „B“ zu erstellen, die in beliebiger Reihenfolge verwendet werden können. Insgesamt wurden 19 zum Teil mehrstufige Items sowie eine allgemeine Einleitung zur Aufnahme eines „Energieportfolios“ entwickelt, von denen in jedem Testheft elf Items verwendet werden.
Die Items bestehen aus einer Kontextbeschreibung sowie Aussagen, die per Multiple-Choice mit „richtig“ oder „falsch“ bewertet werden sollen. Dabei können Zustimmungen zu einzelnen Aussagen sowie zu Aussagenkombinationen Hinweise auf die in diesem Kontext verwendeten Rahmenkonzepte liefern.

Eine Tomatenpflanze braucht zum Wachsen unter Anderem Licht, zum Beispiel von der Sonne. Kreuze an, welche Aussagen du für richtig und welche du für falsch hältst	**Richtig**	**Falsch**
1) Die Blätter und Tomaten der Tomatenpflanze haben selbst keine Energie.	❍	❍
2) Das Sonnenlicht gibt der Tomatenpflanze Energie, die sie zum Wachsen benutzt.	❍	❍
3) Die Tomatenpflanze braucht neben dem Sonnenlicht weitere „Zutaten“, um zu wachsen, zum Beispiel auch Wasser und Luft. Mit Energie hat das aber **nichts** zu tun.	❍	❍
4) Die Tomatenpflanze wandelt die Energie des Sonnenlichts um und speichert sie in einer anderen Form, zum Beispiel in den Blättern oder Tomaten.	❍	❍
5) Die Tomatenpflanze nimmt die Energie der Sonne als Antrieb für ihre Tomatenproduktion.	❍	❍
6) Die Tomaten der Pflanze haben Energie, die wir Menschen beim Essen aufnehmen.	❍	❍

Abb. 2: Item „Tomaten“ aus Testheft „A“

So führen in dem Item in Abb. 2 zum Beispiel die Auswahl von der Kombination der Aussagen 1 und 2 sowie 5 (optional) zum Rahmenkonzept Energie als Katalysator, die Kombination 4 und 6 zu transferierter Energie. Ein zusätzliches Ankreuzen von Aussage 2 würde in letzterem Fall nichts an der Einschätzung des Rahmenkonzepts ändern.
Die Items werden im nächsten Schritt mit Hilfe weiterer Interviews inhaltsvalidiert. Hierfür sollen die Testpersonen ein Testheft bearbeiten und währenddessen ihre Gedankenprozesse mit der Methode des „Lauten Denkens“ mitteilen. Die Transkripte dieser Interviews werden mit Hilfe des vorhandenen Kodiermanuals qualitativ inhaltsanalysiert, um die Aussagen zu den einzelnen Items wiederum Rahmenkonzepten zuweisen zu können. Ein Item ist dann inhaltsvalide, wenn Interview und Test zum selben Ergebnis kommen.

Ergebnisse und Ausblick

Die Inhaltsvalidierung wurde für Testheft „A“ mit fünf Personen zwischen 11 und 14 Jahren in Einzelinterviews durchgeführt. Dabei kam es bei sechs Items zu leichten Ungenauigkeiten, bei drei Items zu Diskrepanzen und bei zwei Items zu exakter Übereinstimmung. Als Ungenauigkeit werden dabei geäußerte Probleme beim Verstehen des Textes sowie Zuordnungen eines zusätzlichen Rahmenkonzepts verstanden, während eine Diskrepanz eine falsche Zuordnung von Rahmenkonzepten oder ein von der Testperson falsch eingeordneter Kontext bedeutet. Die Methode des „Lauten Denkens“ ermöglichte hier eine leichte Identifizierung von Ursachen für die Diskrepanzen. Diese lassen sich in erster Linie durch Überlesen, doppelte Verneinungen oder Reihungseffekte erklären. Die entsprechenden Items konnten so zielgerichtet verbessert werden. In einem nächsten Schritt soll nun Testheft „B“ analog validiert und angepasst werden, ebenso sollen die beiden Hefte untereinander auf Äquivalenz überprüft werden. Mit diesem Testinstrument soll dann letztlich in einer Prä-Post-Studie geklärt werden, ob eine außerschulische Lerngelegenheit dazu in der Lage ist, (positive) Veränderungen in den Rahmenkonzepten der Teilnehmenden auszulösen.

Literatur

Behle, J., & Wilhelm, T. (2016). Energie für die Insel – Ein Experimentierworkshop mit „Neuen Technologien“. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/678/815

Behle, J., & Wilhelm, T. (2016). Schülervorstellungen im Wandel der Zeit. In: Maurer, C. (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, Jahrestagung der GDCP in Zürich 2016, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 37, Universität Regensburg, S. 146-149.

Behle, J. & Wilhelm, T. (2017). Aktuelle Schülerrahmenkonzepte zur Energie. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1990). Pupil‘s ideas concerning energy sources. International Journal of Science Education Vol.12, Iss. 5.

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). Der Energiebegriff im Physikunterricht. Habilitationsschrift. Universität Kiel.

Duit, R. (2007). Energie: Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 18(5), S. 4-7.

diSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In: Forman, G.; Pufall, P., Constructivism in the Computer Age, Hillsdale, NJ: Erlbaum, S. 49–70.

Hartmann, S. (2004). Erklärungsvielfalt. In: Studien zum Physiklernen Bd. 37, Berlin: Logos-Verlag.

Liu, X., McKeough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. J. Res. Sci. Teach., 42: 493–517.

Mandl, H; Gruber, H, Renkl, A (1993). Lernen im Physikunterricht. Brückenschlag zwischen wissenschaftlicher Theorie und menschlichen Erfahrungen? (LMU Forschungsbericht Nr. 19).

Rincke, K. (2015). (Elektrische) Energie – Unterrichten zu einem schwierigen Begriff mit großer Bedeutung. In: Unterricht Physik 146, Jg 26, S. 2-10.

Solomon, J. (1983). Learning about energy: How pupils think in two domains. In: European Journal of Science Education, 5, S.49-59.

Trumper, R. (1993). Children's energy concepts: a cross- age study. International Journal of Science Education, 15:2, S. 139-148.

Watts, D. (1983). A study of alternative frameworks in school science. Dissertation, University of Surrey.

Thomas Plotz[1]
Martin Hopf[1]

[1]Universität Wien

Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung
Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2

Der Bereich der elektromagnetischen Strahlung zählt zu jenen Bereichen, welche noch wenig im Fokus fachdidaktischer Forschung standen. Von der täglichen mobilen Kommunikation, über die Luftraumüberwachung, Solarien und Röntgenaufnahmen beim Zahnarzt, bis hin zur Infrarotdiode in der Fernbedienung nutzen wir elektromagnetische Strahlung. Um Anwendungen, Gefahren und Nutzen der verschiedenen Strahlungsarten einschätzen zu können, ist ein gutes physikalisches Grundverständnis notwendig.
In den vergangenen vier Jahren wurde, im Rahmen der nun vorliegenden Qualifikationsarbeit, das Wissen über bestehende Schülervorstellungen ausgebaut und neue identifiziert. Zusätzlich konnte im Rahmen dieser Arbeit die Methode Cross-Age Peer Tutoring als wirksam bestätigt und eine mögliche Methode zur Erforschung von Schülervorstellungen exploriert werden. Nachfolgend werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst.

Schülervorstellungen zu Strahlung
Die grundlegende Idee der Dissertation war es die bestehende Lücke in der Literatur zu Schülervorstellungen im Themenbereich Strahlung weiter zu schließen. Trotz der fachdidaktischen Forschungen zum Thema Schülervorstellungen ist dieser Themenbereich kaum erforscht und es liegen wenige gesicherte Ergebnisse vor. Daher wurden SchülerInnen, welche eine fachdidaktische, vorwissenschaftliche Arbeit (VWA) schrieben, leitfadengestützt interviewt. Durch die Analyse mittels Grounded Theory konnten nicht nur Schülervorstellungen gefunden werden. Zusätzlich ermöglichte die Methode die Formulierung einer Theorie, die den Aufbau von Vorstellungen zur elektromagnetischen Strahlung der untersuchten SchülerInnen beschreibt. Die Ergebnisse der Analyse waren also die Entdeckung von zwei neuen Schülervorstellungen. Eine zum Thema „Künstlich-Natürlich“ sowie eine zweite zum Schwellenwert bei der Einschätzung der Gefährlichkeit von Strahlung. Vor allem die erste Schülervorstellung legt den Schluss nahe, dass diese möglicherweise eines jener p-prims darstellt, welche nach diSessa (1993) allem Denken zugrunde liegen und deren Zusammenwirken sich in Schülervorstellungen manifestieren.
Als erste Theorie kann formuliert werden: Die Vorstellungen von SchülerInnen zu Strahlung lässt sich anhand zweier Kategorien verorten. So ordnen SchülerInnen Strahlungsarten entlang der Kategorien „künstlich-natürlich“ bzw. „nützlich-gefährlich“ an. Die beiden Achsen symbolisieren auch die dahinterliegenden Vorstellungen, die je nach Kontext aktiviert werden.
Abgesehen von den Ergebnissen in dieser Teilstudie ergab sich auch in anderen Teilstudien die Gelegenheit zur Dokumentation von Schülervorstellungen. So bot sich in einer weiteren Teilstudie in der Concept-Maps der interviewten SchülerInnen analysiert wurden, die Möglichkeit die mentale Konzeption von Wissen abzubilden. Dabei zeigte sich bei den VWA-SchülerInnen, dass die ersten Concept Maps zwar Begrifflichkeiten enthielten, welche zum Kontext passend sind, jedoch keine Ordnung im Sinne der fachlichen Strukturiertheit besitzen. Als Erkenntnis bleibt jene Unordnung in den Concept Maps und die teilweise fachfremden Erklärungsversuche bzw. Zusammenhänge.
Auch in der Teilstudie zum Cross-Age Peer Tutoring fanden sich neue Schülervorstellungen. Vor allem die, im Zuge der Studie verwendeten, offenen Fragebögen boten hier die Gelegenheit Schülervorstellungen zu dokumentieren. So wurde vor allem im Bereich der Röntgenstrahlung die Vorstellung gefunden, dass Röntgenstrahlung vom Knochen reflektiert

wird. Diese Vorstellungen wurden von Müllauer (2016) weiter verifiziert. Auch die Vorstellung, dass UV-Strahlung *blau* bzw. Infrarotstrahlung *rot* ist, wurde in den Antworten der SchülerInnen gefunden.
Die Erhebung der Vorstellungen der untersuchten SchülerInnen zu elektromagnetischer Strahlung zeigte ein einheitliches Bild. Die SchülerInnen hatten am Ende der zwölften Schulstufe kein angemessenes Konzept von Strahlung. Viele Fehlvorstellungen sind durch Alltagswissen und Informationen aus nebulösen Quellen (Internet) gespeist und wurden im Physikunterricht nicht adäquat verändert. Dieser Befund ist überraschend, da die untersuchten SchülerInnen (vor allem die VWA-SchülerInnen) grundsätzlich interessiert am Thema waren.
Abschließend lässt dieser Befund nur eine Schlussfolgerung zu: Es müssen Wege gefunden werden, den Unterricht zum Fachinhalt Strahlung so zu verändern, dass die SchülerInnen am Ende der Schulzeit fachlich fundierte Konzepte besitzen und diese auch verwenden. Dies gilt dabei nicht nur für SchülerInnen, welche zwölf Jahre die Schule besuchen, sondern in besonderem Maß für jene, welche das Schulsystem bereits nach der Pflichtschulzeit (neunte Schulstufe) verlassen.

Vorwissenschaftlichen Arbeit (VWA) als Lerngelegenheit
Die VWA war zum Zeitpunkt der Untersuchung ein Novum in der österreichischen Bildungslandschaft. Die untersuchten SchülerInnen gehörten zur ersten Kohorte, welche diese Arbeit verfassen mussten und es lagen daher für die SchülerInnen keine Erfahrungswerte vor. Umso interessanter sind die Ergebnisse, welche im Lauf dieser Dissertation erarbeitet werden konnten. Die VWA ist als Prüfungsinstrument im Rahmen der Matura konzipiert und wird als solches eingesetzt. Dennoch bietet es den SchülerInnen die potenzielle Möglichkeit, einen Lernprozess zu durchlaufen. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen jedoch, dass dies nur zu einem geringen Maß geschieht. So wird von den SchülerInnen am Ende betont, dass sie durch die Bearbeitung der VWA vor allem etwas über Zeitmanagement gelernt hätten. Der fachliche Lernprozess ist auf ein oberflächliches Lernen beschränkt.
Die Hypothese, dass die lange Dauer (über ein Jahr) zu einer vertieften Auseinandersetzung mit dem fachlichen Inhalt führt, konnte nur in einem Fall bestätigt werden. Dies kann nicht als befriedigend angesehen werden. Auch die Reduktion auf das Wissen um das elektromagnetische Spektrum aller SchülerInnen am Ende ist im Anbetracht des Aufwandes ein zu geringes Ergebnis. Abschließend muss die Hypothese, dass die VWA ein Lerninstrument ist, verworfen werden. Eine Veränderung des Ergebnisses ist in den kommenden Jahren möglich. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die SchülerInnen künftig auf das Verfassen und Bearbeiten einer VWA besser vorbereitet sein werden.
In der Analyse eines Falles ermöglichte die Verwendung der objektiven Hermeneutik einen Zugang zu den Vorstellungen eines VWA-Schülers. Es gelang dabei die Vorstellungen von Erich zum Thema „Was müssen SchülerInnen der sechsten bzw. siebten Schulstufe über UV-Strahlung wissen?“ zu rekonstruieren. Dies ist dahingehend neu, als dass Erich nicht direkt dazu befragt wurde. Dieser Zugang reduziert die soziale Erwünschtheit der Antworten, da der Forschende nicht bei der Entstehung des Artefakts beteiligt ist. Üblicherweise entstehen diese in der direkten Interaktion mit SchülerInnen (Interviews, Videos, Fragebögen) und könnten als Artefakt erster Ebene bezeichnet werden. Die vorliegenden vorwissenschaftlichen Arbeiten stellen Artefakte zweiter Ebene dar. Die SchülerInnen beschreiben darin die Untersuchungen und Ergebnisse, die sie in der Interaktion mit anderen SchülerInnen erhalten haben.
In einer weiteren Teilstudie wurde die Validität von Concept Maps untersucht. Methodisch wurden dabei die Veränderungen in den Concept Maps der VWA-SchülerInnen mit dem Lernfortschritt, der sich in den Interviews, den vorwissenschaftlichen Arbeiten und den

Abschlusspräsentationen manifestierte trianguliert. Das Ergebnis überraschte, da von den sechs betrachteten Fällen zwei nicht valide Ergebnisse zeigten. Diese beiden Fälle (Lilly und Marie) zeigten gegensätzliche Ausprägungen. So zeigte sich im Fall Lilly, dass die Schülerin einen guten Lernfortschritt erkennen ließ, die Concept Map jedoch kleiner wurde und weniger Verbindungen zeigte. Der Fall Maria verhielt sich gegenteilig. Bei ihr deuteten Interview und vorwissenschaftliche Arbeit auf einen sehr geringen Lernfortschritt hin. Sie fertigte am Ende jedoch eine sehr umfassende Concept Map an, die mehrere fachlich richtige Konzepte inkorporierte. Daraus kann vorsichtig geschlossen werden, dass die Validität des Messinstrumentes nur eingeschränkt gegeben ist.
Als letztes Ergebnis zeigte sich, dass die SchülerInnen in der Selbsteinschätzung wenig Überfachliches im Prozess der Erstellung gelernt hatten. Einzig das vorher fehlende Zeitmanagement wurde durchgängig von allen genannt.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Überblick finden sich folgende Erkenntnisse, wobei nicht auf alle im Rahmen dieses Artikels eingegangen werden konnte:

- Neue Schülervorstellung zum Thema „Künstlich-Natürlich“
- Neue Schülervorstellung zum Schwellenwert bei der Einschätzung der Gefährlichkeit von Strahlung
- Entwicklung einer Master Concept Map
- Entwicklung von Basisideen zum Strahlungsunterricht
- Bestätigung der Lernwirksamkeit von Cross-Age Peer Tutoring
- Vorwissenschaftliche Arbeiten stellen kein gutes Lerninstrument dar
- Problematisierung von Concept Maps als valides Messinstrument

Leitet man ein Forschungsprogramm von den Ergebnissen ab, so müssen die ersten beiden Ergebnisse noch mit einer größeren Stichprobe statistisch verifiziert werden. Die Entwicklung eines entsprechenden Testinstruments liegt nahe und sollte sobald als möglich in Angriff genommen werden. Dieses zu entwickelnde Testinstrument ist auch für die nächsten beiden Ergebnisse (Master-Map und Basisideen) wichtig. So kann auf Basis dieser beiden Ergebnisse und dem bereits vorhandenen Unterrichtsmaterial mit der Entwicklung eines Lehrgangs für den Unterricht begonnen werden. Dies wurde am AECC-Physik bereits in Angriff genommen und die erste Version des Lehrgangs wird Ende 2017 finalisiert werden. Auch hier wird das zu entwickelnde Testinstrument benötigt um die Lernwirksamkeit des Lehrgangs im Feld sinnvoll beurteilen zu können.
Die Methode des Cross-Age Peer Tutoring scheint nun ausreichend evaluiert, um eine Empfehlung für die Praxis auszusprechen. Hier scheint keine weitere offensichtliche Forschungslücke zu bestehen. Die letzten beiden Punkte sind auch nach diesem Forschungsprojekt Hypothesen, welche es lohnt weiter zu untersuchen. Die vorwissenschaftliche Arbeit ist nicht nur von Seiten der Physikdidaktik ein spannendes Forschungsobjekt, sondern vor allem in der Deutschdidaktik ein „Trending Topic“. Eine genauere Analyse der tatsächlichen Strategien von SchülerInnen zur Bearbeitung dieser Arbeit ist wünschenswert. Auch die Frage nach dem tatsächlichen Potential als Lerninstrument ist noch offen. Die Problematik rund um die Concept Maps eignet sich als Startpunkt für eine eigenständige Forschung. So scheint aufgrund der Ergebnisse, aber auch indiziert durch die Literatur, dass das Analyseinstrument Concept Map genauer validiert werden sollte. So bleibt die Frage nach deren Validität am Ende dieser Arbeit offen. Durch die gute Anwendbarkeit der Concept Maps wäre es aber wünschenswert, wenn die Validität geklärt wäre.
Abschließend bleibt die Erkenntnis, dass das Lernen im Fachbereich der elektromagnetischen Strahlung ein fruchtbares und lohnendes Forschungsgebiet ist, welches unbedingt stärker in den Fokus der fachdidaktischen Forschung rücken sollte.

Literatur

diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. Cognition and Instruction, 10 (2/3), 105-225

Müllauer, C. (2016). Schülervorstellungen zur Röntgenstrahlung bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II. AECC Physik. Vienna, University of Vienna.

Bernadette Schorn RWTH Aachen
Christian Salinga
Heidrun Heinke

Perspektiven des Programms MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung

Im Herbst 2013 wurde vor dem Hintergrund des bestehenden Mangels an Lehrkräften im MINT-Bereich das überregionale Programm MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung gestartet. Seitdem wurden in vier Jahrgängen 250 SchülerInnen aus vier Bundesländern erreicht und wertvolle Erfahrungen zu erfolgversprechenden Ansätzen der MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung gesammelt. In seinem derzeitigen Format und dem damit zu erreichenden Umfang des Adressatenkreises wird das Programm jedoch dem Ausmaß der Herausforderungen des prognostizierten Lehrermangels nicht gerecht (Klemm, 2015). Deshalb wurde auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen und erster Pilotierungen modifizierter Veranstaltungsformate ein weiterentwickeltes MINT-Lehrer-Nachwuchsförderprogramm konzipiert. In dem Beitrag wird das Konzept des weiterentwickelten Programms vorgestellt, das zu deutlich größeren Teilnehmerzahlen hin skaliert werden kann.

Bisheriges MILeNa-Programm

Eine Grundidee des MILeNa-Programms ist, am MINT-Lehramt interessierte und dafür geeignete SchülerInnen frühzeitig zu identifizieren und sie in einer Lebensphase zu begleiten, in der Studienwahlentscheidungen gefällt und/oder gefestigt werden können. Mit dem Ziel, den TeilnehmerInnen eine fundierte, bewusstere Studienentscheidung bzgl. MINT-Lehramtsstudiengängen zu ermöglichen, erhalten sie ab der 10. Jahrgangsstufe während der gesamten Programmlaufzeit von zwei Jahren durch schulische, außerschulische und dabei speziell universitäre Maßnahmen einen facettenreichen Einblick in den Lehrerberuf und in Teilaspekte des MINT-Lehramtsstudiums (siehe Abb. 1). Dabei stellen die durchgehenden Lehrgelegenheiten für die SchülerInnen, in denen sie sich an ihren eigenen Schulen oder in deren Umfeld (z.B. in Grundschulen) als Lehrende im MINT-Bereich erproben können, sowie deren Betreuung durch MINT-Lehrkräfte einen zentralen Bestandteil des Programms dar.

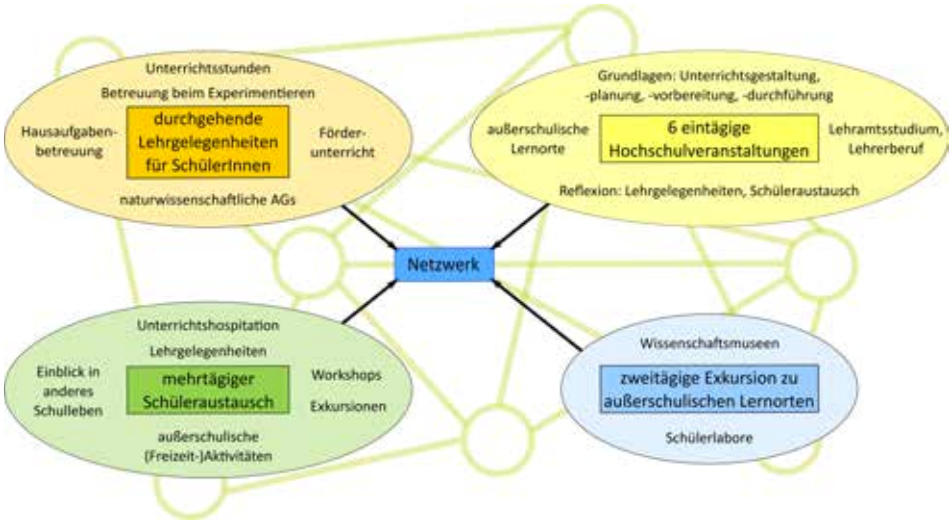


Abb. 1: Programmbestandteile des bisherigen MILeNa-Programms

Die umfassenden Lehrgelegenheiten für die MILeNa-SchülerInnen werden von weiteren Programmbausteinen flankiert: Hierzu gehören sechs eintägige Hochschulveranstaltungen zu allgemein- und fachdidaktischen Inhalten sowie Informationen zum MINT-Lehrkräfteberuf und -Lehramtsstudium, die von einer lehrerausbildenden Partnerhochschule durchgeführt werden. Dies wird ergänzt durch einen mehrtägigen Schüleraustausch mit einer Partnerschule aus dem Förderprogramm und eine zweitägige Exkursion zu außerschulischen Lernorten. Durch all diese Maßnahmen wird jeder Teilnehmende in ein umfassendes Netzwerk von SchülerInnen mit Interesse am MINT-Lehrkräfteberuf, MINT-Lehrkräften sowie DozentInnen und MINT-Lehramtsstudierenden an Hochschulen eingebunden. Eine ausführliche Beschreibung der Grundideen, der Konzeption und des Ablaufs des Programms findet sich in Schorn et al. (2016).

Seit dem Start im Herbst 2013 wurden mit dem Nachwuchsförderprogramm in vier Jahrgängen 250 SchülerInnen von 12 MINT-EC Mitgliedsschulen aus vier Bundesländern[1] erreicht. Dabei wurden in der Regel von einer lehrerausbildenden Hochschule[2] während der zweijährigen Laufzeit eines MILeNa-Jahrgangs im Anschluss an eine zentrale Auftaktveranstaltung zu Beginn des Programms mit allen TeilnehmerInnen im Rahmen der folgenden fünf eintägigen Hochschulveranstaltungen bis zu 20 SchülerInnen von zwei bis drei Schulen begleitet. In einem Kalenderjahr fanden an einem Hochschulstandort bis zu fünf eintägige Veranstaltungen statt.

Bisheriges MILeNa-Programm
TeilnehmerInnen: SchülerInnen ab 10. Jahrgangsstufe
Programmlaufzeit: 2 Jahre
Programmbestandteile:
- Lehrgelegenheiten für SuS
- 6 eintägige Hochschulveranstaltungen
- mehrtägiger Schüleraustausch
- zweitägige Exkursion zu außerschulischen Lernorten

Abb. 2: Steckbrief des bisherigen MILeNa-Programms

Weiterentwicklung des MILeNa-Programms
Aufbauend auf den bisherigen Erfahrungen und ersten Bewertungen des Programms (Schorn et. al, 2017) ist ein weiterentwickeltes MILeNa-Programm konzipiert worden, das deutlich mehr TeilnehmerInnen adressieren kann. Die inhaltlich-organisatorischen Modifikationen in dem im Herbst 2017 gestarteten Programm zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung betreffen hauptsächlich die Hochschulveranstaltungen, die nunmehr zum Teil als dreitägige Workshops in den Schulferien oder an verlängerten Wochenenden stattfinden sollen (siehe Abb. 3). Während die umfassenden Lehrgelegenheiten für die SchülerInnen an ihren eigenen Schulen oder in deren Umfeld auch weiterhin ein fester und zentraler Bestandteil des Programms sind, kann der Schüleraustausch, der von den TeilnehmerInnen als eine sehr wichtige zusätzliche Erfahrung und als wertvoller Einblick in das Schulleben einer anderen Schule bewertet wird, zukünftig optional bilateral zwischen Partnerschulen angeboten werden. Da die Exkursion zu einem außerschulischen Lernort seitens der SchülerInnen ebenfalls sehr positiv bewertet wurde, wird eine solche Exkursion in kleinerem Umfang in die Workshops integriert. Zudem soll vorbehaltlich einer Finanzierungsmöglichkeit eine separate zweitägige Exkursion weiterhin Bestandteil des Programms sein.
Die Modifikationen ermöglichen zudem neben einer zweijährigen Programmlaufzeit ab der 10. Jahrgangsstufe auch eine einjährige Laufzeit des Programms für SchülerInnen ab der 11. Jahrgangsstufe. Unter Berücksichtigung der Ressourcen und des Interesses der Jugendlichen

[1] Acht Schulen aus Nordrhein-Westfalen, zwei aus Hessen, eine aus Rheinland-Pfalz und eine aus Bayern.
[2] RWTH Aachen, Universität Duisburg-Essen, Universität zu Köln, Bergische Universität Wuppertal, Goethe-Universität Frankfurt und Universität Regensburg.

ist es den Schulen freigestellt, welche der Varianten sie anbieten möchten. Lediglich die Abschlussveranstaltung des Programms an einer (ortsnahen) lehrerausbildenden Hochschule sollte zu Beginn des letzten Schuljahres und damit nahe zur letztlichen Studien- und Berufsentscheidung stattfinden. Darüber hinaus ist das Nachwuchsförderprogramm zukünftig über das nationale Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC hinaus für alle weiterführenden Schulen mit gymnasialer Oberstufe geöffnet.

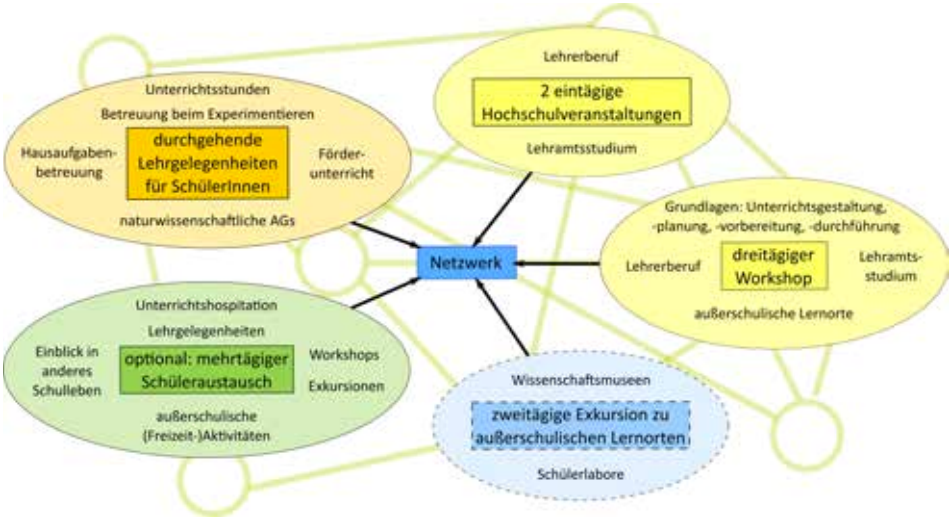


Abb. 3: Programmbestandteile des weiterentwickelten MILeNa-Programms

Das weiterentwickelte MILeNa-Programm wird erstmalig ab Herbst 2017 angeboten. Dabei soll in einem ersten Schritt in einem Pilotprojekt mit 47 SchülerInnen von fünf erfahrenen Schulen aus dem bisherigen MILeNa-Programm und sechs neu hinzugekommenen Schulen in Nordrhein-Westfalen gezeigt werden, dass es in einem modifizierten MINT-Lehrer-Nachwuchsförderprogramm gelingen kann, die Anzahl der TeilnehmerInnen durch die Modifikationen hinsichtlich des Formats der Hochschulveranstaltungen an einem Hochschulstandort deutlich zu steigern. Dies soll den Weg ebnen, damit das MILeNa-Programm wirksamer zur Linderung des drohenden MINT-Lehrkräftemangels beitragen kann.

Weiterentwickeltes MILeNa-Programm

TeilnehmerInnen: SchülerInnen ab 10. oder 11. Jahrgangsstufe

Programmlaufzeit: 2 Jahre oder 1 Jahr

Programmbestandteile:

- Lehrgelegenheiten für SuS
- 2 eintägige Hochschulveranstaltungen und dreitägiger Workshop
- mehrtägiger Schüleraustausch: optional
- zweitägige Exkursion zu außerschulischen Lernorten vorbehaltlich Finanzierungsmöglichkeit

Abb. 4: Steckbrief des weiterentwickelten MILeNa-Programms

Danksagung

Die Weiterentwicklung des Programms MILeNa wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Besonderer Dank gilt auch dem Programmpartner zdi Netzwerk Aachen & Kreis Heinsberg für die finanzielle Förderung, dem Verein MINT-EC, der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung für die Übernahme der operativen Kosten des bisherigen Programms sowie den Lehrkräften an den Schulen und den DozentInnen der anderen Hochschulstandorte für ihre Mitwirkung.

Literatur

Klemm, K. (2015). Lehrerinnen und Lehrer der MINT-Fächer: Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemein bildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens, Url: https://www.telekom-stiftung.de/klemm-studie (Stand: 25.10.2017)

Schorn, B., Plückers, K., Salinga, C., Schreiber, N., Theyßen, H., Heinke, H. (2016): Programm MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung – Status und Perspektiven. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung – Hannover 2016.

Schorn, B., Plückers, K., Salinga, C., Schreiber, N., Theyßen, H., Heinke, H. (2017): Programm MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 194-197). Universität Regensburg.

Monika Holmeier
Pädagogische Hochschule
Fachhochschule Nordwestschweiz

Evaluation MINT-Klasse – Thesen zur MINT-Nachwuchsförderung

Die MINT-Klassen
Seit dem Schuljahr 2013/14 wird am Gymnasium Lerbermatt das Konzept «MINT-Klasse» umgesetzt (http://mint.lerbermatt.ch//). Ziel dieses Konzepts ist es, die Jugendlichen verstärkt für den MINT-Bereich zu faszinieren, indem sie erleben, wie die MINT-Wissenschaften umgesetzt werden, welche Rolle sie in Forschung und Berufswelt spielen und wie vielseitig und spannend sie sind (Leuenberger, 2016). Dazu besuchen die Schüler/innen der MINT-Klasse in den drei Jahren vor der Matura (Abitur) nebst dem regulären Unterricht interdisziplinär angelegte Transfermodule (2 zusätzliche Lektionen pro Woche), in denen sie ihr Wissen nicht nur vertiefen, sondern beim selbstständigen Forschen auch anwenden können. Die Inhalte des Transfermoduls werden vorrangig von den Lehrpersonen festgelegt. Ausgangspunkt bilden dabei Jahresthemen, die als roter Faden durch die unterschiedlichsten Fragestellungen und Disziplinen führen. Neben dem Transfermodul absolvieren die Schüler/innen MINT-Praxismodule. Dazu gehören ein zweiwöchiges Forschungs- bzw. Betriebspraktikum, die Teilnahme an der Summer School der EPFL Lausanne sowie im dritten Schuljahr die mehrtägige Zusammenarbeit mit Lehrlingen in einem Projekt an der Technischen Fachschule Bern.

Die Evaluation
Das Konzept MINT-Klasse stellt ein innovatives Konzept im Schweizer Bildungsraum dar und wurde daher im Zeitraum 2014 bis 2016 wissenschaftlich evaluiert. Die durch die Metrohm-Stiftung finanzierte Evaluation basierte auf einem Längsschnitt- und Kontrollgruppendesign. Mittels Fragebogen wurde untersucht, welche Wirkungen sich durch die Teilnahme nachweisen lassen, wie das Transfermodul und die Praxismodule von den Schüler/innen wahrgenommen werden und welche Verbesserungsmöglichkeiten die Schüler/innen sehen. Die quantitativen Ergebnisse wurden im Rahmen von Interviews mit dem ersten Jahrgang der MINT-Klasse vertieft. Darüber hinaus wurden Gruppeninterviews mit der Schulleitung und jenen Lehrpersonen geführt, die an der MINT-Klasse beteiligt waren.

Die Thesen
Die nachfolgenden Thesen basieren auf den Ergebnissen der Evaluation der MINT-Klasse. Sie fassen somit die wichtigsten Befunde dieser Evaluation zusammen, stellen aber gleichzeitig auch wichtige Anhaltspunkte für die Implementation von Angeboten im Bereich der MINT-Nachwuchsförderung dar.

These I: Vielfältige Bekanntmachungswege nutzen – Die Eltern nicht vergessen
Am Anfang eines jeden neuen Angebots ist es wichtig, mögliche Teilnehmer/innen über vielfältige Kanäle auf das Angebot aufmerksam zu machen. Im Rahmen der MINT-Klasse stellten Informationsveranstaltungen ein wesentliches Element der Bekanntmachung dar. 62.5% der MINT-Schüler/innen haben über diesen Kanal vom Angebot erfahren. Mit mehr als 20% folgen Broschüren und die jeweiligen Lehrpersonen. Erst danach folgen Freunde, Eltern und Geschwister. Gerade die Eltern sollten aber bei der "Rekrutierung" der Schüler/innen nicht vernachlässigt werden, denn bei 40% der MINT-Schüler/innen sind Vater und Mutter die Personen, die beim Entscheid für oder gegen die Teilnahme an der MINT-Klasse zur Hilfe herangezogen werden.

These II: Hohe Praxisorientierung, am Interesse der Schüler/innen ansetzen
Angebote auf freiwilliger Basis müssen die Teilnehmer/innen über verschiedene Faktoren ansprechen. Abgeleitet aus den Befunden der MINT-Klasse Evaluation scheinen die entscheidenden Faktoren eine hohe Praxisorientierung sowie das Aufgreifen der Interessen und Berufswünsche der Schüler/innen zu sein. So geben die meisten MINT-Schüler/innen an, dass sie sich für die Teilnahme entschieden hätten, weil man etwas Praktisches machen könne, man sich schon lange für die Thematik interessiere oder der Berufswunsch mit den Themen verbunden sei.

These III: Auswahlverfahren sind nicht dringend notwendig
Basierend auf den Erfahrungen der MINT-Klasse scheint es ratsam, keine Aufnahmekriterien festzusetzen, sondern alle interessierten Personen zuzulassen. Obwohl sich alle Schüler/innen für die MINT-Klasse anmelden konnten, unabhängig ihrer Noten in den naturwissenschaftlichen Fächern, haben sich jene Personen angemeldet, die sich in den Bereichen «Freude am naturwissenschaftlichen Unterricht» und «Naturwissenschaftliches Selbstkonzept» signifikant zu jenen Schüler/innen unterscheiden, die sich gegen die MINT-Klasse entschieden haben. Die Schüler/innen können somit selbst einschätzen, ob sie für das Angebot geeignet sind oder nicht. Zudem scheint ein weiteres Argument ausschlaggebend. Mit Blick auf Abbildung 1 fällt der relativ hohe Frauenanteil in der MINT-Klasse auf. So kann argumentiert werden, dass Frauen eher an Angeboten teilnehmen, bei denen es kein Aufnahmekriterium gibt und die Schwelle zur Anmeldungen gering ist. Dass in der MINT-Klasse keine Noten vergeben werden und daher nur ein geringer Leistungsdruck vorherrscht, könnte ebenfalls zum relativ hohen Frauenanteil beitragen. Warum der Anteil im 4. Jahrgang geringer ausfällt, bleibt an dieser Stelle offen.

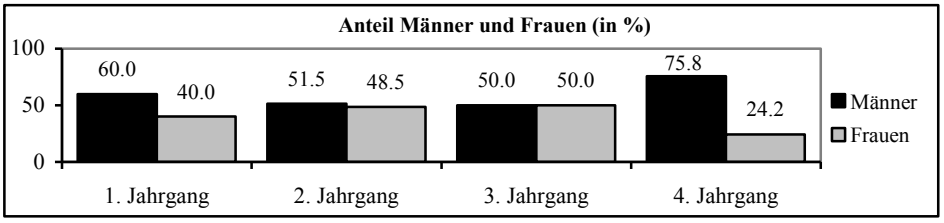


Abbildung 1: Anteil Männer und Frauen in der MINT-Klasse

These IV: Inhalte und Methoden: gutes Theorie-Praxisverhältnis, klare Struktur, Produktorientierung, kein Leistungsdruck
Bei der Ausgestaltung des Angebots muss besonderes Augenmerk auf die Methoden und Inhalte gelegt werden. Abgeleitet aus Aussagen der Schüler/innen, was ihnen am Transfermodul sehr gut oder gar nicht gefallen hat, zeigt sich, dass ein ausgewogenes Theorie-Praxis-Verhältnis und eine klare Struktur von besonderer Bedeutung sind. Empfehlenswert scheint es auch, wenn die Schüler/innen auf ein konkretes Ziel oder Produkt hinarbeiten, das sie am Ende in den Händen halten oder mit nach Hause nehmen können. Zudem sollte durch die Teilnahme am Angebot kein Leistungsdruck entstehen, sodass insbesondere bei Angeboten, die in den Schulen selbst stattfinden, auf Noten verzichtet werden sollte.

These V: Ausgewogenes Verhältnis aller MINT-Fächer – Externe Partner hinzuziehen
Ein Angebot im MINT-Bereich sollte auf alle vier Bereiche abzielen, d.h. Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik gleichermassen in den Blick nehmen. Nicht immer liegt die Expertise für jeden der vier Bereiche vor, sodass es sich empfiehlt, frühzeitig

auf die Expertise externer Partner-Institutionen zurückzugreifen. Im Falle der MINT-Klasse führte die Zusammenarbeit mit der Technischen Fachschule Bern im 3. Schuljahr dazu, dass deutlich weniger Schüler/innen als im 2. Schuljahr angaben, dass Technik zu wenig behandelt worden sei (vgl. Abbildung 2). Es scheint somit möglich zu sein, mit einzelnen Angeboten und Exkursionen spezifische MINT-Bereiche zu stärken.

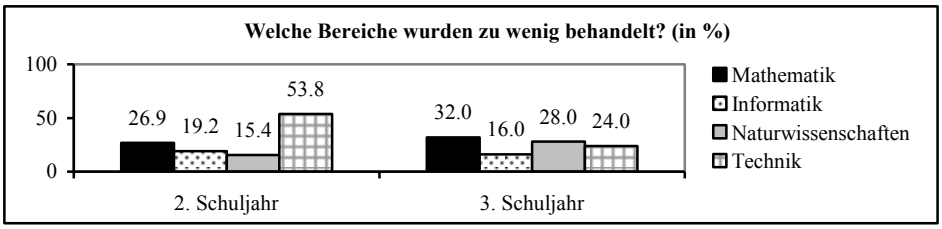


Abbildung 2: MINT-Bereiche im Transfermodul: 2. und 3. Schuljahr der MINT-Klasse

These VI: Vielfältige, auch außerschulische Erfahrungen ermöglichen
Vielfältige, auch außerschulische Erfahrungen zu ermöglichen, scheint nicht nur deswegen wichtig, weil damit wie beschrieben einzelne MINT-Bereiche in den Fokus gestellt werden können, sondern weil diese von den Schüler/innen sehr geschätzt werden. Auch in der MINT-Klasse werden alle drei Praxismodule (Praktikum, Summer School an der EPFL Lausanne, Zusammenarbeit mit der Technischen Fachschule Bern) äußerst positiv beurteilt. Es ließ sich in Bezug auf die drei unterschiedlichen Praxismodule kein Beurteilungskriterium identifizieren, dass von mehr als 20% der Schüler/innen negativ beurteilt wurde. Die Schüler/innen schätzen insbesondere die Einblicke in neue, spannende Arbeitsfelder, die Möglichkeit praktische Erfahrung zu sammeln und Wissen und Erfahrung mit Expert/innen auszutauschen. Dass solche ausserschulischen und vor allem praktischen Erfahrungen nicht nur wichtig sind, weil sie von den Schüler/innen positiv beurteilt werden, sondern sie auch dazu beitragen, ein Angebot wie die MINT-Klasse noch stärker aufzuwerten, zeigt sich zudem darin, dass auf die Frage «Was hat Ihnen am Konzept der MINT-Klasse am besten gefallen» am häufigsten die Praxismodule von den Schüler/innen genannt wurden.

These VII: Angebot evaluieren
In den vergangenen Jahren ist eine Vielzahl an MINT-Förderangeboten entstanden, die nicht oder nicht systematisch evaluiert wurden. Eine systematische Evaluation scheint aber von besonderer Bedeutung. So kann mit den Ergebnissen die eigene Arbeit bestätigt und gegenüber den geldgebenden Institutionen gerechtfertigt werden. Zudem kann die Evaluation dazu dienen, Schwachpunkte im Konzept und entsprechende Verbesserungsvorschläge herauszuarbeiten. Aufbauend auf den kritischen Rückmeldungen der Schüler/innen konnte in der MINT-Klasse bspw. ein negativ beurteiltes Modul deutlich verbessert werden. So äussert sich ein/e Schüler/in: «Die Parkettierung, die eine ziemlich schlechte Reputation hat, haben sie aufgebessert. Dass Parkettierung auf dem 3D-Drucker ausgedruckt werden kann, macht es viel cooler».

Diskussion und Ausblick
Die herausgearbeiteten Thesen bzw. Empfehlungen sind in keinster Weise vollständig und stellen zudem keine goldenen Regeln zum Erfolg von Angeboten im Bereich der MINT-Nachwuchsförderung dar. Wohl aber geben sie Hinweise, worauf bei der Implementation neuer Angebote geachtet werden kann und soll, um die Qualität dieser Angebote zu erhöhen.

Literatur

Leuenberger, G. (2016). Die MINT-Klasse. Faszination Naturwissenschaften. Ein Vademekum für innovative MINT-Förderung aus Sicht des Gymnasiums. Köniz: Gymnasium Lerbermatt.

Seamus Delaney
Alexander Franz Koch
Kelly MacCabe

Pädagogische Hochschule FHNW

Voraussetzungen für MINT im Schweizer Kindergarten

Einleitung

In der deutschsprachigen Schweiz wird derzeit der Lehrplan 21 eingeführt. Das heisst, 21 Kantone haben sich auf eine Bildungsstandardisierung geeinigt und führen ein gemeinsames Curriculum in der obligatorischen Schule ein. Eine besondere Neuerung, die mit dem Lehrplan 21 einhergeht, ist die Einbindung des Kindergartens in das obligatorische Schulsystem: Die ehemalige Vorschule wird in die Schule integriert und muss dementsprechend anschlussfähig gemacht werden. In diesem Beitrag fragen wir, wodurch mathematisch-naturwissenschaftlich-technische Inhalte in Kindergarten unterstützt und durchgeführt werden.

Theorie

Politisch gesehen, soll die Schweiz als ein zukunftsfähiger Standort für Wissenschaft und Technik gefestigt werden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die frühe Bildung gelegt, den dadurch kann eine langfristige Sicherung der Fachkräfte erreicht werden. Der ehemalige Nationalrat Laurent Favre (2013) geht sogar so weit, dass "wichtige Weichen für den später anfallenden Laufbahnentscheid pro oder contra Mint bereits in der Vorschul- und Schulphase gestellt werden. Der Gewichtung und Ausgestaltung der MINT-Fächer im obligatorischen Schulunterricht kommt daher eine bedeutende Rolle zu." (o. S.). Eine ähnliche Sichtweise wurde im Lehrplan 21 umgesetzt (vgl. D-EDK, 2016). Die Wichtigkeit der MINT-Grundbildung in der Schweiz wurde bereits im MINT-Nachwuchsbarometer Schweiz (2014) deutlich (siehe auch Acatech, 2011). Die im Lehrplan 21 neu eingeführten Fächerverbünde *Natur und Technik* oder *Technisches und textiles Gestalten* verweisen zudem auf die Bedeutung der Technik (Stuber, Heitzmann & Käser, 2013). Was früher zum Beispiel *Handarbeitsunterricht* oder *Nadelarbeit* war, sollte im Zuge des Lehrplans 21 vereinheitlicht und mit Lern-/ Kompetenzzielen versehen werden (Stuber et al., 2016). Aber wie kann MINT als Lernziel in der Schuleingangsstufe umgesetzt werden? Damit stellt sich eine fachdidaktische wie fachwissenschaftliche Frage, die von bestimmten Voraussetzungen in der Kindergartenstufe abhängt: a) Die Lehrpersonen sind in der Regel weiblich (in der Schweiz 99%) und kaum mit Technik als Bildungsziel sozialisiert. B) Die Lehrpersonen arbeiten mit Kindern, die spielerisch, entdeckend und aktiv lernen. Lehrpersonen müssen auf ihre „Warum-Fragen" warten und situativ Lehr-Lerngelegenheiten anbieten, sowohl im mathematischen, als auch im naturwissenschaftlichen Bereich (Lück, 2000; Schassmann, 2004). C) Die Lehrpersonen benötigen geeignetes Lehr-Lernmaterial, um sowohl die Lernprozesse der Kinder zu unterstützen (Diener & Schassmann, 2013), als auch Standards (Streit & Royar, 2015) um die Anschlussfähigkeit an die nächste Schulstufe wahren zu können Im Folgenden erarbeiten wir daher zuerst die Eigenschaften der Zielpoulation.

Besonderheiten bezüglich Kindergartenlehrpersonen

In der Population handelt es sich in der Regel um berufserfahrene Frauen. Nach Angaben des Bundesamts für Statistik der Schweizerischen Eidgenossenschaft waren im Schuljahr 2015/16 11987 Lehrpersonen im Kindergarten bzw. der Eingangsstufe tätig. Nur 19% waren unter 30 Jahre alt und der Anteil männlicher Lehrpersonen liegt bei 1%. Intuitiv scheinen Lehrerinnnen auch weniger technikaffin. In Physik ist das Problem bekannt. Peschel und Koch (2014) konnten zeigen, dass eine physikaffine Ausbildung nicht zu mehr physikorientiertem Unterricht führen. In der Studie wird der Faktor *Selbswirksamkeit* bzw. *Selbstkompetenzeinschätzung* als

Determinationskriterium für die Problematik angeführt. Eine niedrige Selbstbewertung kann durch Bildungsreformen weiter herabgesetzt werden, denn mit neuen Bildungszielen kann eine Handlungsunsicherheit der Lehrpersonen einhergehen. Eine vergleichbare Problemlage könnte für den Technikunterricht vorliegen.

Bildungsreform in der Schweiz
Die Harmonisierung der obligatorischen Schule (HarmoS) und der schrittweise eingeführte bzw. einzuführende Lehrplan 21 enthalten besondere Veränderungen für den Kindergarten: Das HarmoS-Konkordat implementiert den Kindergarten in die obligatorische Schule. Das heisst, Kindergarten und Vorschule werden zu Teilen der obligatorischen Schule. Der Lehrplan 21 standardisiert und erneuert die bisher unterschiedlichen, kantonal regulierten Lehrpläne und beinhaltet modernisierte Fächerverbünde und Lehr-Lernziele. Grade aber auch die Fächerverbünde bieten den Lehrpersonen neue Freiheiten in der Initiation von Lernprozessen.

Problemlage und Forschungsfragen
Während angehende Kindergartenlehrpersonen bereits mit dem Lehrplan 21 ausgebildet werden, kann die Umstellung eine besondere Aufgabe für erfahrene Lehrpersonen bedeuten. Der Kanton Basel-Stadt setzt die Reform bereits um, andere Kantone folgen in weiteren Jahren. In dieser Studie behandeln wir daher isoliert den Kanton Basel-Stadt. Die Forschungsfragen lauten: Wie wird mit dem relativ offenen Lehrplan 21 umgegangen und wie wird dieser Spielraum ausgeschöpft, um Naturwissenschaften und Mathematik für die Kinder ansprechend zu erarbeiten? Zur Beantwortung der Forschungsfragen stellen wir fünf Thesen auf, die den Unterrichtsalltag der Kindergartenlehrpersonen sowie ihre Ressourcen betreffen:

- Der Lehrplan 21 bildet die nötige Grundlage für das Unterrichten von Naturwissenschaften (NW) und Mathematik (Math) im Kindergarten.
- Lehrpersonen machen eher NW-/ Math-Unterricht, wenn sie auf ein entsprechendes Lehrmittel zurückgreifen können.
- Andere Kompetenzbereiche (Sprache, Musik, Gestalten) werden im Unterricht bevorzugt, weil man einen einfacheren Zugang (z. B. Lehrmittel) dazu hat.
- Die persönliche Einstellung der Lehrperson zu den NW-Themen und zur Math wirkt sich auf den Unterricht aus (je positiver, desto öfter macht).
- Text zum 2. Spiegelstrich
- Schülerinnen und Schüler lassen sich besser auf die NW und Math ein, wenn sie sich aktiv am Unterricht beteiligen können.

Stichprobe und Methoden
Laut dem Eidgenössischen Bundesamt für Statistik waren im Schuljahr 2015/16 349 Kindergartenlehrpersonen im Kanton Basel-Stadt tätig, davon 7% Männer. 19% der Kindergartenlehrpersonen waren jünger als 30 Jahre. Es wurden 14 Lehrpersonen (alle weiblich) mit einer Berufserfahrung von AM=16.7 Jahren (SD=14.9; Median=17 Jahre; 3 Lehrerinnen mit nahezu keine Erfahrung) und einem Durchschnittsalter von 41.4 Jahren (SD=14.1; Median=44 Jahre) aus Basel-Stadt zur Praxisrelevanz des Lehrplans 21 und seinen Umsetzungsmöglichkeiten gegenüber MINT-Inhalten per Fragebogen befragt. Damit zeigt sich, dass die Mehrheit der Population in der Stichprobe vertreten ist. Der Fragebogen enthielt Aussagen, die einmal zu mathematischen Inhalten und einmal zu naturwissenschaftlich-technischen Inhalten bewertet werden sollten. Die Bewertungen waren 6-stufig von 0= stimme gar nicht zu bis 5= stimme völlig zu. Die 23 einzelnen Items bezogen sich auf insgesamt 5 Dimensionen (Tabelle 1). Die Lehrpersonen gaben an, dass sie im Mittel an 4 Tagen pro Woche mathematische und an 4 Tagen naturwissenschaftlich-technische Themen behandeln. An drei Tagen verwenden sie je auch interaktive Elemente wie etwa Lern-Apps. Ein offenes Antwortfeld enthielt die Frage: *Wie ist Ihre Meinung zum Lehrplan 21 bezüglich Mathematik und Naturwissenschaften?*

Tab. 1: Psychometrische Kennwerte der erfragten Dimensionen nach Fachbereichen

Dimension	Mathematik	Naturwissenschaften
Lehrplan 21 als Unterrichtsgrundlage (4 Items)	α=.84, AM(SD)=2.06(1.45)	α=.83, AM(SD)=2.29(1.75)
Relevanz und Qualität von Lehrmitteln (4 Items)	α=.71, AM(SD)=3.35(.99)	α=.80, AM(SD)=2.84(1.39)
Umgang mit Lehrmitteln/ Andere Kompetenzbereiche (3 Items)	α=.60, AM(SD)=3.51(1.12)	α=.76, AM(SD)=3.19(1.39)
Einstellung zur Unterrichtsinhalten (7 Items)	α=.86, AM(SD)=4.25(.76)	α=.82, AM(SD)=4.41(.69)
Bedeutung interaktiver Lernelemente (3 Items)	α=.79, AM(SD)=4.38(.70)	α=.83, AM(SD)=4.41(.71)

Resultate

Quantitative Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die Lehrpersonen eine positive Einstellung gegenüber MINT-Inhalten haben. Sie würdigen auch, dass MINT-Wissen den Kindern und für ihren Schulerfolg nützlich ist. Aber die Lehrpersonen haben immer noch negative Wahrnehmungen im Umgang mit Lehrmitteln und deren Relevanz für den Unterricht; Wilcoxon-Rang-Tests zeigen, dass die Relevanz/ Qualität von Math-Lehrmitteln signifikant höher eingeschätzt wird ($Z=2.04$, $p=.041$), marginal signifikant unterscheiden sich die Relevanz des Lehrplan 21 ($Z=1.46$, $p=.144$) und der Umgang mit Lehrmitteln ($Z=1.55$, $p=.121$).

Qualitative Ergebnisse

Die Angaben der Lehrpersonen lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: die Implementierung des Lehrplan 21 und die Bedeutung der Lehrmittel. Erstere Kategorie lässt sich mit dem Ausspruch «unterrichten mit Kopf, Herz und Hand» umschreiben. Sie sind noch zaghaft in der Nutzung des neuen Lehrplans, möchten ihn erst noch kennenlernen, stehen ihm aber mit einer positiven Grundhaltung gegenüber. In der zweiten Kategorie wird die Wichtigkeit der Lehrmittel herausgestellt, allerdings besteht ein Defizit im Bereich der Naturwissenschaften: *Im Fach Mathematik haben wir ein Lehrmittel und es gibt Hilfsmittel, für das Fach Natur/ Mensch/ Gesundheit jedoch nicht.* In einer weiteren Aussage wird auch deutlich, dass die Lehrpersonen, in Ermangelung eines Lehrmittels, diese selbst kreieren.

Diskussion

Im Beitrag wurden die Haltungen der Kindergartenlehrpersonen und die Herausforderungen in der Gestaltung von MINT-Unterricht sowie der Lehrmitteleinsatz während der Bildungsreform Lehrplan 21 adressiert. Exemplarisch wurden Kindergärtnerinnen in Basel-Stadt befragt, die dies umsetzen sollen. Die Lehrplaninhalte erscheinen wichtig; der Lehrplan als didaktisches Instrument, eher als "Leitplanke". Forschung und Entdeckung, Erleben und Begreifen, sowie die Förderung der kindlichen Neugier scheinen Ziele der Unterstufenpädagogik. In Abwesenheit leistungsbezogener Daten oder Aussagen interpretieren wir dies als ein Weltbild, das individuenbezogene und erlebnisbezogene Pädagogik jenseits summativer Berurteilung herausstellt. Inwieweit Standardisierungen vermittels Lehrplan einen positiven Effekt auf die Unterrichtsgestaltung haben, bleibt hier zwar offen, muss aus unserer Sicht aber immer wieder diskutiert werden. Unterstützend kann der Lehrplan werden, wenn geeignete Lehrmittel, insbesondere für naturwissenschaftlich-technische Inhalte entwickelt werden. Dies könnte im Optimalfall auf Basis der bereits selbst entwickelten Lehrmittel geschehen und in Kooperation zwischen Schule und Pädagogischer Hochschule.

Literatur

Acatech (Hrsg.) (2011). *Monitoring von Motivationskonzepten für den Techniknachwuchs (MoMoTech).* Berlin: Springer.

D-EDK. (2016). Lehrplan 21. In Deutschschweizer-Erziehungsdirektoren-Konferenz (Hrsg.), *http://v-ef.lehrplan.ch/.*

Diener, M., & Schassmann, M. (2013). Lernförderung in Mathematik braucht abgestimmte Materialien. *Bildung Schweiz, 3*, 14-15.

Favre, L. (2013). Postulat: Entwicklung der Mint-Fächer in der Schule. https://www.parlament.ch/de/ /ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaeft?AffairId=20133600

Lück, G. (2000). *Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. Untersuchungen zur Primärbegegnung von Kindern im Vorschulalter mit Phänomenen der unbelebten Natur.* Münster: LIT Verlag.

MINT-Nachwuchsbarometer Schweiz. (2014). *Das Interesse von Kindern und Jugendlichen an Naturwuissenschaftlicher Bildung*. www.akademien-schweiz.ch/dms/publikationen/09/report0906d.pdf

Peschel, M., & Koch, A. F. (2014). Lehrertypen - Typisch Lehrer? Clusterungsversuche im Projekt SUN. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Jahrestagung in München 2013.* (Vol. 34, S. 216-218). Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.

Schassmann, M. (2004). Kinder brauchen Zahlen: Mathematisches Denken pflegen und entwickeln. *Lernen anregen, Lernwege begleiten. Fachreferate Fachtagung, 12*, 7-20.

Streit, C., & Royar, T. (2015). Mathematische Grunderfahrungen. In A. K. P. Bildungsraum Nordwestschweiz BRNW (Hrsg.), *Orientierungspunkte Kindergarten: Sprachliche und mathematische Grunderfahrungen* (S. 19-27). Schweiz: Bildungsraum Nordwestschweiz BRNW.

Stuber, T., & et al. (Hrsg.). (2016). *Technik und Design: Handbuch für Lehrpersonen*. Bern: hep.

Stuber, T., Heitzmann, A., & Käser, A. (2013). Technik- und Naturwissenschaftsunterricht an Schweizer Schulen. In W. Bienhaus & W. Schlagenhauf (Hrsg.), *Technische Bildung im Verhältnis zur naturwissenschaftlichen Bildung: Methoden des Technikunterrichts.* (S. 101-131). Basel & Freiburg: Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V.

Luzie Semmler Universität Oldenburg
Verena Pietzner

Auffassungen von Chemielehrkräften zur Kreativität im Chemieunterricht

Einführung

Kreativität ist ein Begriff, für den es keine einheitliche Definition gibt; was als kreativ angesehen wird, ist daher individuell unterschiedlich. In Europa ist die Kreativitätsforschung noch immer ein vernachlässigter Bereich (Urban, 1991). Jedoch gewinnt Kreativität in der heutigen, sich schnell entwickelnden Zeit immer mehr an Bedeutung, da Wirtschaft und Industrie auf Innovationen und kreative Ideen angewiesen sind. Kreativität wird damit von Schulabgängern gefordert, dennoch ist sie kein fester Teil der Schulbildung. Sie ist in Deutschland in den Curricula der MINT-Fächer, die für Berufe in der Wirtschaft und Industrie wichtig sind, nicht verankert. Es ist daher davon auszugehen, dass sie kein relevanter Bestandteil des jeweiligen Fachunterrichts ist. Ob Kreativität in den Unterricht integriert wird, hängt aber nicht nur von der Einbindung in die Curricula ab, sondern auch zu einem großen Teil von der Lehrkraft selbst. Diese muss über das entsprechende Wissen, eine positive Einstellung zur Kreativität und das notwendige Selbstvertrauen in die eigenen kreativen Fähigkeiten verfügen. Es ist daher wichtig, vor der Entwicklung von Unterrichtskonzepten die Vorstellungen und Haltungen von Lehrkräften zur Kreativität im Unterricht zu erheben, denn diese üben einen großen Einfluss auf die Unterrichtsplanung und -durchführung aus (Newton & Newton, 2009). Studien über Vorstellungen von Lehrkräften aus unterschiedlichen europäischen, asiatischen und amerikanischen Ländern gibt es bereits (Andiliou & Murphy, 2010), es fehlen allerdings Studien mit deutschen Lehrkräften, vor allem aus dem MINT-Bereich, dazu.
Die hier vorgestellte Studie setzt an diesem Punkt an. Es werden die Vorstellungen, Haltungen, das Wissen und das Verständnis deutscher Lehrkräfte zur Kreativität im Allgemeinen und zur Kreativität im Chemieunterricht erhoben und untersucht.

Zwei Definitionen von Kreativität

Wie bereits erwähnt, gibt es keine allgemeingültige Definition von Kreativität. Es hat sich daher bis heute eine Fülle an Definitionen ergeben, die unterschiedliche Schwerpunkte setzen; zwei stellen jedoch die Grundlage vieler Studien dar. Eine davon ist Urbans 4P-E-model (1995). Er beschreibt Kreativität darin als eine Fähigkeit, bei der neue Produkte als Lösung für ein Problem geschaffen werden. Diese Produkte stehen in Wechselwirkung mit der kreativen Person, dem kreativen Prozess und dem kreativen Problem. Die gesamte Interaktion ist außerdem von sozialen, kulturellen, politischen und historischen Faktoren der Umwelt abhängig. Eine andere Definition stammt vom National Advisory Committee on Creative and Cultural Education (NACCCE) aus England. Dieses definierte Kreativität auf Wunsch der Regierung direkt für den Einsatz in der Schule. Dem NACCCE folgend ist Kreativität eine „imaginative acitivity fashioned so as to produce outcomes that are both original and of value“ (NACCCE, 1999, S. 30). Diese beiden Definitionen bilden die Grundlage für diese Studie.

Forschungsdesign

Die Studie teilt sich insgesamt in vier Abschnitte auf. Die Pilotierung der Methoden, die erste Erhebung mit deutschen Masterstudierenden (Semmler & Pietzner, 2017) und die zweite Erhebung mit Bachelorstudierenden aus Deutschland und Japan wurden bereits durchgeführt. Im Folgenden wird der Fokus auf die dritte Erhebung mit deutschen Chemielehrkräften gelegt. Dabei wurden insgesamt 15 Lehrkräfte von Gymnasien,

Gesamtschulen und Oberschulen bzw. Haupt- und Realschulen aus Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen befragt.
Für die Erhebung wurden drei unterschiedliche Methoden verwendet. Das Testinstrument selbst besteht aus zwei Concept Maps und einem Fragebogen. Bei den Concept Maps wird angenommen, dass ihre Struktur mit der Wissensstruktur im Gehirn korrespondiert und darum die eigene kognitive Wissensstruktur durch Concept Maps visualisiert werden kann (Novak & Cañas, 2007). Die Lehrkräfte sollten zunächst eine Concept Map zur Kreativität und Kreativität im Chemieunterricht ohne Vorgaben alleine aus ihren Vorstellungen heraus erstellen. Zuvor wurde ihnen allerdings eine kurze Einführung in die Erstellung einer Concept Map und ein Beispiel für eine Concept Map gegeben. Anschließend sollten die Lehrkräfte eine zweite Concept Map erstellen, bei der 22 Begriffe vorgegeben wurden. Die Begriffe wurden einer eigens für diese Studie entwickelten literaturbasierten Concept Map entnommen, die den aktuellen Stand der Literatur zur Didaktik in Bezug auf Kreativität und zur Kreativitätsforschung an sich widerspiegeln soll (Semmler & Pietzner, 2017). Auf diese Weise werden die Concept Maps untereinander vergleichbarer und ein Vergleich mit den Literaturdaten wird so erleichtert (Kinchin, 2013).
Der Fragebogen wurde im Anschluss an die Bearbeitung der Concept Maps ausgefüllt. Die Fragen wurden einem Online-Fragebogen (Springub, Semmler, Uchinokura & Pietzner, 2017) entnommen, mit dem ebenfalls Auffassungen zur Kreativität erhoben wurden. Sie sollen dabei Aspekte erheben, die möglicherweise nicht oder nicht deutlich genug in den Concept Maps zum Ausdruck kommen. Sie beziehen sich darauf, ob die Förderung von Kreativität als wichtiges Ziel im Chemieunterricht angesehen wird, ob Kreativität bereits im eigenen Unterricht integriert war, ob Kreativität im zukünftigen Unterricht eine größere Rolle spielen soll, ob sie im Studium oder Referendariat thematisiert wurden und ob sich die Befragten selbst als kreative Personen einschätzen würden. Zudem wurden personenbezogene Daten erhoben.
Bei dieser Erhebung kommt zusätzlich die Methode des Lauten Denkens zum Einsatz, mit der ein umfangreicherer Einblick in die tatsächliche unterrichtliche Praxis der Lehrkräfte und in deren Erfahrungen mit Kreativität gewonnen werden konnte. Lautes Denken ermöglicht Einblicke in die Gedanken und kognitiven Prozesse einer Person (van Someren, Barnard & Sandberg, 1994). Dabei wird die befragte Person aufgefordert, ihre Gedanken zu einer Aufgabe oder zu einem Gegenstand laut zu äußern. Bei dieser Erhebung wurde es den Lehrkräften freigestellt, ob sie ihre Gedanken während der Bearbeitung der Concept Maps oder direkt im Anschluss daran verbalisieren (Ericsson & Simon, 1980). Diese Freistellung ist nötig, da es sich dabei um zwei kognitiv anspruchsvolle Prozesse handelt, die miteinander konkurrieren. So kann gewährleistet werden, dass sich diese Prozesse nicht gegenseitig stören. Das Gesagte wurde während der gesamten Bearbeitungszeit aufgenommen und anschließend transkribiert. Die Transkripte wurden überwiegend dazu herangezogen, Aussagen aus den Concept Maps und den Fragebögen besser zu verstehen.

Auswertung der Daten

Die gewonnenen Daten wurden sowohl qualitativ als auch quantitativ ausgewertet. Bei der quantitativen Auswertung wurden überwiegend Häufigkeiten bestimmt, beispielsweise die Anzahl der verwendeten Begriffe und der hergestellten Verbindungen in einer Concept Map. Der Fokus liegt allerdings auf der qualitativen Auswertung der Daten. Dabei wurden sowohl die Strukturen der Concept Maps analysiert als auch die Inhalte der Concept Maps, der Antworten aus den Fragebögen und der Protokolle zum Lauten Denken. Die Strukturen wurden anhand der bereits festgestellten Strukturen nach Yin, Vanides, Ruiz-Primo, Ayala und Shavelson (2005) analysiert. Bei der inhaltlichen Auswertung wurden Kategorien nach Mayring (2010) direkt an den Daten induktiv erstellt. Die folgenden Kategorien haben sich bereits in den vorangegangenen Erhebungen ergeben und wurden hier erneut herangezogen.

Tabelle 1: Induktiv erstellte Kategorien für die inhaltliche Auswertung der Concept Maps, der Fragebögen und der Protokolle zum Lauten Denken

Kreativität im Chemieunterricht	*Kreativität*
Haltung/Einstellung	Individuelle Definition
Inhalte/Umsetzung	Einflussfaktoren auf Kreativität
Bedingungen	Merkmale von Kreativität
Probleme/Hindernisse bei der Umsetzung	Einflussfaktoren auf allgemeine Unterrichtsprozesse
Folgen/Wirkung	Kreativität in außerschulischen Aktivitäten/im Alltag
Rolle der SchülerInnen/Rolle der Lehrkraft	

Ausgewählte Ergebnisse

Im Folgenden werden beispielhaft für die qualitative Auswertung ausgewählte Ergebnisse für die in Tabelle 1 dargestellten ersten beiden Kategorien für Kreativität im Chemieunterricht vorgestellt. In Bezug auf die Haltung und Einstellung zur Kreativität im Chemieunterricht hat sich gezeigt, dass alle befragten Lehrkräfte eine positive Haltung aufweisen. Dies zeigte sich einerseits daran, dass sie in den Antworten in den Fragebögen angaben, dass sie die Förderung von Kreativität bei SchülerInnen als wichtiges Ziel im Chemieunterricht erachten. In den Concept Maps zeigte sich dies andererseits daran, dass die Lehrkräfte überwiegend positive Faktoren mit Kreativität im Chemieunterricht in Verbindung brachten. So wurden beispielsweise ausschließlich positive Folgen und Wirkungen von Kreativität im Chemieunterricht angegeben.

Hinsichtlich der Kategorie Inhalte und Umsetzungsmöglichkeiten von Kreativität im Chemieunterricht konnte in den Aussagen aus den Concept Maps, aus den Antworten in den Fragebögen und aus den Protokollen zum Lauten Denken festgestellt werden, dass die Lehrkräfte viele konkrete und im Unterricht erprobte kreative Methoden und Medien nannten. Dazu zählen beispielsweise Rollenspiele, Comic Strips, Egg Races und Lernfirmen. Weiterhin legten die Lehrkräfte den Fokus darauf, dass die SchülerInnen selbstständig Experimente planen, durchführen und auswerten sollten. Dies entspricht der in der Literatur vorhandenen Vorstellung eines kreativen Unterrichts (Craft, 2005; Kind & Kind, 2007). Die Lehrkräfte beschrieben außerdem, dass die Umsetzung von Kreativität auch außerhalb des regulären Unterrichts, beispielsweise im Seminarfach, in Projekthalbjahren oder bei Jugend forscht, stattfinden kann. Es konnten aber auch negative Erfahrungen herausgestellt werden, die einige der befragten Lehrkräfte mit Kreativität im Unterricht machten.

Fazit und Ausblick

Die Auswertung hat insgesamt gezeigt, dass bei allen befragten Lehrkräften bereits Vorstellungen, aber auch Wissen und eigene Erfahrungen zur Kreativität und deren Integration in den Chemieunterricht bestehen. Wissenslücken zeigten sich beispielsweise beim Verständnis von Kreativität, das zudem individuell unterschiedlich war. Aufgrund dessen und der negativen Erfahrungen mit Kreativität ist es wichtig, dass ein Erfahrungsaustausch zwischen Lehrkräften auch unterschiedlicher Schulformen in Fortbildungen stattfindet. Dort kann zudem ein einheitliches Verständnis von Kreativität geschaffen werden, dass es den Lehrkräften erlaubt, Kreativität sicher und bewusst in den Unterricht zu integrieren. Die positive Einstellung der Befragten ist eine angemessene Grundlage dafür und auch für die Fortbildungen an sich. Aufgrund der kleinen Stichprobe sollten die Ergebnisse dieser Erhebung in weiteren Erhebungen bestätigt und ggf. erweitert werden. Anschließend können aufbauend auf den Ergebnissen der Studien Fortbildungen geplant und durchgeführt werden.

Literatur

Andiliou, A. & Murphy, P. K. (2010). Examining variations among researchers' and teachers' conceptualizations of creativity: A review and synthesis of contemporary research. Educational Research Review, 5 (3), 201-219

Craft, A. (2005). Creativity in Schools. Tensions and Dilemmas. New York: Routledge

Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1980). Verbal Reports as Data. Psychological Review, 87 (3), 215-251

Flick, U. (2004). Triangulation in Qualitative Research. In U. Flick, E. v. Kardorff & I. Steinke (Ed.), A Companion to Qualitative Research. London: SAGE Publications, 178-183

Kinchin, I. M. (2013). Concept mapping and the fundamental problem of moving between knowledge structures. Journal for Educators, Teachers and Trainers, 4 (1), 96-106

Kind, P.M. & Kind, V. (2007). Creativity in Science Education: Perspectives and Challenges for Developing School Science. Studies in Science Education, 43, 1-37

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.

Newton, D. P. & Newton, L. P. (2009). Some student teachers‘ conceptions of reativity in school science. Research in Science & Technological Education, 27 (1), 45-60

Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2007). Theoretical Origins of Concept Maps, How to Construct Them, and Uses in Education. Reflecting Education, 3 (1), 29-42

Semmler, L. & Pietzner, V. (2017). Creativity in chemistry class and in general - German student teachers' views. Chemistry Education Research and Practice. Retrieved from http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2017/rp/c6rp00230g.

Springub, A., Semmler, L., Uchinokura, S. & Pietzner, V. (2017). Chemistry teachers' perceptions and attitudes about creativity in chemistry classes. In K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, & J. Lavonen (Eds.), Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research - Selected Papers from the ESERA 2015 Conference. Springer International Publishing, 41-54

Urban, K. K. (1991). Recent Trends in Creativity Research and Theory in Western Europe. European Journal of High Ability, 1 (1), 33-113

Urban, K. K. (1995). Different Models in Describing, Exploring, Explaining and Nurturing Creativity in Society. European Journal of High Ability, 6 (2), 143-159

Van Someren, M. W., Barnard, Y. F. & Sandberg, J. A. C. (1994). The think aloud method: a practical approach to modelling cognitive processes. (Knowledge-based systems). London: Adacemic Press

Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, M. A., Ayala, C. C. & Shavelson, R. J. (2005). Comparison of Two Concept-Mapping Techniques: Implications for Scoring, Interpretation, and Use. Journal of Research in Science Teaching, 42 (2), 166-184

Susan Schäfer geb. Fried
Thomas Trefzger
Universität Würzburg

Die Anwendung des Physikdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Labor

Theorie und Forschungsfragen

In den letzten Jahren wurden viele Konzepte eingeführt, um die Lehramtsausbildung in Deutschland zu professionalisieren. Der Kern dieser Ansätze besteht meist darin ein Modell der Professionellen Handlungskompetenzen zu erstellen und anhand von Large Scale Assessments die Struktur und die Entwicklung der Handlungskompetenzen zu prüfen und abzubilden (vgl. ProfiLe P, ProwiN, KiL). Dabei wurde die 1986 von Shulman aufgestellte Struktur, die die Professionellen Kompetenzen von Lehrkräften in unteranderem Fachwissen, Fachdidaktisches Wissen und Pädagogisches Wissen unterteilt, weitgehend von den meisten Modellierern übernommen. Laut Shulman spielt vor allem das fachdidaktische Wissen eine wichtige Rolle, da er es als Verbindung von fachlichem und pädagogischem Wissen verstanden wird (Shulman, 1987). Diese Sonderstellung des fachdidaktischen Wissens hat zu einer Vielzahl von Studien geführt, die sich unter anderem auch mit dessen Entwicklung beschäftigen. In diesen Studien stellte sich heraus, dass die Entwicklung von fachdidaktischem Wissen nicht rein über theoretischen Input funktioniert (van Driel, 1998), sondern die Studierenden selbst praktische Erfahrungen machen müssen (Scharfenberg, 2015) und diese dann auch in einem angemessenen Rahmen reflektieren müssen (Park, 2008). Trotz dieser Ergebnisse wurde immer wieder festgestellt, dass weiterhin eine Lücke zwischen Theorie und Praxis in der Lehramtsausbildung vorliegt (Levine, 2006; Korthagen, 2010). Um diese Lücke zu füllen, haben sich in den USA vor allem Praxisphasen in On-Campus Kursen als besonders wirksam herausgestellt (Darling-Hammond, 2006). Dort können die Studierenden in einem ihnen gekannten und damit geschützten Raum den Umgang mit Schülerinnen und Schülern üben. Dieser Ansatz findet in den letzten Jahren auch in der Lehramtsausbildung in Deutschland immer mehr Beachtung. Neben „komplexitätsreduzierten Unterrichtssettings“ (vgl. Korneck, 2016) dienen auch die Lehr-Lern-Labore dazu den Ansatz der On-Campus Kurse umzusetzen. Die Lehr-Lern-Labore können einen sowohl geschützten, als auch komplexitätsreduzierten Rahmen und den echten Umgang mit Schülerinnen und Schülern bieten. Worauf bei den Lehr-Lern-Laboren der Fokus gelegt wird, ist von den einzelnen Standorten abhängig. Die genaue Beschreibung zum Ablauf des Lehr-Lern-Labors an der Universität Würzburg findet sich in diesem Tagungsband im Artikel von Thomas Trefzger.

Da das Lehr-Lern-Labor als zusätzlicher On-Campus Kurs neben der Erprobung von unterrichtsähnlichen Szenarien auch viel Zeit für Vorbereitung und Reflexion bietet, kann diese Form des Seminars vor allem für die Entwicklung von fachdidaktischem Wissen von besonderem Interesse sein. Daraus ergeben sich für das Lehr-Lern-Labor-Seminar der Universität Würzburg folgende Forschungsfragen:

1. *Entwickelt sich das physikdidaktische Wissen im Verlauf des Seminars?*
2. *Welches Wissen nutzen die Studierenden um ihre Experimentierstationen zu konzipieren und die Durchführung mit den Schulklassen zu planen?*
3. *Welches Wissen nutzen die Studierenden um ihre Durchführung zu reflektieren und wie werden Veränderungen begründet?*

Studiendesign und Methoden

Wie in anderen Tagungsbeiträgen bereits beschrieben (vgl. Fried, 2015 & Fried, 2016) wird zur Untersuchung sowohl ein qualitativer als auch ein quantitativer Ansatz verfolgt. Zur Erfassung des physikdidaktischen Wissens werden zwei paper-pencil-Tests genutzt. Mit dem Test basierende auf dem Projekt KiL (Sorge, 2017) wird das physikdidaktische Wissen in den Facetten Curriculum, Assessment, Schülerkognition und Instruktionsstrategien erhoben. Mit dem Test basierend auf dem Projekt DIAGNOSER (Thissen-Roe, 2008) wird das Wissen der Studierenden zur Diagnose von Schülervorstellungen erhoben. Zur Erhebung der Anwendung des physikdidaktischen Wissens führen die Studierenden Logbücher, in denen sie beschreiben, wie die Stationen im Hinblick auf die Verwendung von physikdidaktischem und fachlichem Wissen erstellt und nach den ersten Schülerbesuch verändert wurden.

Ergebnisse

Die Studie wurde über vier Semester ab dem Wintersemester 2014/15 durchgeführt. An ihr nahmen 66 Teilnehmer mit einem durchschnittlichen Alter von 23,1 Jahren teil, wobei 33% der Teilnehmenden weiblich waren. Als erstes werden die Ergebnisse von den paper-pencil-Tests zur Erfassung des physikdidaktischen Wissens vorgestellt. Wie in Tabelle 1 zu sehen ist, findet keine signifikante Änderung des physikdidaktischen Wissens statt. Lediglich in der Facette Schülerkognition ist eine Änderung mit einem kleinen Effekt sichtbar.

Tabelle 1: t-Test für den paper-pencil-Test beruhend auf dem Projekt KiL zur Erfassung des physikdidaktischen Wissens

Testwert	**pre**		**post**		**t**	**Cohens' d**
	M	**SD**	**M**	**SD**		
FDW	9,61	2,73	10,14	3,18	1,62	.18
Instruktionsstrategien	3,91	1,59	3,74	1,75	,76	-.10
Assessment	1,36	0,98	1,64	1,08	1,94	.27
Curriculum	2,21	0,68	2,39	0,75	1,64	.25
Schülerkognition	2,26	0,85	2,55	0,86	2,46*	.34

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse des paper-pencil-Tests zur Erfassung der Diagnosefähigkeit der Teilnehmenden bezüglich Schülervorstellungen zusammengefasst. Hier wird deutlich, dass die Teilnehmenden in den einzelnen Inhaltsbereichen sehr unterschiedlich abgeschnitten haben. Während die Studierenden in den Bereichen Energie und Wärmelehre keine Veränderungen zeigen, entwickeln die Studierenden im Bereich der Optik und der Elektrizitätslehre mit einem hohen positiven Effekt. Dabei ist allerdings auch ersichtlich, dass sowohl die Studierenden der Optik als auch der Elektrizitätslehre einen geringeren Mittelwert in der pre-Erhebung aufweisen, als die Studierenden in der Energie und der Wärmelehre. Während die Teilnehmer auf dem Optikseminar bei einem Mittelwert in pre-Tests von 5,87 starten, erreichen die Teilnehmer aus der Elektrizitätslehre lediglich einen Wert von 3,83. Auch bei der Betrachtung der post-Werte fällt auf, dass die Studierenden im Optik Seminar einen vergleichbaren Wert erreichen, wie die Studierenden im Energie und Wärmelehre Seminar. Die Studierenden im Elektrizitätslehre Seminar erreichen auch hier einen geringeren Wert von 6,50.

Tabelle 2: T-Test für den paper-pencil-Test beruhend auf dem Projekt DIAGNOSER zur Erfassung der Diagnosekompetenz von Studierenden bzgl. Schülervorstellungen.

Testwert	pre		post		t	Cohens' d
	M	SD	M	SD		
WS 2015 Energie	8,82	2,19	8,64	1,38	-.48	-.10
SS 2016 Optik	5,87	2,25	8,63	1,29	5.33**	1.29
WS 16 Elektrizitätslehre	3,83	2,19	6,50	1,87	4.66**	1.31
SS 2017 Wärmelehre	8,06	1,25	8,19	1,78	.34	.09
Gesamt	6,92	2,57	8,10	1,96	4,13**	.52

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zur Anwendung des physikdidaktischen Wissens aus den Logbuchanalysen dargestellt. Gezeigt sind die prozentualen Anteile der einzelnen Facetten normiert auf die Kategoriengröße im Bezug zur Gesamtzahl der Nennungen in den jeweiligen Logbüchern. Es lässt sich erkennen, dass die Studierenden sich in allen drei Logbüchern mit dem Thema Instruktionsstrategien befassen. Das Thema Curriculum ist vor allem im ersten Logbuch mit 29% der Nennungen von Bedeutung was im Laufe des Lehr-Lern-Labors weniger wird. Während Ziele im ersten Logbuch noch eine Rolle spielen, werden sie im zweiten Logbuch nur noch mit 2% genannt und im dritten gar nicht mehr. Die größte Veränderung lässt sich im Bereich der Schülerkognition finden. Hier fallen im ersten Logbuch 17 % der Nennungen auf diese Facette und im letzten Logbuch 45%.

Tabelle 3: Prozentualer Anteil der Nennungen in den einzelnen Facetten bezogen auf die alle Nennungen in dem jeweiligen Logbuch.

Facetten	Logbuch 1	Logbuch 2	Logbuch 3
Instruktionsstrategien	24%	41%	33%
Schülerkognition	17%	29%	45%
Curriculum	29%	14%	13%
Assessment	10%	14%	9%
Ziele	20%	2%	0%

Diskussion

Wie die oben vorgestellten Ergebnisse zeigen, ist vor allem der Bereich der Schülerkognition und damit auch der Bereich der Schülervorstellungen für das Lehr-Lern-Labor ein wichtiges Thema zu sein. Es fällt auf, dass sich Studierenden in ihrer Planungsphase nicht allzu intensive mit dem Thema der Schülerkognition auseinandersetzen. Erst durch das erste Zusammentreffen mit Schülerinnen und Schülern sehen sich die Studierenden mit dieser Facette konfrontiert und beginnen diese zu reflektieren. Dieses Verhalten wir von der Literatur bestätigt. Lee stellt in seinem 2006 erschienen Paper fest, dass Studierende sich bei der Planung von Instruktionen nicht mit Lernschwierigkeiten befassen und bestätigt damit dieses Verhalten. Auch für die paper-pencil-Tests zeigt sich, dass das die Studierenden ihr Wissen in der Facette der Schülerkognition entwickeln. Das lässt vermuten, dass die Studierenden trotz intensiver Beschäftigung im Studium Lücken in der praktischen Anwendung in diesem Bereich aufweisen. Die Lehr-Lern-Labore können dazu dienen diese Defizite abzufangen.

Literatur

Darling-Hammond, L. (2006). Powerful teacher education: Lessons from exemplary programs.

Fried, S., Trefzger, T. (2016). Professionalisierung durch Praxisbezug im Lehr-Lern-Labor. Die Anwendung physikdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Labor. In C. Maurer (Hrsg.). Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdiaktik, Bd. 36, 340-342.

Fried, S., Trefzger, T. (2017). Eine qualitative Untersuchung zur Anwendung vom physikdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Labor. In C. Maurer (Hrsg.). Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, Bd. 37, 492-495.

Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. et al. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen – Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle, T. Engartner (Hrsg.). Videoanalysen in der Unterrichtsforschung – Methodische Vorgehensweise und Anwendungsbeispiele, 174-197.

Korthagen, F. A. J. (2010). How teacher education can make a difference. Journal of Education for teaching, 36, 407-423.

Levine, A. (2006). Educating school teachers. Princeton, NJ: The Education Schools Project.

Magnusson, S., Krajcik, J. et al. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N.G. Lederman (Eds.), Examining pedagogical content knowledge (pp. 95-132).

Makrinus, L. (2013). Der Wunsch nach mehr Praxis. Zur Bedeutung von Praxisphasen im Lehramtsstudium. Studien zur Schul- und Bildungsforschung.

Park, S., Oliver, J. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. Research in Science Education 38, 261-284.

Scharfenberg, F.-J., Bogner F. X. (2015). A New Role Change Approach in pre-service teacher education for developing pedagogical content knowledge in the context of a student outreach lab. Research in Scinece Education, 45 (4).

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15 (2), 4-14.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the New Reform. Harvard Educational Review, 75 (12), 1-21.

Sorge, S., Kröger, J., Neumann, K. et al. (2017).

Thissen-Roe, A., Minstrell, J. et al. (2004). The DIAGNOSER project. Combining assessment and learning. Behavior Research Methods, Instruments & Computers, 36, 234-240.

Van Driel, J. H., Verloop, N. et al. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 35 (6), 673-695.

www.diagnoser.com (Stand 13.10.2016).

Florian Treisch Universität Würzburg
Thomas Trefzger

Entwicklung der Professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lehr-Labor Seminar

Die Professionelle Unterrichtswahrnehmung (PU) ist die Fähigkeit einer Lehrkraft, für das Lernen der Schülerinnen und Schüler relevante Situationen im Unterricht zu erkennen und diese theoriebezogen zu begründen (van Es & Sherin, 2002). Sie gilt als zentrale Voraussetzung, im Unterricht professionell zu handeln (Seidel & Stürmer, 2014) und dient als Bindeglied zwischen dem professionellen Wissen sowie den Erfahrungen einer Lehrkraft und dem Handeln, da sie auf Grundlage kognitiver Schemata Handlungsscripts, also mentale Repräsentationen von Handlungsabfolgen aktivieren können. Dabei werden einerseits die Wahrnehmungen von Schemata gesteuert (Kopp & Mandl, 2005), andererseits kann auch die Wahrnehmung diese Schemata (vor allem bei unerfahrenen Lehrkräften) beeinflussen (Schwindt, 2008).

Die PU lässt sich in die Dimensionen des „Noticing“ und des „Knowledge-based Reasoning“ unterteilen. Das *Noticing* beschreibt die Fähigkeit relevante Unterrichtssituationen zu erkennen. Das *Reasoning* bezieht sich auf die Fähigkeit, das zugrunde liegende theoretische Wissen der Lehrkraft auf die Begründung der beobachteten Situation anzuwenden (Seidel & Stürmer, 2014). Die in dieser Studie berücksichtigten Theorien sind die Unterrichtsmerkmale „Zielbeschreibung und Orientierung“, „Lernbegleitung“ und „Lernatmosphäre“, die einen Einfluss auf das Kompetenzempfinden, die Autonomie und die soziale Eingebundenheit und somit auf die Motivation der Schülerinnen und Schüler haben (Seidel & Shavelson, 2007; Deci & Ryan, 2002). Das *Reasoning* lässt sich nochmals in die Facetten „*Beschreiben*“, „*Erklären*“ und „*Vorhersagen*“ einteilen (Seidel & Stürmer, 2014). *Beschreiben* bedeutet, die Situation bezüglich den Unterrichtsmerkmalen unterscheiden zu können, ohne sie schon zu bewerten. *Erklären* beschreibt die Fähigkeit die Situation auf Grundlage theoretischen Wissens zu begründen und *Vorhersagen* meint, Konsequenzen für das weitere Lernen ableiten zu können.

Studien zeigen, dass schon in der universitären Ausbildung die PU von angehenden Lehrkräften gefördert werden kann. Dabei wurden häufig Seminare untersucht, in denen Unterrichtssituationen videobasiert analysiert wurden (Star & Strickland, 2008; Stürmer, Seidel & Schäfer, 2013; Gold, Förster und Holodinski, 2016; Krammer et al., 2016; Sunder, Todorova & Möller, 2016, Santagata & Guarino, 2011). Außerdem konnte durch eine Kombination aus einem studienbegleitenden Praktikum an der Schule und videobasierten Analysen von Unterrichtsszenen die PU von Studierenden gefördert werden (Stürmer, Seidel & Schäfer, 2013). Auf Grundlage dieser Erkenntnisse soll in dieser Studie untersucht werden, inwieweit das Lehr-Lern-Labor Seminar mit ihrer iterativen Praxis kombiniert mit zusätzlichen theoriebezogenen Videoanalysen der eigenen Betreuungen, die PU der Lehramtsstudierenden fördern kann.

Die Basis der Untersuchung stellt das Lehr-Lern-Labor Seminar für Physik-Lehramtsstudierenden der Universität Würzburg dar (Völker & Trefzger, 2011; Elsholz & Trefzger, 2016). In diesem Seminar bereiten Studierende für das Lehramt an Realschulen und Gymnasien in der Vorbereitungsphase Experimentierstationen zu einem Themengebiet aus den bayerischen Lehrplänen vor. Die Anleitungen für die Schülerinnen und Schülern werden mit Tetfolio (Haase, Kirstein & Nordmeier, 2016) auf iPads erstellt. In der anschließenden Praxisphase besuchen vier Schulklassen an vier Terminen das Seminar und durchlaufen die einzelnen Stationen in kleinen Gruppen. Dabei werden sie in einer

Microteaching-Einheit von den Studierenden betreut und von zwei Dozenten diagnostiziert (Durchführung und Diagnose). Die Betreuungen werden nach jeder Durchführung mit den Kommilitonen und zusammen mit den Dozenten reflektiert (Reflexion). Zwischen den Besuchen können sie ihre Station überarbeiten (Adaption). Die Studierenden haben so die Möglichkeit, mehrfach Schülerinnen und Schüler an ihren eigenen Stationen zu betreuen und diese Betreuungen zu reflektieren (vgl. Abb. 1).

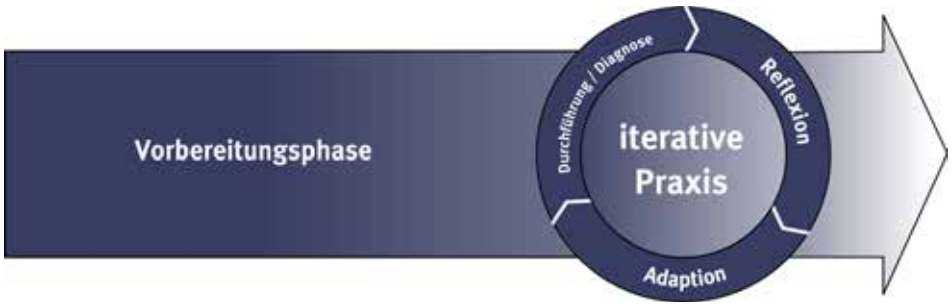


Abb. 1 Ablauf des Lehr-Lern-Labor Seminars an der Universität Würzburg

Während den Betreuungen werden die Hälfte der Studierenden videografiert, sodass sie zusätzlich zwischen den Durchführungen Videoanalysen ihrer eigenen Betreuung und der ihrer Kommilitonen bezogen auf die Unterrichtsmerkmale in kleinen Gruppen fragenbasierend durchführen können. Nach der ersten Durchführung beziehen sich die Analysen auf Lernbegleitung, nach der zweiten Durchführung auf Zielorientierung, dann auf Lernatmosphäre und nach dem vierten Besuch einer Schulklasse werden alle Unterrichtsmerkmale wiederholt.

Forschungsfragen

Das Forschungsinteresse bezieht sich grundlegend auf die Frage, inwieweit diese Art der Praxiserfahrung einen Einfluss auf die PU der Studierenden ausübt:

1. Hat das Lehr-Lern-Labor Seminar einen Einfluss auf die PU der Lehramtsstudierenden?
2. Inwieweit beeinflusst das Lehr-Lern-Labor Seminar und eine zusätzliche Videoanalyse in der Praxisphase die PU der Studierenden?

Studiendesign

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde die Entwicklung der PU dreier Gruppen von Physik-Lehramtsstudierenden miteinander verglichen:

- LLL-Gruppe: Studierende, die das Seminar besuchen aber keine Videoanalyse durchführen
- LLLV-Gruppe: Studierende, die das Seminar besuchen und zusätzlich ihre eigene Betreuung und die der Kommilitonen anhand kurzer Videoclips analysieren
- Baseline: Physik-Lehramtsstudierende, die das Seminar nicht besuchen

Die PU wurde im Pre-Post-Design mit dem Observer-Tool zu Beginn und am Ende des Seminars gemessen. Das Observer-Tool zeigt sechs Videoclips von authentischen Unterrichtssituationen, die auf einer vierstufigen Likert-Skala anhand von 216 Items bewertet werden. Die Wertungen werden mit einer Expertennorm verglichen und als Testergebnis wird dies als Prozentwert richtiger Nennungen angegeben (Seidel, Blomberg & Stürmer, 2010).

Ergebnisse

An der Studie nahmen 71 Studierende teil, wobei davon 52 zwischen dem Sommersemester 2015 und dem Sommersemester 2017 das Seminar besuchten und zufällig auf die LLL-Gruppe (N = 29) und die LLLV-Gruppe (N = 23) aufgeteilt wurden. Zusätzlich wurden 19 Studierende in die Baseline aufgenommen, wobei diese in folgender Auswertung nicht berücksichtigt wurden, jedoch für weitere Analysen relevant sind. Tabelle 1 zeigt die Personenmerkmale der Studierenden.

	Gesamt	Baseline	LLL-Gruppe	LLLV-Gruppe
Alter	22,75	22,74	22,76	22,74
Semester	5,49	5,05	5,66	5,65
Geschlecht m/w	47/24	13/6	21/8	13/10
Studienrichtung RS/GY	11/60	2/17	6/23	3/20

Tab.1 Personenmerkmale der Studierenden in den drei Gruppen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde in einem ersten Schritt ANOVAs mit Messwiederholung in den Gruppen LLL und LLLV gerechnet. Die Tabellen 2 und 3 zeigen die entsprechenden Testergebnisse.

	Pre-Test	Post-Test	F	df	p	η^2
PU	0,35	0,39	1,29	28	0,27	0,04
Beschreiben	0,43	0,48	4,47	28	0,04	0,14
Erklären	0,30	0,32	0,341	28	0,56	0,01
Vorhersagen	0,33	0,34	0,20	28	0,66	0,01

Tab.2 ANOVAs mit Messwiederholung für das Gesamttestergebnis und den Dimensionen des Reasoning für die LLL-Gruppe.

	Pre-Test	Post-Test	F	df	p	η^2
PU	0,31	0,39	14,5	22	0,001	0,40
Beschreiben	0,39	0,47	10,6	22	0,004	0,33
Erklären	0,26	0,32	5,37	22	0,030	0,20
Vorhersagen	0,25	0,35	11,1	22	0,003	0,34

Tab.2 ANOVAs mit Messwiederholung für das Gesamttestergebnis und den Dimensionen des Reasoning für die LLLV-Gruppe.

Es zeigt sich, dass das LLL-Seminar einen Einfluss auf die eher intuitiv praktizierte und weniger theoriebezogene Fähigkeit des *Beschreibens* mit einer mittleren bis großen Effektstärke ausübt. Die Verteilung des Gesamttestergebnisses und das der Dimensionen *Erklären* und *Vorhersagen* zeigen keinen signifikanten Unterschied. Das LLL-Seminar in Verbindung mit den Videoanalysen zeigt Einflüsse auf das Gesamttestergebnis und allen Dimensionen des *Reasoning* mit großen Effektstärken.

Diskussion

Die Ergebnisse deuten an, dass das Lehr-Lern-Labor Seminar mit der iterativen Praxisphase und den Reflexionen nach den Durchführungen in Verbindung mit theoriebezogenen und fragenbegleitenden Videoanalysen der eigenen Betreuungen und die der Kommilitonen die PU von Physik-Lehramtsstudierenden positiv beeinflussen kann. Selbst ohne Videoanalysen zeigt sich zumindest in der Dimension *Beschreiben* ein positiver Einfluss des LLL-Seminars. Weitere Analysen sollen die Ergebnisse sichern. Einflüsse wie Personenmerkmale, Unterrichtserfahrung sowie pädagogischer Lehrveranstaltungen werden dazu in die Berechnungen aufgenommen.

Literatur

Deci, Edward L. & Ryan, Richard M. (2002): Handbook of self-determination research. Rochester, NY: University of Rochester Press.

Elsholz, M., Trefzger, T. (2016): Professionalisierung durch Praxisbezug: Begleitforschung zu den Würzburger Lehr-Lern-Laboren. In: Maurer, C. (Hg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. GDCP-Jahrestagung 2016. Zürich, 488-491.

Gold, B., Hellermann, C., Burgula, K., & Holodynski, M. (2016): Fallbasierte Unterrichtsanalyse. Effekte von video- und textbasierter Fallanalyse auf kognitive Belastung, aufgabenspezifisches Interesse und die professionelle Unterrichtswahrnehmung von Grundschullehramtsstudierenden. In: Alexander Renkl (Hg.): Unterrichtswissenschaft, 44. Jg., H. 4: Julius Beltz GmbH & Co.KG (Förderung der professionellen Kompetenz von (angehenden) Lehrpersonen durch videobasierte Lernangelegenheiten, 4), 322–338.

Haase, S., Kirstein, J. & Nordmeier, V. (2016). tet.folio: Neue Ansätze zur digitalen Unterstützung individualisierten Lernens. In Phydid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2016, Berlin.

Kopp, B. & Mandl, H. (2005). *Wissensschemata*. Department Psychologie; Institut für Pädagogische Psychologie.

Krammer, K., Hugener, I., Biaggi, S., Frommelt, M., Auf der Maur, G. & Stürmer, K. (2016): Videos in der Ausbildung von Lehrkräften: Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung durch die Analyse von eigenen bzw. fremden Videos. In: Alexander Renkl (Hg.): Unterrichtswissenschaft, 44. Jg., H. 4: Julius Beltz GmbH & Co.KG (Förderung der professionellen Kompetenz von (angehenden) Lehrpersonen durch videobasierte Lernangelegenheiten, 4), 357–372.

Santagata, R. & Guarino, J. (2011): Using video to teach future teachers to learn from teaching. In: *ZDM Mathematics Education* 43 (1), 133–145

Schwindt, K. (2008): Lehrpersonen betrachten Unterricht. Kriterien für die kompetente Unterrichtswahrnehmung. Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann (Empirische Erziehungswissenschaft, Bd. 10).

Seidel, T., Blomberg, G. & Stürmer, K. (2010): "OBSERVER" - Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Unterricht. In: Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes. Weinheim, Basel: Beltz.

Seidel, T. & Shavelson, R. J. (2007): Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. In: *Review of Educational Research* 77 (4), 454–499

Seidel, T. & Sturmer, K. (2014): Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Preservice Teachers. In: *American Educational Research Journal* 51 (4), 739–771.

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), 107–125.

Stürmer, K., Seidel, T. & Schäfer, S., (2013): Changes in professional vision in the context of practice. In: *Gruppendyn Organisationsberat* 44 (3), 339–355.

Sunder, C., Todorova, M. & Möller, K., (2016): Förderung der professionellen Wahrnehmung bei Bachelorstudierenden durch Fallanalysen. Lohnt sich der Einsatz von Videos bei der Repräsentation der Fälle? In: Alexander Renkl (Hg.): Unterrichtswissenschaft, 44. Jg., H. 4: Julius Beltz GmbH & Co.KG (Förderung der professionellen Kompetenz von (angehenden) Lehrpersonen durch videobasierte Lernangelegenheiten, 4), 339–356.

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), 571–596.

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.

Lars Höft IPN Kiel
Sascha Bernholt

Einflussfaktoren auf die Wahl von Chemie als profilgebendes Fach

Profile konstituieren den Charakter der Oberstufe an Gymnasien in Schleswig-Holstein. Sie bestimmen maßgeblich den Fächerkanon, die Qualität und Quantität von Lernangeboten sowie thematische Schwerpunktsetzungen. Schülerinnen und Schüler können sich dabei zwischen fünf verschiedenen Profile (u.a. das naturwissenschaftliche Profil) entscheiden sowie ein Profil gebendes Fach (bspw. Chemie) wählen. Für die Schülerinnen und Schüler kann sich die Wahl des Profils als eine bedeutungsvolle persönliche Weichenstellung erweisen, da durch die hiermit einhergehenden Spezialisierung Berufsaspirationen beeinflusst werden, dergestalt, dass die spätere Wahl möglicher Berufsfelder wahrscheinlicher wird bzw. erstrebenswerter erscheint (bspw. Köller, Daniels, Schnabel, & Baumert, 2000). In Schleswig-Holstein entscheiden sich ca. 32,4% der Schülerinnen und Schüler für ein naturwissenschaftliches Profil (Kampa, Leucht, & Köller, 2016), von denen ca. 10% Chemie als Profil gebendes Fach aufweisen und auch die Anfängerquote in der MINT-Fächergruppe ist in Deutschland mit 40% sehr hoch (OECD, 2017).

Kurswahlentscheidungen und Berufsaspirationen werden u.a. durch Faktoren auf der System-, Schul- und Individualebene beeinflusst. Ein erklärungsmächtiges und etabliertes Wirkungsmodell für leistungsthematisches Verhalten stellt das erweiterte Expectancy-Value Modell (EV) dar, welches postuliert, dass Leistung bzw. leistungsbezogene Wahlentscheidungen durch eine Erwartungs-, eine Wertkomponente sowie deren Interaktion determiniert sind (Eccles & Wigfield, 2002; Nagengast et al., 2011). Die Erwartungskomponente bezieht sich auf Einschätzungen der Erfolgswahrscheinlichkeit während unter der Wertkomponente das Interesse / Enjoyment, die subjektive Wichtigkeit, Nützlichkeit und Kosten subsumiert werden. Selbstschemata wie das Fähigkeitsselbstkonzept und Leistungsziele nehmen eine Schüsselstellung in diesem Modell ein, weil sie als Mediator zwischen der Wahrnehmung der sozialen Umwelt (bspw. das Handeln der Lehrperson) sowie der Attribution bisheriger Lernerfahrungen und der Erwartungs- und Wertkomponente fungieren. Studien, die zur Vorhersage von Wahlentscheidungen auf die EV-Theorie rekurrieren, fanden, dass sich das Interesse und Selbstkonzept sowie deren Interaktion als prädiktiv für die Profil- bzw. Leistungskurswahl (Köller, Baumert, & Schnabel, 2001; Köller, Trautwein, Lüdtke, & Baumert, 2006; Nagy, Trautwein, Baumert, Köller, & Garrett, 2007; Steinmayr & Spinath, 2010) und Karriereaspirationen (Guo, Marsh, Parker, Morin, & Yeung, 2015; Nagengast et al., 2011; Taskinen, Schütte, & Prenzel, 2013) erwiesen. Diese Wahlentscheidungen werden zudem durch dimensionale Vergleiche und damit einhergehende Kontrasteffekte geprägt (Dickhäuser, Reuter, & Hilling, 2005; Jansen, Schroeders, Lüdtke, & Marsh, 2015; Nagy et al., 2007) und können je nach Gender und Fach bzw. Berufsbereich auf unterschiedliche Faktoren zurückzuführen sein. Die empirischen Befunden deuten zudem daraufhin, dass der MINT-Bereich selbst für Schülerinnen und Schüler mit hohem Interesse und hoher Leistung nicht die erste Wahl darstellt (Aeschlimann, Herzog, & Makarova, 2016; Steinmayr & Spinath, 2010).

Hiervon ausgehend sollen im Folgenden (1.) Determinanten für die Wahl von Chemie als Profil gebendes Fach bestimmt sowie (2.) die Auswirkung der Profilwahl auf zentrale kognitive und affektive Schülermerkmale sowie Berufspräferenzen analysiert werden.

Sample:
Die Stichprobe dieser Untersuchung setzt sich aus Schülerinnen und Schülern der 9. Klasse aus sieben Gymnasien in Schleswig-Holstein zusammen, die in einem längsschnittlichen Design über drei Messzeitpunkte (jährliche Erhebung) bis in die Jahrgangstufe 11 verfolgt wurden (N_{2015} = 508, N_{2016} = 520, N_{2017} = 402).

Instrumente:
In die Untersuchung fließen Variablen aus fünf Konstrukten ein. Es wurde ein Fachtest, der das Verständnis der Konzepte chemische Reaktion, Energie und Materie (Hadenfeldt, Liu, & Neumann, 2014; Hadenfeldt, Neumann, Bernholt, Liu, & Parchmann, 2016) erhob, ein Instrument zur Erfassung des Interesses an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten auf Grundlage des RIASEC+N-Modells (Blankenburg, Höffler, & Parchmann, 2016; Dierks, Höffler, Blankenburg, Peters, & Parchmann, 2016; Dierks, Höffler, & Parchmann, 2014), des Enjoyment, des Selbstkonzept (Schöne, Dickhäuser, Spinath, & Stiensmeier-Pelster, 2002; Sparfeldt, Schilling, Rost, & Müller, 2003) sowie der wahrgenommene Lehrerunterstützung (Fraser & Fisher, 1983) eingesetzt. Der Fachtest wurde mittels eines eindimensionalen 1PL-MG-Modell je Messzeitpunkt geschätzt und anhand eines verallgemeinerten Mean-Mean-Linkings skaliert (Haberman, 2009). Für die einzelnen Interessens-, Enjoyment- und Selbstkonzeptskalen wurde auf strikte Messinvarianz geprüft.

Methode und Ergebnisse:
Zur Bestimmung von Determinanten der Wahl von Chemie als profilgebendes Fach wurden logistische Regressionen gerechnet. Um der genesteten Struktur Rechnung zu tragen, wurden Mehrebenenanalysen eingesetzt und aufgenommen Variablen, mit Ausnahme des Genders, auf Klassenraumebenen z-standardisiert. Die Variable Teacher Support wurde als Level 2 Variable behandelt (ICC(1) = 0.18 und ICC(2) = 0.78). Es wurden zunächst separat drei Modelle (1. leistungsbezogene Variablen, 2. affektive und emotionale Variablen, 3. wahrgenommer Teacher Support) zur Vorhersage des Wahlverhaltens geschätzt, und anschließend signifikant Prädikatoren dieser drei Modelle in einem Gesamtmodell zusammengeführt (s. Tab. 1).

	Variable	B	SE	lower	Odds ratio	upper
	(Intercept)	-9.18***	1.79	0.00	0.00	0.03
Level 1	Gender	1.01**	0.35	1.40	2.74	5.53
	Chemienote	0.40.	0.23	0.96	1.49	2.36
	Konzeptverständnis	0.91*	0.32	1.34	2.48	4.74
	Selbstkonzept	-0.06	0.33	0.49	.94	1.78
	Enjoyment	1.46***	0.30	2.48	4.32	8.00
	Investigative	0.50	0.32	0.88	1.64	3.15
	Artistic	-0.53*	0.27	0.34	0.59	0.98
Level 2	Teacher Support	1.83***	0.48	2.57	6.27	18.73

Tab. 1: Logistische Regression zur Vorhersage der Wahl des Chemieprofils

Als bedeutsame positive Prädiktoren für die Wahl von Chemie als profilgebendes Fach erwiesen sich neben Gender das Konzeptverständnis, das Enjoyment, sowie die wahrgenommene Lehrerunterstützung. Das chemiebezogene Selbstkonzept ist jedoch nach Aufnahme der affektiven, emotionalen Variablen nicht mehr signifikant für die Wahlentscheidung (vgl. Steinmayr & Spinath, 2010). Eine mögliche Implikation für die Unterrichtspraxis könnte sein, dass in Klassenstufe 9 der Einsatz des formativen Assessments verstärkt werden sollte, um mehr Schülerinnen und Schüler für die Wahl des Chemieprofils zu gewinnen. Ein

zentraler Aspekt des formativen Assessments (Harlen, 2013) ist die Fokussierung des prozessbezogenen, individuellen Feedbacks, welches, so es als relevant wahrgenommen wird, sich positiv auf den Wissenserwerb und die Interessensausbildung auswirken kann (Harks, Rakoczy, Hattie, Besser, & Klieme, 2013), sodass alle drei relevanten Determinanten (das Konzeptverständnis, das Enjoyment, die Lehrerunterstützung) mithilfe dieser Methode gefördert werden könnten.

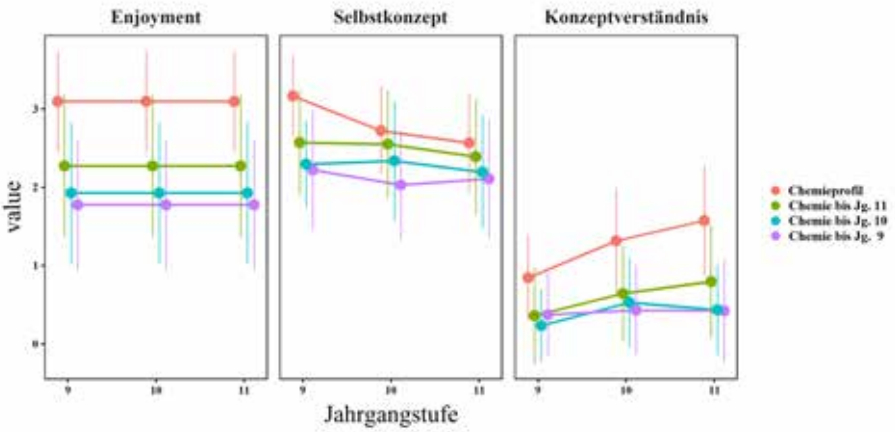


Abb. 1: Entwicklung zentraler Schülermerkmale in Abhängigkeit der Lerngelegenheiten

Anknüpfend an die Bestimmung von Determinanten der Wahl von Chemie als profilgebendes Fach wurden die Auswirkungen dieser Wahlentscheidung auf das Enjoyment, das fachbezogenen Selbstkonzept, das Konzeptverständnis sowie Berufspräferenzen analysiert. In Abb. 1 ist die Entwicklung der drei Schülermerkmale von Jahrgangsstufe 9 bis 11 aufgetragen, wobei zwischen vier Gruppen differenziert wurde: Schülerinnen und Schüler (1.) im Chemieprofil, (2.) mit durchgehendem Chemieunterricht, (3.) mit Chemieunterricht bis Jahrgangstufe 10 bzw. (4.) bis Jahrgangstufe 9. Es zeigen sich die bereits in der logistischen Regression gefunden Selektionseffekte, d.h. Schülerinnen und Schüler mit einem signifikant höherem Enjoyment, Selbstkonzept und Konzeptverständnis gehen in das Chemieprofil. Zudem deuten die Analysen auf parallele Verläufe des aggregierten Enjoyments und erwartungskonform auf eine Konvergenz des aggregierten Selbstkonzepts sowie auf einen Schereneffekt beim aggregierten Konzeptverständnis hin. Die Konvergenz des aggregierten Selbstkonzepts könnte auf den Big-Fish-Little-Pond-Effekt, soziale Vergleiche in neuen Klassenkompositionen, zurückzuführen sein. Gründe für den beobachteten Schereneffekt des Konzeptverständnisses könnten neben einer höheren Quantität und Qualität der Lerngelegenheiten im Chemieprofil zusätzlich positiv wirkende Kompositionseffekte sein (Köller, Schütte, Zimmermann, Retelsdorf, & Leucht, 2013). Abschließend wurden Berufspräferenzen erfasst und die Berufsfelder in einen MINT-nahen sowie einen MINT-fernen Bereich dichotomisiert. Dabei zeigte sich kein signifikanter Einfluss der Wahl des Chemieprofils auf die die Berufspräferenz. So präferierten sowohl von den Schülerinnen und Schüler im Chemieprofil als auch von denjenigen, die Chemieunterricht auf einem grundlegenden Niveau erhalten, etwa 50% einen Beruf in einen MINT-Bereich. Salient ist, dass jedoch etwa ein Drittel der Schülerinnen und Schüler, die Chemie bereits nach der 9. bzw. 10. Klasse abwählten, weiterhin einen MINT-nahen Beruf anstreben. Dies kann insofern problematisch sein, als dass möglicherweise wichtige Kompetenzen für den Einstig in den tertiären Bereich nicht erworben wurden und somit höhere Hürden für eine erfolgreichen Ausbildung vorliegen.

Literaturverzeichnis:

Aeschlimann, B., Herzog, W., & Makarova, E. (2016). How to foster students' motivation in mathematics and science classes and promote students' STEM career choice. A study in Swiss high schools. *International Journal of Educational Research*, *79*, 31–41. https://doi.org/10.1016/j.ijer.2016.06.004

Dickhäuser, O., Reuter, M., & Hilling, C. (2005). Coursework selection: A frame of reference approach using structural equation modelling. *The British journal of educational psychology*, *75*(Pt 4), 673–688. https://doi.org/10.1348/000709905X37181

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, *53*, 109–132. https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153

Guo, J., Marsh, H. W., Parker, P. D., Morin, A. J.S., & Yeung, A. S. (2015). Expectancy-value in mathematics, gender and socioeconomic background as predictors of achievement and aspirations: A multi-cohort study. *Learning and Individual Differences*, *37*, 161–168. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.01.008

Haberman, S. J. (2009). Linking Parameter Estimates Derived From an Item Response Model Through Separate Calibrations. *ETS Research Report Series*, *2009*(2), i-9. https://doi.org/10.1002/j.2333-8504.2009.tb02197.x

Harks, B., Rakoczy, K., Hattie, J., Besser, M., & Klieme, E. (2013). The effects of feedback on achievement, interest and self-evaluation: The role of feedback's perceived usefulness. *Educational Psychology*, *34*(3), 269–290. https://doi.org/10.1080/01443410.2013.785384

Harlen, W. (2013). *Assessment & inquiry-based science education: Issues in policy and practice*. Trieste, Italy: Global Network of Science Academies.

Jansen, M., Schroeders, U., Lüdtke, O., & Marsh, H. W. (2015). Contrast and assimilation effects of dimensional comparisons in five subjects: An extension of the I/E model. *Journal of Educational Psychology*, *107*(4), 1086–1101. https://doi.org/10.1037/edu0000021

Kampa, N., Leucht, M., & Köller, O. (2016). Mathematische Kompetenzen in unterschiedlichen Profilen der gymnasialen Oberstufe. In J. Kramer, M. Neumann, & U. Trautwein (Eds.), *Abitur und Matura im Wandel* (pp. 161–187). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-11693-4_7

Köller, O., Baumert, J., & Schnabel, K. U. (2001). Does Interest Matter? The Relationship between Academic Interest and Achievement in Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, *32*(5), 448. https://doi.org/10.2307/749801

Köller, O., Daniels, Z., Schnabel, K. U., & Baumert, J. (2000). Kurswahlen von Mädchen und Jungen im Fach Mathematik: Zur Rolle von fachspezifischem Selbstkonzept und Interesse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *14*(1), 26–37. https://doi.org/10.1024//1010-0652.14.1.26

Köller, O., Schütte, K., Zimmermann, F., Retelsdorf, J., & Leucht, M. (2013). Starke Klasse, hohe Leistungen? *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *60*(3), 184–197. https://doi.org/10.2378/peu2013.art15d

Köller, O., Trautwein, U., Lüdtke, O., & Baumert, J. (2006). Zum Zusammenspiel von schulischer Leistung, Selbstkonzept und Interesse in der gymnasialen Oberstufe. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *20*(1/2), 27–39. https://doi.org/10.1024/1010-0652.20.12.27

Nagengast, B., Marsh, H. W., Scalas, L. F., Xu, M. K., Hau, K.-T., & Trautwein, U. (2011). Who took the "x" out of expectancy-value theory? A psychological mystery, a substantive-methodological synergy, and a cross-national generalization. *Psychological science*, *22*(8), 1058–1066. https://doi.org/10.1177/0956797611415540

Nagy, G., Trautwein, U., Baumert, J., Köller, O., & Garrett, J. (2007). Gender and course selection in upper secondary education: Effects of academic self-concept and intrinsic value. *Educational Research and Evaluation*, *12*(4), 323–345. https://doi.org/10.1080/13803610600765687

OECD. (2017). *Bildung auf einen Blick 2017*: W. Bertelsmann Verlag.

Steinmayr, R., & Spinath, B. (2010). Konstruktion und erste Validierung einer Skala zur Erfassung subjektiver schulischer Werte (SESSW). *Diagnostica*, *56*(4), 195–211. https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000023

Taskinen, P. H., Schütte, K., & Prenzel, M. (2013). Adolescents' motivation to select an academic science-related career: The role of school factors, individual interest, and science self-concept. *Educational Research and Evaluation*, *19*(8), 717–733. https://doi.org/10.1080/13803611.2013.853620

Alexander Engl
Björn Risch

Universität Koblenz-Landau,
Campus Landau

CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur
Ein Konzept zur Änderung der Einstellung im Bereich „Chemie und Natur“

Ausgangslage

Häufig werden mit dem Begriff „Chemie“ negative Assoziationen verbunden, wohingegen der Begriff „Natur“ durchweg positiv belegt ist (Krischer, 2015). Während in den beliebten Schulfächern Sport oder Biologie Teile des Unterrichts im Freien stattfinden, spielt sich der zumeist unbeliebte Chemieunterricht traditionell im Fachraum ab. Warum wagen wir nicht auch im Chemieunterricht den Schritt nach draußen – wo gerade dort die Naturwissenschaft ihren Ursprung hat?

Studien aus der Umweltpsychologie und naturwissenschaftlichen Fachdidaktik präsentieren empirische Evidenz, dass Naturkontakt dazu geeignet ist, Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern anzuregen. Kinder und junge Erwachsene sind zum einen konzentrierter nach einem 20-minütigen Spaziergang durch einen Park anstatt durch die Innenstadt (Taylor & Kuo, 2009), aber auch kreativer nach einem dreitägigen Ausflug ins Grüne (Atchley, Strayer & Atchley, 2012). Ein Erklärungsansatz dafür liefert die Attention Restoration Theory: In naturnaher Umgebung müssen weniger stresserzeugende Stimuli verarbeitet werden, sodass mehr Aufmerksamkeit für kognitive Herausforderungen zur Verfügung steht (Kaplan, 1995). Zudem werden positive Gefühle, wie Glücksempfinden (Bucher, 2009) und Handlungsmuster zum Beispiel Hilfsbereitschaft (Guéguen & Stefan, 2016) durch Naturkontakt ausgelöst. Die romantisierte Vorstellung von Natur wird im aktuellen Jugendreport Natur deutlich, bei dem 73% der befragten Jugendlichen der Aussage „Was natürlich ist, ist gut!“ zustimmen (Brämer, Knoll & Schild 2016). Sowohl der Kontakt zur Natur als auch der Genuss des Naturaufenthaltes sind die wesentlichen Faktoren zur Ausbildung von Naturverbundenheit (Roczen, 2011). Diese trägt mit Umweltwissen maßgeblich zum allgemeinen Umweltverhalten bei (Bogner & Kaiser, 2012). Auf Grundlage dieser theoretischen und empirischen Erkenntnisse deckt Imhof (2016) auf, dass lediglich die Verlegung des Lernorts nach draußen keinen Einfluss auf konative, kognitive und affektive Bereiche des Umweltbewusstseins hat: Sowohl die Probanden der Indoor- als auch der Outdoorgruppe wiesen nach einer Projektwoche zum Thema Klimawandel eine gesteigerte Handlungsmotivation und ein höheres Umweltwissen, jedoch keine Veränderung der Umwelteinstellung auf.

Folglich müssten die Vorteile des Unterrichts im Freiland, beispielsweise durch verstärkte Integration von naturnahen Kontexten, optimiert werden. Anhand dieser Kontexte könnte Fachwissen mit der Lebenswert verknüpft, Motivation und Interesse geweckt, die Lernleistung verbessert und eine naturwissenschaftliche Grundbildung ausgebildet werden (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007). Großes Potential haben dabei Kontexte, die für die Zielgruppe authentisch und relevant sind sowie eine außergewöhnliche Besonderheit darstellen (van Vorst, 2012). Angelehnt an das Unterrichtskonzept „Chemie im Kontext“ (Demuth, Gräsel, Parchmann & Ralle, 2008), könnte im Chemieunterricht so ein Bewusstsein für Naturphänomene und -prozesse entwickelt und die antagonistische Sichtweise zwischen Chemie und Natur vor Augen geführt werden. Dabei ist zu beachten, dass Schülerurteile sich nicht nur durch fachliche Erkenntnisse verändern, sondern vor allem Gefühle und Überzeugungen eine wichtige Rolle spielen (Parchmann & Menthe, 2006). Dadurch könnte sich die Einstellung im Bereich „Chemie und Natur“ verändern. Dass dies besonders gut mit handlungs- und erlebnisorientierten Aktivitäten direkt im Freiland gelingen kann, zeigt eine Meta-Studie von Stern, Powell & Hill (2014).

Das Unterrichtskonzept CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur

Die Kernidee des Unterrichtskonzepts CHEMIE PUR (Abb. 1) besteht darin, ausgewählte Chemiestunden in die Natur zu verlegen. Im Freiland werden so mit direkt vor Ort gewonnenen Stoffen Umweltprozesse experimentell erarbeitet. Ziel ist es, die von Schülerinnen und Schülern häufig als abstrakt und komplex empfundenen Inhalte des Chemieunterrichts mit alltäglichen und naturnahen Phänomenen in Einklang zu bringen. Als Ausgangspunkt für die Lerneinheiten in der Natur steht mit dem „Freilandmobil" ein Zirkuswagen zur Verfügung, der zu einem mobilen Umwelt-Freiland-Schülerlabor umgebaut wurde (Abb. 2). Hier erhalten Jugendliche die Möglichkeit, in einer authentischen Lernumgebung umwelt- und naturbezogene Themen zu erfahren und experimentell zu erarbeiten. Die CHEMIE PUR Lerneinheiten richten sich an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II und orientieren sich an folgenden Kriterien (Engl & Risch, 2015): (1) Experimente außerhalb des Klassenzimmers („Die Natur ist mein Labor"), (2) Reaktionen von Naturstoffen mit möglichst wenig Laborgeräten und -chemikalien, (3) Umweltprozesse, die am konkreten Anschauungsobjekt erklärt werden, (4) Inhaltliche Orientierung an den Basiskonzepten und (5) Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht. Bisher sind vier CHEMIE PUR Lerneinheiten entwickelt worden: Bodenanalyse mit organischen Säuren (Engl & Risch, 2014), Ätherischen Ölen auf der Spur (Engl, Schmelzer & Risch, 2017), Faszination Fluoreszenz – Sonnenschutz in der Natur (Engl & Risch, 2016a) und Farbenpracht im Freiland (Engl & Risch, 2016b). Für die Durchführung der Lerneinheiten erhalten Kleingruppen von zwei bis vier Schülerinnen und Schülern einen Koffer mit Laborgeräten, einem Reagenziensatz an Chemikalien, einem GPS-Gerät und einem Tablet-PC, über den die Versuchsvorschriften und zugehörigen GPS-Koordinaten der Standorte der jeweiligen Naturmaterialien abrufbar sind. So werden in der naturnahen Schulumgebung unterschiedliche Naturstoffe extrahiert und deren Eigenschaften experimentell untersucht.

Abb. 1: CHEMIE PUR Logo

Abb. 2: Freilandmobil Logo

Einbettung von CHEMIE PUR in die fachdidaktische Entwicklungsforschung

CHEMIE PUR orientiert sich am Paradigma der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger, Link, Hinz, Hußmann, Ralle & Thiele, 2012). Ziel dieser unterrichtsnahen Vorgehensweise ist es die oft beklagte Lücke zwischen Theorie und Praxis zu schließen. CHEMIE PUR ist sowohl konzeptionell mit starkem Bezug zur Unterrichtspraxis, als auch empirisch grundlagenorientiert ausgerichtet. Hierbei wird der Forschungsfrage nachgegangen, wie sich das Unterrichtskonzept CHEMIE PUR auf das Fach- und Sachinteresse, sowie auf die Naturverbundenheit und Einstellung zu Chemie und Natur von Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II auswirkt.

Forschungsdesign: An einer Evaluationsstudie mit Kontrollgruppendesign nahmen 191 Probanden aus 13 Grund- und Leistungskursen der Klassenstufe elf und zwölf teil. Folgende Hypothesen wurden geprüft: (H1) Bei beiden Vergleichsgruppen steigt das chemiebezogene Sach- und Fachinteresse an. (H2) Die Einstellung zu Chemie und Natur verbessert sich in

der Experimentalgruppe. (H3) Die Naturverbundenheit nimmt in der Experimentalgruppe zu. Die Datenerhebung erfolgte mittels Fragebögen zum Pre-, Post- und Follow-Up-Testzeitpunkt. Das Forschungsdesign wurde bereits von Engl & Risch (2017) veröffentlicht.

Erste Ergebnisse: Die eingesetzten Skalen lieferte bei einer Itemanalyse Werte im akzeptablen Bereich (Trennschärfe $r_{it} \geq 0.32$, Schwierigkeit nach Dahl $21 > d < 81$, Cronbach's $\alpha \geq 0.62$). Anhand einer konfirmatorischen Faktorenanalyse mit robustem Schätzer für geschachtelte Daten (MLR) wurde die starke Messäquivalenz über die drei Testzeitpunkte bestätigt ($\chi^2 < 3*df$ oder $p \geq 0.5$, CFI & TLI ≥ 0.95, RSMA ≤ 0.08 oder $p \geq 0.05$, SRMR ≤ 0.08). Aufgrund von fehlenden Werten wurde ein latentes Veränderungsmodell mit FIML-Schätzer, itemspezifischen Faktoren sowie Experimental- und Kontrollgruppe als Prädiktor genutzt. Dadurch konnten 188 Probanden längsschnittlich ausgewertet werden ($n_{EG} = 101$, $n_{KG} = 87$, Alter: $M = 17$ Jahre, $SD = 0.8$; ♀ = 48 %, $n_{♀} = 91$).

Die Analyse der Kontrollvariablen ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe im Pre-Test in Bezug auf das Alter ($t(183) = -1.7$, $p = 0.09$, $d = 0.25$) Geschlecht ($\chi^2(1) = 0.002$, $p = 0.97$, OR = 1.06), die Zeugnisnoten in den Fächern Biologie ($t(178) = 0.7$, $p = 0.49$, $d = 0.10$), Chemie ($t(179) = 0.2$, $p = 0.85$, $d = 0.03$) und Geografie ($t(170) = 0.9$, $p = 0.39$, $d = 0.13$), den Zeugnisgesamtschnitt ($t(161) = 0.3$, $p = 0.79$, $d = 0.04$) oder das Fähigkeitsselbstkonzept ($t(183) = -0.6$, $p = 0.57$, $d = -0.09$). Allerdings wiesen die Probanden der Experimentalgruppe mit einem kleinen Effekt ein signifikant höheres Fachwissen im Pre-Test auf, als die Probanden der Kontrollgruppe ($t(183) = -2.3$, $p = 0.02$, $d = -0.34$), sodass vergleichbare Subgruppen gebildet werden mussten. Die Parallelisierung berücksichtigte die Zugehörigkeit zu Grund- und Leistungskursen sowie zur Klassenstufe elf und zwölf. Die Prüfung der Lernwirksamkeit im Pre-Post-Vergleich ergab, dass die Experimentalgruppe mit einem kleinen Effekt einen signifikant höheren Wissenszuwachs erreichte, als die Kontrollgruppe (Interaktion Pre-Post: $p < 0.001$, $d = -0.44$, $\chi^2(13) = 14.1$ und $p = 0.36$, CFI & TLI = 1.00, RSMA = 0.03 und $p = 0.61$, SRMR = 0.05).

Die hypothesenbezogenen Ergebnisse der Veränderungsmodelle sind im Folgenden aufgeführt: (H1) Das Fach- und Sachinteresse bleibt bei beiden Gruppen im Pre-Post-Vergleich konstant (z. B. Sachinteresse Interaktion T1-T2: $p > 0.05$, $d < 0.2$, $\chi^2(35) = 57.8$ und $p = 0.009$, CFI & TLI = 0.98, RSMA = 0.06 und $p = 0.27$, SRMR = 0.08). (H2) Der Pre-Post-Vergleich zeigt in der Experimentalgruppe mit einem kleinen Effekt eine einseitig getestete signifikant positivere Einstellung zu Chemie und Natur, als in der Kontrollgruppe (Interaktion T1-T2: $p = 0.03$, $d = 0.45$, $\chi^2(35) = 56.2$ und $p = 0.013$ CFI = 0.98, TLI = 0.97, RSMA = 0.06 und $p = 0.32$, SRMR = 0.07). (H3) Die Naturverbundenheit verändert sich im Pre-Post-Vergleich bei beiden Gruppen nicht (Interaktion T1-T2: $p > 0.05$, $d < 0.2$, $\chi^2(35) = 38.6$ und $p = 0.31$, CFI & TLI = 1.00, RSMA = 0.02 und $p = 0.88$, SRMR = 0.04).

Die mehrfaktorielle Varianzanalyse der begleitenden Daten deckt signifikante Unterschiede im aktuellen Interesse an den Themen der Lerneinheiten zwischen den Gruppen aber auch innerhalb der Gruppen auf: Im zusammenfassenden Vergleich schätzen die Probanden der Kontrollgruppe ihre Lerneinheiten mit einem kleinen Effekt signifikant interessanter ein, als die Probanden der Experimentalgruppe ($F(1, 760) = 20.5$, $p < 0.001$, $f = 0.16$). Dieser Unterschied kommt zustande, weil beispielsweise das aktuelle Interesse an den Lerneinheiten „Dem Blut auf der Spur" und „Kunterbunte Farbenpracht" der Kontrollgruppe mit einem kleinen Effekt signifikant höher ist, als an den Lerneinheiten „Bodenanalyse mit organischen Säuren" und „Farbenpracht im Freiland" der Experimentalgruppe ($F(6, 760) = 2.6$, $p = 0.02$, $f = 0.14$). Die unterschiedliche Ausprägung des aktuellen Interesses liegt hauptsächlich an einem besonders interessierten Leistungskurs in der Kontrollgruppe, der beispielsweise im Vergleich zu sechs Kursen in der Experimentalgruppe aber auch zu vier Kursen in der Kontrollgruppe die Lerneinheiten mit einem mittleren Effekt signifikant interessanter einstuft ($F(12, 755) = 28.6$, $p < 0.001$, $f = 0.38$). Es gibt keine geschlechtsspezifischen Unterschiede des aktuellen Interesses innerhalb der Lerneinheiten ($F(1, 752) = 2.4$, $p > 0.05$, $f < 0.10$).

Literatur

Atchley, R. A., Strayer, D. L. & Atchley, P. (2012). Creativity in the Wild: Improving Creative Reasoning through Immersion in Natural Settings. PLOS one, 7 (12), https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051474

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

Bogner, F. & Kaiser, F. (2012). Umweltbewusstsein, ökologisches Verhalten und Umweltwissen: Modell einer Kompetenzstruktur für die Umweltbildung. In H. Bayrhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer & H.-G. Weigand (Hrsg.), Formate Fachdidaktischer Forschung. Münster: Waxmann, 163-182

Brämer, R., Knoll, H. & Schild, H.-J. (2016). Natur Nebensache? 7. Jugendreport Natur 2016. Erste Ergebnisse. Köln: Universität Köln

Bucher, A. (2009). Was Kinder glücklich macht? Eine glückspsychologische Studie des ZDF. In: M. Schächter (Hrsg.), Wunschlos glücklich? Konzepte und Rahmenbedingungen einer glücklichen Kindheit. Baden-Baden: Nomos Verlag, 94-198

Demuth, R. Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (2008). Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts. Münster: Waxmann

Engl, A., & Risch, B. (2014). CHEMIE PUR: Unterrichten im Freiland mit Naturstoffen – Eine interaktiv-experimentelle Bodenrallye. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 144 (6), 34-37

Engl, A. & Risch, B. (2015). CHEMIE PUR - Unterrichten in der Natur. 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, 546-548

Engl, A. & Risch, B. (2016a). Natural Chemistry - Outdoors!. Green Teacher, 109 (1), 39-42

Engl, A. & Risch, B. (2016b). CHEMIE PUR: Farbenpracht im Freiland - Eine Lerneinheit zu Naturfarbstoffen. Praxis der Naturwissenschaften Chemie in der Schule, 65 (8), 45-49

Engl, A. & Risch, B. (2017). Chemie Pur – Unterrichten in der Natur: Ein Konzept zur Förderung des Interesses und Änderung der Einstellung im Bereich „Chemie und Natur“. In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Regensburg: Universität Regensburg, 95-98

Engl, A., Schmelzer, A. & Risch, B. (2017). CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur: Ätherischen Ölen auf der Spur. CHEMKON, angenommen

Guéguen, N. & Stefan, J. (2016). “Green Altruism” Short Immersion in Natural Green Environments and Helping Behavior. Environment and Behavior, 48 (2), 324-342

Imhof, A. (2016). Outdoorlernen. Wirksamkeitsvergleich von Umweltunterricht innerhalb und außerhalb des Schulzimmers am Beispiel des Themenkomplexes Klimawandel. Zürich: ETH Zürich

Kaplan, S. (1995). The Restorative Benefits of Nature: Toward an Integrative Framework. Journal of Environmental Psychology, 15 (3), 169-182

Krischer, D. (2015). „…natürlich Chemie!“ Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten. Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufen I und II. Siegen: Universität Siegen

Parchmann, I. & Menthe, J. (2006). Von Anfang an. Nachhaltigkeit durch Chemieunterricht. In M. Angrick, K. Kümmerer & L. Meinzer (Hrsg.), Nachhaltige Chemie. Erfahrungen und Perspektiven. Marburg: Metropolis, 115-128

Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Ralle, B., Thiele, J. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. Der mathematisch naturwissenschaftliche Unterricht, 65 (8), 452-457

Roczen, N. (2011). Environmental competence. The interplay between connection with nature and environmental knowledge in promoting ecological behavior. Eindhofen: Eindhofen University of Technology

Stern, M., Powell, R. & Hill, D. (2014). Environmental education program evaluation in the new millennium: what do we measure and what have we learned?. Environmental Education Research, 20 (5), 581-611

Taylor, A. F. & Kuo, F. E. (2009). Children With Attention Deficits Concentrate Better After Walk in the Park. Journal of attention disorders, 12 (5), 402-409

van Vorst, H. (2012). Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie. Berlin: Logos Verlag

Vanessa Pupkowski[1]
Elke Sumfleth[1]
Maik Walpuski[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Kompetenzmessung in der Chemie und der Einfluss affektiver Faktoren

Theoretischer Hintergrund

Die fachspezifische Erfassung der Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in großen Schulleistungsstudien, wie z. B. bei der Überprüfung der Bildungsstandards, fokussiert in der Regel auf den kognitiven Teil der Weinert'schen Kompetenzdefinition (Klieme & Leutner, 2006). Der affektive Teil der Kompetenzdefinition bleibt weitestgehend unberücksichtigt. Wise und DeMars (2005) konnten jedoch zeigen, dass bei der Messung von Kompetenzen die aktuelle und gemessene Kompetenz nur dann hoch miteinander korrelieren, wenn die Motivation hoch ist. Zudem konnte in weiteren Studien gezeigt werden, dass sich das Interesse positiv auf die Leistung in Testsituationen ausübt (Prenzel, Schütte & Walter, 2007; Liu Bridgemann & Adler, 2012). In dieser Studie wird daher der aufgabenspezifische Zusammenhang zwischen kognitiven und affektiven Faktoren untersucht.

Nach Krapp und Prenzel (1992) wird das Interesse definiert als Personen-Gegenstandbeziehung und lässt sich weiter differenzieren in situationales Interesse, das hervorgerufen wird durch einen spezifischen Gegenstand in einer bestimmten Situation, und individuelles Interesse als stabiles Persönlichkeitsmerkmal. In Testsituationen kann der spezifische Gegenstand eine Aufgabe darstellen. Daher lässt sich das Interesse sowohl auf Personenebene (situationales Interesse), als auch auf der Aufgabenebene (situationale Interessantheit der Aufgabe) darstellen. Für das individuelle Interesse kann nur ein Einfluss des Personenmerkmals auf die Bearbeitung der Aufgaben angenommen werden, während umgekehrt durch die kurzzeitige Auseinandersetzung mit einer Testaufgabe keine Beeinflussung des individuellen Interesses zu erwarten ist.

Nach Krapp (1998) liegt eine Auseinandersetzung mit einem Gegenstand nur dann vor, wenn diesem Gegenstand eine hinreichend bedeutsame Wertschätzung zugeordnet wird. Dies wird im Folgenden als Relevanz operationalisiert. Auch für diesen Faktor lässt sich eine Unterteilung in ein Aufgabenmerkmal (Relevanz der Aufgabe) und ein Personenmerkmal (persönliche Relevanz) operationalisieren.

Ein weiterer affektiver Faktor in diesem Zusammenhang stellt die Leistungsmotivation nach Wigfield & Eccles (2002) dar. Dabei handelt es sich um eine spezifische Form der Motivation, die im Zusammenhang mit der Messung von Kompetenzen in Testaufgaben relevant ist. Das entsprechende Erwartungs-Wert-Modell operationalisiert die Testmotivation und wird beschrieben durch die Aussicht auf Erfolg (Erwartung), die Wichtigkeit und dem zugeschrieben Nutzen (Wert). Auch hier können die Faktoren sowohl auf Aufgabenebene bestimmt werden (Erwartete Lösungswahrscheinlichkeit der Aufgabe und Wert der Aufgabe), sowie auf Personenebene (Erwartung und Wert). Die Erwartungskomponente der Leistungsmotivation ist eng verknüpft mit dem Fähigkeitsselbstkonzept, das wiederum ein Personenmerkmal darstellt.

Die Grundlage für die Messung von Chemiekompetenzen bilden die in den NBS beschriebenen Kompetenzbereiche. Bisherige Untersuchungen konnten zeigen, dass in der Biologie das Lösen von Aufgaben im Kompetenzbereich Bewertung höheres Interesse erzeugt als im Kompetenzbereich Fachwissen (Holstermann & Bögeholz, 2007). An dieser Stelle soll nun untersucht werden, welchen aufgabenspezifischen Einfluss affektive Faktoren auf die Aufgabenschwierigkeit sowie die Personenfähigkeit haben. Zudem wird angenommen, dass dieser Einfluss im Kompetenzbereich Bewertung höher ist als im Kompetenzbereich Fachwissen.

Methode und Design

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen kognitiven und affektiven Faktoren wurde ein Testinstrument im Fach Chemie entwickelt, das die Leistung (kognitiv) und den aufgabenbezogenen Einfluss von Motivation und Interesse (affektiv) erhebt.

Für die Leistungsmessung wurden Items mit identischen kognitiven Anforderungen (nach Walpuski et al., 2010) zu den Kompetenzbereichen Fachwissen und Bewertung entwickelt. Dieses Testinstrument wurde in einer Pilotstudie eingesetzt und ausgewertet. 128 Items dieses Testinstruments (64 Items zum Fachwissen und 64 Items zur Bewertungskompetenz im offenen und Multiple-Choice-Single-Select Format) wurden anschließend in einer Hauptstudie zusammen mit einem Fragebogen eingesetzt. Die Items des Fragebogens wurden in einem Embedded-Design im Anschluss an jede Aufgabe vorgelegt. Dabei wurden Items zum situationalen Interesse (3 Items) und der Relevanz (3 Items) verwendet, um den aufgabenspezifischen Einfluss des Interesses zu erheben. Zusätzlich wurden Items eingesetzt, die die aufgabenspezifische Motivation erheben (4 Items Wert, 3 Items Erwartung; Boekarts, 2002; Sundre, 2007). Auch die Anstrengungsbereitschaft (5 Items, Sundre, 2007) wurde aufgabenbezogen mit erhoben. Aufgabenunabhängig wurde das individuelle Fachinteresse und das Fähigkeitsselbstkonzept mit je 5 Items erhoben (Kölbach, 2011).

Die Testhefte wurden im Multi-Matrix-Design eingesetzt und über Brücken-Items verlinkt. Jedes Testheft enthielt 2 Aufgaben, eine Aufgabe zum Kompetenzbereich Fachwissen und eine Aufgabe zum Kompetenzbereich Bewertung (je 4 Items) und den Fragebogen im embedded Design. Die Datenerhebung wurde an Schulen in NRW zum Ende des mittleren Schulabschlusses durchgeführt (N = 1899, 51.7 % ♂, M(Alter) = 15.18, SD = 0.87).

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe von IRT Analysen, sowie Korrelationsanalysen und Regressionsmodellen.

Ergebnisse

Für die Analyse wurden nur Datensätze verwendet, bei denen Aufgaben zu beiden Kompetenzbereichen und die dazugehörigen Fragebögen bearbeitet wurden. Daher verringert sich die Stichprobengröße auf N = 1543. Für Aussagen auf Aufgabenebene wurden personenzentrierte Rasch-Analysen durchgeführt, für Aussagen auf Personenebene itemzentrierte Analysen.

Analyse des Kompetenztests

Zunächst wurde eine Dimensionsanalyse durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass es sich bei dem eingesetzten Kompetenztest um 2 Skalen handelt, die die beiden Kompetenzbereiche Fachwissen und Bewertung abbilden. Eine Überprüfung mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests belegt dies (Δ Deviance = 5635.584, $p \leq .001$). Anschließend wurden die Items der Skalen hinsichtlich ihrer Kennwerte untersucht und es ließ sich zeigen, dass 126 Items gute Item-fit Werte aufzeigen (Fachwissen: N = 63, $0.88 \leq$ wMNSQ ≤ 1.11, $.21 \leq r \leq .80$; Bewertung: N = 63, $0.85 \leq$ wMNSQ ≤ 1.17, $.44 \leq r \leq .80$). Die Itemreliabilität liegt in einem sehr guten Bereich (.958), so dass die Itemschwierigkeiten sehr gut geschätzt werden können. Die Personenreliabilitäten ($EAP/PV_{Fachwissen}$ .538; $EAP/PV_{Bewertung}$ .505) liegen in einem eher geringen Bereich. Dies ist darauf zurück zu führen, dass die Schülerinnen und Schüler pro Skala nur 4 Items beantwortet haben.

Ein Vergleich der Itemschwierigkeiten zwischen den Kompetenzbereichen zeigt, dass die Items zum Kompetenzbereich Bewertung signifikant leichter sind als zum Kompetenzbereich Fachwissen ($t(124) = -7.426$, $p \leq .001$, $d = 1.323$).

Analyse des Fragebogens

In einem ersten Schritt wurde eine Dimensionsanalyse durchgeführt, um zu überprüfen, ob die theoretisch angenommenen Skalen Interesse und Motivation empirisch voneinander trennbar sind. Es konnte mit Hilfe eines Chi-Quadrat-Tests gezeigt werden, dass die Daten

ein 4-dimensionales Modell abbilden: Situationales Interesse und Relevanz als Faktoren zum Interessenskonstrukt und Erwartung und Wert als Faktoren des Motivationskonstrukts ($p \leq .001$). Die Itemreliabilität (.965) und auch die Personenreliabilitäten ($.810 \leq EAP/PV \leq .909$) liegen in einem sehr guten Bereich, so dass Itemschwierigkeiten und Personenfähigkeiten sehr gut geschätzt werden können. Die Skala zum Faktor Anstrengungsbereitschaft wurde in einem Eindimensionalen Modell berechnet und zeigt auch zufriedenstellende Kennwerte auf (Itemreliabilität .969, EAP/PV .760). Anschließend wurden die Korrelationen der einzelnen Skalen untereinander bestimmt (siehe Tabelle 1).

	SI	R	E	W
R	$.976^{***}$			
E	$.661^{***}$	$.629^{***}$		
W	$.847^{***}$	$.827^{***}$	$.773^{***}$	
A	.109	.053	.245	.252

Tab. 1 Korrelationsanalysen der affektiven Faktoren (SI = Situationales Interesse, R = Relevanz, E = Erwartung, W = Wert, *** $p \leq .001$)

Analyse des Einflusses affektiver Faktoren auf die Aufgabenschwierigkeit

Um den Einfluss der affektiven Faktoren auf die Aufgabenschwierigkeiten zu bestimmen, wurden zunächst Korrelationsanalysen zwischen den Aufgabenmerkmalen berechnet. Dabei zeigte sich, dass die Aufgabenschwierigkeiten für den gesamten Kompetenztest mit den Faktoren Situationale Interessantheit ($r = -.411^{*}$), Relevanz der Aufgabe ($r = -.355^{*}$), Erwartete Lösungswahrscheinlichkeit ($r = -.874^{***}$) und Wert der Aufgabe ($r = -.496^{**}$) korrelieren. Die negativen Korrelationen zeigen, dass mit steigender Aufgabenschwierigkeit das Interesse und die Motivation sinken. Betrachtet man die Aufgabenschwierigkeiten getrennt nach Kompetenzbereich, so stellt sich heraus, dass nur noch die erwartete Lösungswahrscheinlichkeit mit der Aufgabenschwierigkeit korreliert (Fachwissen $r = -.571^{*}$; Bewertung $r = -.775^{***}$). Dabei zeigt sich zusätzlich, dass der Zusammenhang zwischen Aufgabenschwierigkeit und erwarteter Lösungswahrscheinlichkeit im Kompetenzbereich Bewertung höher ist als im Kompetenzbereich Fachwissen.

Durch Berechnung von Regressionsmodellen wurde die Varianz der Aufgabenschwierigkeit bestimmt. Dabei zeigt sich, dass sich die Aufgabenschwierigkeit für den gesamten Kompetenztest zu 85 % durch die Faktoren erwartete Lösungswahrscheinlichkeit ($\beta = -1.219^{***}$) und Wert der Aufgabe ($\beta = 0.447^{***}$) aufklären lässt. Getrennt nach Kompetenzbereichen zeigt sich, dass sich die Aufgabenschwierigkeit im Kompetenzbereich Fachwissen zu 33 % durch den Faktor erwartete Lösungswahrscheinlichkeit ($\beta = -0.571^{*}$) aufklären lässt, im Kompetenzbereich Bewertung zu 80 % durch die Faktoren erwartete Lösungswahrscheinlichkeit ($\beta = -1.316^{***}$) und Wert der Aufgabe ($\beta = 0.702^{**}$). Bei Betrachtung der hohen Varianzaufklärung ist zu beachten, dass bei der Konstruktion der Items gleiche kognitive Anforderungen nach dem ESNaS-Modell für alle Items gewählt wurden.

Analyse des Einflusses affektiver Faktoren auf die Personenfähigkeit

Für die Analyse wurde ein Regressionsmodell berechnet, bei dem die Personenmerkmale als Prädiktoren eingesetzt wurden und die Personenfähigkeit als abhängige Variable. Es lässt sich hier zeigen, dass die Faktoren situationales Interesse ($\beta = 0.057^{*}$), Erwartung ($\beta = 0.266^{***}$) und Anstrengungsbereitschaft ($\beta = 0.208^{***}$) die Varianz der Personenfähigkeit zu 20 % aufklären können. Das individuelle Interesse und das Fähigkeitsselbstkonzept zeigen keine weitere Aufklärung der Personenfähigkeit auf.

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. (1998). Entwicklung und Förderung von Interesse im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 45, 186-203.

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., 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.

Wise, S. L., & DeMars, C. E. (2005). Low examinee effort in low-stakes assessment. Problems and potential solutions. *Educational Assessment*, *10* (1), 1-17.

Rabea Wirth Universität Oldenburg
Verena Pietzner

Chemiebezogene Umweltschutzberufe – Berufsbilder im Schülerlabor

Für Jugendlichen ist eine Berufswahl zu treffen eine komplexe Aufgabe der Persönlichkeitsentwicklung, die durch verschiedene Interessengruppen beeinflusst wird. Zunächst sind die eigenen Interessen maßgeblich für die Berufswahl, wobei sich die Jugendlichen über eine längere Zeit mit den Inhalten des Berufes auseinandersetzen müssen (Taskinen, 2010; Krapp, 2006). Neben den eigenen Interessen werden noch weitere Einflussfaktoren in den Entscheidungsprozess einbezogen. Dazu gehören zum einen die Eltern und Geschwister, aber auch die Trends in den Peergroups sowie die Schule, die zu einem Berufswunsch beitragen können (Treptow, 2006; Beinke, 2000, 2004; Beierle, 2013). Damit ist Berufsorientierung ist eine wichtige Aufgabe des deutschen Bildungssystems, und eine Berufsfeldorientierung sollte in den Fachunterricht eingebunden werden; insbesondere vor dem Hintergrund der Vermittlung von Scientific Literacy. Im Kerncurriculum von Niedersachen für Naturwissenschaften steht: *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; OECD, 1999).
Für Untersuchungen zur Berufsorientierung sind zwei Theorien von besonderem Interesse. Holland geht in seiner Theorie davon aus, dass sich jedes Individuum in einen von sechs verschiedenen Persönlichkeitsmustern einordnen lässt. Die sechs Persönlichkeitsmuster werden in dem RIASEC-Modell zusammengefasst, wobei die sechs Buchstaben für die unterschiedlichen Persönlichkeitsmuster stehen. Holland postuliert, dass je eher ein Individuum in ein Persönlichkeitsmuster passt, desto stabiler sind beispielsweise berufliche und schulische Leistungen (Holland, 1966, 1997; Mosberger, Schneeweiß & Steiner, 2012). Jedoch ist es schwierig, die meisten Menschen in nur einen Persönlichkeitsmuster einzuordnen, weshalb Hollands Theorie von Nauta, Kahn, Angell & Cantarelli (2002) weiterentwickelt wurde. Sie greifen die Überlegung auf, dass ein Individuum neben seinem primären Persönlichkeitsmuster noch ein sekundäres und tertiäres Persönlichkeitsmuster besitzt, und entwickelten den so genannten Holland-Code. Beim Holland-Code beschrieben die drei Buchstaben das individuelle Persönlichkeitsmuster, wobei es sich wie bereits erwähnt um die sechs Persönlichkeitsmerkmale handelt. Beispielsweise sollte eine Lehrkraft in Naturwissenschaften folgendes Persönlichkeitsmuster haben: ISC (investigative, social, conventional).
Die zweite Theorie ist der Integrationsansatz von Linda Gottfredson (1981). Laut Gottfredson wird das persönliche Selbstkonzept eines Individuums schon im Kindesalter durch Geschlecht, Status und Interessensbereiche ausgebildet. Dieser Prozess verläuft in den vier Phasen: 1. Phase: Orientierung an Größe und Macht (3-5 Jahre), 2. Phase: Orientierung an Geschlechterrolle (6-8 Jahre), 3. Phase: Orientierung an Prestige (9-13 Jahre) und 4. Phase: Orientierung am inneren Selbst (14+ Jahren). Über diese vier Phasen entwickelt ein Individuum ein Selbst- und Berufskonzept, was zu einer Selektion führt. Ein Jugendlicher nimmt sich nach Gottfredson ab dem 14ten Lebensjahr als Individuum war und setzt sich dann ernsthaft mit passenden Berufen auseinander. Muss jedoch ein Kompromiss zwischen dem Selbst- und Berufskonzept gefunden werden, verlaufen die Phasen rückwärts. Sie werden dabei hierarchisch durchlaufen, keine Phase kann übersprungen werden. Dabei haben früher entwickelte Aspekte eine höhere Wirkung als später entwickelte. Das bedeutet, dass das Individuum bei der Berufswahl erst sein Interesse hinten anstellt und dann eher auf

Status verzichtet, als einen geschlechtsuntypischen Beruf zu erlernen. Somit nimmt das Geschlecht eine essentielle Rolle in der Berufswahl ein (Gottfredson, 1981; Kristen, 2007).
Ebenfalls wichtig für die Berufswahl eines Individuums ist die Selbstwirksamkeit. Das Konzept der Selbstwirksamkeit, die Bandura (1977, 1986, 1997) wie folgt definiert: „*Perceived self-efficacy is defined as people`s beliefs about their capabilities to produce designated levels of performance […]"* (Bandura, 1994). Die Selbstwirksamkeit wird durch die Handlungsfähigkeit und objektive Leistung eines Individuums beeinflusst. Es findet ein Abgleich zwischen Handlungs-Ergebnis-Erwartung und der Selbstwirksamkeit statt, was bedeutet: Ein Individuum muss sich die geforderte Handlung bzw. Leistung zutrauen, um Erfolg zu haben (Gebauer, 2013).
Bereits in den 50iger Jahren wurde der Notwenigkeit schulischer Berufsorientierung erkannt (Dedering, 2002). Es ist Aufgabe der Schulen und Lehrkräfte, die Jugendlichen mit Fertigkeiten, Kenntnissen und Fähigkeiten für die Berufswelt auszustatten und somit die Jugendlichen in allen Klassenstufen in ihrem Entwicklungsprozess zu unterstützen (Butz, 2008; Hinzt, Pöppel & Rekus, 1993). Allerdings sind fachspezifische Berufsorientierungen an Schulen nicht existent (Schudy, 2002; Haase, 2017). Es gibt lediglich Materialien, die auf die allgemeine Berufsfähigkeiten fokussieren, und verfolgt keinen roten Faden (Lump, 2002). Den Lernenden ist somit die Bandbreite chemischer Berufe nicht bewusst, wodurch stereotypische Vorstellungen dominieren (Haase, 2017).
Um Unterrichtsmaterialien für eine chemiebezogene Berufsfeldorientierung zu entwickeln und zu evaluieren, wurde ein Schülerlabor entwickelt. Der Fokus des Schülerlabors liegt auf chemischen Berufen im Umweltschutz. Folgende Berufe werden im Labor durch typische Tätigkeiten präsentiert: Landwirtschaftlich-technischer Assistent (Ausbildungsberuf), Umweltmanagementbeauftragter (Weiterbildungsberuf), Agrarbiologe (Studium) und Umweltwissenschaftler (Studium).
Das Schülerlabor wird mittels eines Fragebogens evaluiert. Der Fragebogen hat die folgenden Inhalte: Berufsorientierung an Schulen aus Sicht der Schüler, Bewertung von Tätigkeiten von chemischen Berufen in Bezug auf die Selbstwirksamkeit, Bewertung des experimentellen Handhabungen im Hinblick auf die Selbstwirksamkeit, Einschätzung des eigenen Chemieunterrichts, Angaben zum Besuch des Schülerlabors und persönliche Daten.
Auf diese Weise sollen die folgenden Fragen untersucht werden:

1. Wie wirkt sich das Schülerlabor auf die Selbstwirksamkeit der Schüler aus?
2. Was lernen die Schüler im Labor über chemische Berufe?
3. Welche Unterschiede bezüglich des Geschlechts oder des Alters der Schüler existieren in Bezug auf die Selbstwirksamkeit und beruflichen Vorstellungen?

Die erhobenen Daten wurden mit dem Programm SPSS 24 ausgewertet. nach einer deskriptiven Analyse wurde zur Datenreduktion eine Faktoranalyse durchgeführt und im Anschluss daran mit interferenzstatistischen Verfahren Unterschiede in Bezug auf Geschlecht, Doppeljahrgängen (7/8 und 9/10) und Schulform ausgewertet.
Die Stichprobe umfasst insgesamt 615 Lernende der Klassenstufen 7-10. Die Studie wurde in Niedersachen und Hessen durchgeführt. Die deskriptive Statistik ergab die folgenden Ergebnisse. Insgesamt waren 51% der Befragten weiblich und 49% männlich. Knapp 24% der Befragten waren Lernende aus dem Doppeljahrgang 7/8 und 76% der Befragten kamen aus dem Jahrgang 9/10. Ebenfalls ergab sich, dass die Anzahl der Schüler aus Realschule, Gymnasium, Ober- und Gesamtschule recht ausgeglichen sind, wohingegen nur knapp 2% der 615 Lernenden aus der Hauptschule kamen. Anschließend wurde die Reliabilität für die Fragen über typische Tätigkeiten in chemischen Berufen, Experimentieren im Schülerlabor und über den Chemieunterricht durchgeführt. Die Reliabilitäten liegen zwischen a=0,557 und a=0,939 und damit in einem akzeptablen Bereich.
Die Faktorenanalyse zu den Tätigkeiten ergab die zwei ergab zwei Faktoren *affektive Aspekte* sowie *Leistung*. Bei den Experimenten entstanden die zwei Faktoren *affektive*

Aspekte und *Verbesserung der Leistungen*. Die Item zum Chemieunterricht allgemein laden auf einen einzigen Faktor, und die Items zum Chemieunterricht im Hinblick auf chemische Fähigkeiten haben sich die folgenden vier Faktoren ergeben: *Kompetenz in der Chemie*, *soziale Aspekte*, *Selbstwirksamkeit in Nebenfächern* und *alltägliche Aspekte der Chemie*.
Bei der ersten Frage im Fragebogen sollen die Schüler angeben, ob sie einen Berufswunsch haben. Von den 615 Schülern haben 608 darauf antwortet und 450 haben schon einen Berufswunsch. Im Weiteren sollten die Schüler ihren Berufswunsch spezifizieren. Die Angaben der Schüler wurden dann mithilfe der Zuordnung der Bundesagentur für Arbeit in zehn verschiedenen Kategorien eingeordnet. Von den 450 Befragten haben insgesamt 391 einen konkreten Berufswunsch angegeben. Etwa 27% der Schülerinnen und Schüler können sich vorstellen, einen Beruf im Bereich Gesundheit, Soziales, Lehrer und Erziehung zu ergreifen. Dieser Bereich wird von dem Berufsbereich Naturwissenschaften, Geografie und Informatik gefolgt. Allerdings haben die Schüler meistens Informatik als Berufswunsch angegeben. Lediglich 2 % der Schülerinnen und Schüler haben einen chemischen Beruf als Berufswunsch angegeben.
Die oben genannten Faktoren werden mittels des Mann-Whitney-U-Tests näher untersucht. Die Faktoren Leistung (U = 32177,000, Z = -2,618**), Kompetenz in Chemie (U = 28087,000, Z = -1,709, p = 0,087), und Selbstwirksamkeit in Nebenfächern (U = 14948,000, Z = -9,924**) werden von Jungen als relevanter erachtet. Es ist also möglich Jungen über Leistungsaufgaben für chemische Berufe zu interessieren. Die Faktoren affektive Aspekt (U = 29696,000, Z = -3,971**), sowohl für Tätigkeiten und als auch für chemisches Experimentieren (U = 27067,500, Z = -3,270**) und soziale Aspekte (U = 23053,000, Z = -2,618**) sind für Mädchen von relevant. Die Ergebnisse für die Relevanz bei den Jungen bzw. Mädchen sind signifikant. Die Faktoren bei denen es keine signifikanten Unterschied zwischen Jungen und Mädchen gibt, sind: Verbesserung der Leistung (U = 31926,500, Z = -0,349), Aspekte im Chemieunterricht ((U = 33442,000, Z = -0,507) und Alltagsaspekte im Bereich Chemie (U = 30436,000, Z = -0,241). Besonders interessant ist der Aspekt bezüglich alltagsrelevant der Chemie, da dieser Aspekt für Jungen und Mädchen im Hinblick auf chemische Berufe. Im Weitern wurde untersucht, welche Faktoren für Schülerinnen und Schüler der 7/8 bzw. 9/10 Jahrgänge möglicherweise relevant sind. Die Lernenden der 9./10. Klassenstufen fanden die Faktoren Leistung im Bezug auf die Tätigkeit von chemischen Berufen (U = 21246,000, Z = -2,486*), soziale Aspekte im Chemieunterricht (U = 17933,000, Z = -2,045*) und affektive Aspekte im Bereich von Experimenten. Die ersten beiden Ergebnisse sind signifikant und der letzte Faktor liegt bei U = 19812,500, Z = -1,741, p = 0,082. Ebenfalls wurden die Schülerinnen und Schüler der unterschiedlichen Schulformen miteinander verglichen. Bei dem Vergleich von Lernenden der Gesamtschule und dem Gymnasium, haben die Lernenden die folgenden Faktoren für relevant gehalten: Leistung bei chemischen Tätigkeiten(U = 9480,000, Z = -2,165**), affektive Aspekte bei Experimenten (U = 8437,000, Z = -1,774, p = 0,076), Verbesserung der Leistung (U = 7919,000, Z = -2,534**) und Selbstwirksamkeit in Nebenfächern (U = 7133,000, Z = -3,599*). Bei dem Vergleich zwischen Ober- und Gesamtschule sind für Lernende der Oberschule die Leistungen in der Tätigkeit relevanter (U = 5402,000, Z = -1,785, p = 0,074), wohingegen die Lernenden der Gesamtschule soziale Aspekte als relevanter empfinden (U = 4766,000, Z = -1,789, p = 0,074).
Insgesamt lässt die Studie erkennen, dass die Schüler durchaus einen Berufswunsch haben, der Bereich Chemie hat dabei allerdings eine geringe Relevanz. Bei ausreichenden Informationen zu chemischen Berufen können sich die Schüler vorstellen einen zu ergreifen. Es gibt zudem signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen im Bezug auf Tätigkeiten von chemischen Berufen und chemischen Experimenten.
Wir bedanken uns bei der DBU für die Förderung des Projektes.

Literatur

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. Psychological Review, 84 (2), 191–215.

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action. New Jersey: Pren-tice-Hall Inc.

Bandura, A. (1994). Self-Efficacy. In V. S. RAMACHAUDRAN (Hrsg.), Encyclopedia of Human Behavior. 71-81, New York: Academic Press.

Bandura, A. (1997). Self-Efficacy. The Exercise of Control. New York: Freeman.

Beierle, S. (2013). Die Rolle von Peers, Neuen Medien und Online-Communities bei der Berufsorientierung. Eine Expertise des Deutschen Jugendinstituts.
Verfügbar unter: http://www.allianz-fuer-jugend.de/downloads/Peers_DJI_Expertise.pdf, Zugriff am 28.11.2016.

Beinke, L. (2000). Elterneinfluß auf die Berufswahl. Bad Honnef: Bock.

Beinke, L. (2004). Der Einfluss von Peer Groups auf das Berufswahlverhalten von Jugendlichen. In N. BLEY, M. RULLMANN (Hrsg.), Übergang Schule und Be-ruf. Aus der Praxis für die Praxis. 249–265. Recklinghausen: Forschungs-institut Arbeit, Bildung, Partizipation.

Butz, B. (2008). Grundlegende Qualitätsmerkmale einer ganzheitlichen Berufsorientierung. In G. Famulla, U. Michaelis, V. Möhle, B. Butz, S. Deeken (Hrsg.), Berufsorientierung als Prozess. Persönlichkeit fördern, Schule ent-wickeln, Übergang sichern. Ergebnisse aus dem Programm Schule-Wirtschaft/Arbeitsleben. 42 - 62. Schneider Hohengehren: Baltmannsweiler.

Dedering, H. (2002). Entwicklung der schulischen Berufsorientierung in der Bundesrepublik Deutschland. In J. SCHUDY (Hrsg.), Berufsorientierung in der Schule. Grundlagen und Praxisbeispiele. 17–32. Rieden: Klinkhardt.

Gebauer, M. (2013). Determinanten der Selbstwirksamkeitsüberzeugung von Leh-renden. Schulischer Berufsalltag an Gymnasien und Hauptschulen. Wiesba-den: Springer.

Gottfredson, L. (1981). Circumscription and Compromise: A developmental Theo-ry of Occupational Aspirations. Journal of Counseling Psychology, 28 (6), 545–579.

Haase, L., (2017). Kenntnisse, Einstellungen und Bewertung von Jugendlichen bezüglich chemischer Berufe. Dissertation, Universität Oldenburg.

Hintz, D., Pöppel, K. & Rekus, J. (Hrsg.). (1993). Neues schulpädagogisches Wörterbuch. Weinheim, München: Juventa.

Holland, J. L. (1966). The psychology of vocational choice: A theory of personality types and model environments. Waltham: Blaisdell Pub. Co.

Holland, J. L. (1997). Making Vocational Choices: A Theory of Vocational Personalities and Work Environments. (3. Auflage). Odessa: Psychological Assessment Ressources.

Kirsten, B. (2007). Prädiktoren einer Studienwahlentscheidung Die Entwicklung eines Studienwahlmodells auf Basis der „Theory of Circumscription and Compromise“ nach Gottfredson (1981) (Dissertation). Universität Wuppertal. Verfügbar unter: http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/edocs/dokumente/fbg/psychologie/diss2007/kirsten/dg0702.pdf, Zugriff am 03.01.2017.

Krapp, A. (2006). Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessen-handlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In D. ROST (Hrsg.), Handwörterbuch Pädagogi-sche Psychologie. 281–289. Weinheim: Beltz.

Kultusministerkonferenz. (2007). Kerncurriculum für die Realschule. Schuljahr-gänge 5 -10. Naturwissenschaften. Hannover: Unidruck.

Oecd. (1999). Measuring student knowledge and skills. A New Framewor for Assessment. Paris. 60.

Lumpe, A. (2002). Gestaltungswille, Selbstständigkeit und Eigeninitiative als wichtige Zielperspektiven schulischer Berufsorientierung. In J. SCHUDY (Hrsg.), Berufsorientierung in der Schule. Grundlagen und Praxisbeispiele. 107–124, Rieden: Klinkhardt.

Mosberger, B., Schneeweiß, S. & Steiner, K. (2012). Praxishandbuch. Theorien der Bildungs- und Berufsberatung. (1. Auflage). Wien: Communicatio- Kommunikations- und Publikations GmbH

Nauta, M., Kahn, J., Angell, J & Cantarelli, E. (2002). Identifying the anteced-ent in the relation between career interests and self-eficacy: Is it one, the oth-er, or both. Journal of Counseling Psychology, 49 (3), 290–301.

Schudy, J. (2002). Berufsorientierung als schulstufen- und fächerübergreifende Aufgabe. In J. SCHUDY (Hrsg.), Berufsorientierung in der Schule. Grundla-gen und Praxisbeispiele. 9–16. Rieden: Klinkhardt

Taskinen, P. (2010). Naturwissenschaften als zukünftiges Berufsfeld für Schülerin-nen und Schüler mit hoher naturwissenschaftlicher und mathematischer Kompetenz Eine Untersuchung von Bedingungen für Berufserwartungen. (Dissertation). Universität Kiel. Verfügbar unter: http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00005685, Zugriff am 06.12.2016.

Treptow, E. (2006). Bildungsbiografien von Lehrerinnen und Lehrern. Eine empiri-sche Untersuchung unter Berücksichtigung geschlechtsspezifischer Unter-schiede. Münster: Waxmann.

Anja Lembens Universität Wien
Katrin Reiter

Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Thema ‚Säuren und Basen' – Eine Herausforderung für die LehrerInnenbildung

Dieser Artikel gibt Einblicke in die Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden zum Thema ‚Säuren und Basen' und zeigt die Veränderungsresistenz ihrer in die Lehrveranstaltung mitgebrachten Vorstellungen. Anhand ausgewählter Daten auf der Basis eines Erhebungsbogens wird gezeigt, wie fragil das neu erworbene Wissen der Studierenden ist. Mögliche Gründe für die offensichtlichen Schwierigkeiten der Studierenden werden im Anschluss kurz angerissen.

Die Ausgangslage

Das Kapitel 'Säuren und Basen' ist im österreichischen Chemielehrplan für die Sekundarstufe fest verankert. Der Lehrplan definiert Säure-Base-Reaktionen als Protonenübertragungsreaktionen und bettet sie in das Basiskonzept ‚Donator-Akzeptor-Konzept' ein. Dementsprechend werden in allen Chemieschulbüchern Säuren und Basen nach dem Modell von Brønsted definiert. Konsequenterweise ist dies auch Gegenstand fachdidaktischer Auseinandersetzungen in der Lehramtsausbildung an der Universität Wien. Aufgabe des Lehramtsstudiums ist es, angehenden LehrerInnen zu ermöglichen, eine belastbare Brücke zwischen ihrem chemischen Fachwissen zu diesem und anderen Themen und ihrem Wissen über angemessene Unterrichtsstrategien aufzubauen, um diese erfolgreich in der Schule unterrichten zu können. Die Lehrveranstaltung 'Einführung in die Didaktik der Chemie' bietet eine Gelegenheit, erste Schritte zum Aufbau eines angemessenen Pedagogical Content Knowledge (PCK) (vgl. Gess-Newsome, 2015) zu gehen.

Die Lehrveranstaltung

Um mit den Studierenden in die Diskussion über die Bedeutung von SchülerInnenvorstellungen für das Lehren und Lernen einzusteigen, wird zu Beginn der Lehrveranstaltung ein Erhebungsbogen, der typische SchülerInnenvorstellungen zu ‚Säuren und Basen' adressiert, eingesetzt und diskutiert. Ziel ist es, die Studierenden für ihre eigenen (Fehl-)Vorstellungen zu sensibilisieren und dadurch einen Conceptual Change zu initiieren. Anschließend werden ausgewählte Artikel aus wissenschaftlichen Journals und LehrerInnen-zeitschriften bearbeitet, die sich mit SchülerInnenvorstellungen im Allgemeinen und in Bezug auf ‚Säuren und Basen' beschäftigen (z. B. Garnett et al. 1995; Kind 2004; Barke 2015). Die Problematiken einer unklaren Sprache, der Vermischung von Phänomen- (Stoff-) und Teilchen- (Submikro-)ebene sowie der Vermischung verschiedener Säure-Base-Modelle und die unausweichlich daraus folgende Verwirrung der Lernenden werden explizit in der Diskussion mit den Studierenden thematisiert. Nach der gemeinsamen Formulierung von Big Ideas zum Thema ‚Säuren und Basen' und der Ausarbeitung von didaktischen Über-legungen in Form von CoRes (Content Representations) nach Loughran et al. (2012) planen die Studierenden 15-minütige Lerngelegenheiten (Mikroteachings). Diese Mikroteachings, die auf eine ausgewählte Big Idea und eine zu erwerbende Kompetenz zielen, werden videographiert. Die Videos sind Grundlage für die Erstellung einer schriftlichen Reflexion über eine gelungene und eine verbesserbare Sequenz durch die Studierenden unter Hinzuziehung von Argumenten aus der im Seminar bearbeiteten Literatur.

Nach den Erfahrungen mehrerer Semester wurde zunehmend klarer, dass viele Studierende am Ende des Semesters nach wie vor mit ihren unangemessenen Vorstellungen kämpfen. Es gelingt ihnen oft noch nicht im angemessenen Maße, sich einer klaren Sprache zu bedienen,

außerdem vermischen sie nach wie vor die Phänomen- mit der Teilchenebene sowie das Modell von Arrhenius mit dem von Brønsted. Trotz der intensiven Auseinandersetzungsmöglichkeiten im Seminar erweisen sich die mitgebrachten (Fehl-)Vorstellungen der Studierenden als äußerst veränderungsresistent. Diese Beobachtung war Ausgangspunkt für eine vertiefte Literaturrecherche und damit zu beginnen, die Mikroteachingvideos zu analysieren. Letzteres mit dem Ziel, die Hauptprobleme der Studierenden zu identifizieren und herauszuarbeiten, wie genau sich diese Probleme manifestieren, um im nächsten Schritt wirksamere Lerngelegenheiten für die Lernenden in Schule und Hochschule zu entwickeln.

Ein Beispiel für fachliche und sprachliche Irritationen

Dem Brønsted'schen Modell folgend ist die Eigenschaft eines bestimmten Teilchens, als Säure reagieren zu können, untrennbar mit seiner potentiellen Fähigkeit verknüpft, ein Proton an einen Reaktionspartner abzugeben. Das Ausmaß dieser Fähigkeit zur Ionisierung wird als Säurestärke bezeichnet. Vielfach wird jedoch fälschlich die Stärke einer Säure mit einem besonders niedrigen pH-Wert gleichgesetzt. Hierbei werden mehrere zentrale Punkte übersehen: erstens kann der pH-Wert nur in wässrigen Lösungen bestimmt werden – in diesem Falle handelt es sich dann um eine saure Lösung (Phänomen-/Stoffebene) und nicht um eine Säure (Submikro-/Teilchenebene). Zweitens ist der pH-Wert abhängig von der Konzentration der Wasserstoffionen/Protonen (bzw. Oxoniumionen) in der Lösung, somit kann auch eine starke Säure bei niedriger Konzentration eine schwach saure Lösung bilden, die einen relativ hohen pH-Wert in der Nähe von pH 7 aufweist. Ein zusätzlicher Faktor der Verwirrung ist die unterschiedliche Bedeutung des Wortes ‚stark' in der Alltagssprache und in der chemischen Fachsprache. Diese Irritationen werden in den Antworten der Studierenden auf die Frage „*Was ist der Unterschied zwischen einer starken und einer schwachen Säure?*" im Erhebungsbogen sichtbar. Vier Antwortmöglichkeiten stehen dabei zur Auswahl: *a) Starke Säuren haben einen höheren pH-Wert als schwache Säuren.*

b) Starke Säuren enthalten mehr Wasserstoffatome als schwache Säuren.
c) Starke Säuren sind konzentrierter als schwache Säuren.
d) Starke Säuren ionisieren mehr als schwache Säuren.

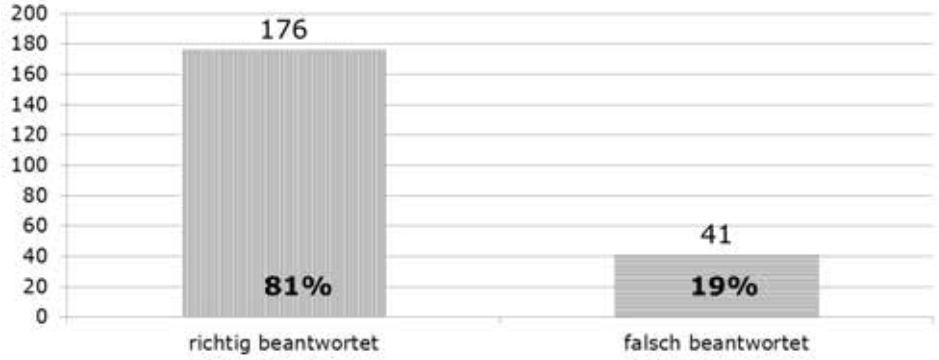


Abb. 1: Antworten der Studierenden (N=217) auf die Frage „Was ist der Unterschied zwischen einer starken und einer schwachen Säure?"

Fast einem Fünftel der Studierenden ist nicht klar, dass sich starke und schwache Säuren ausschließlich in ihrer potentiellen Fähigkeit zur Ionisierung unterscheiden. Die unangemessenen Antworten der Studierenden verteilen sich relativ gleichmäßig auf die Antwortmöglichkeiten a) b) und c). Dieses Ergebnis scheint auf den ersten Blick nicht allzu beunruhigend zu sein, immerhin beantworten rund 80% der Studierenden die Frage angemessen. Betrachtet man die Antworten auf die Frage „*Was muss bekannt sein, um eine*

Aussage über die Stärke einer Säure machen zu können?“, so relativiert sich dieser Eindruck. Es stehen wieder vier Antwortmöglichkeiten zur Auswahl:

a) *Die Konzentration.*
b) *Die Anzahl der Wasserstoffatome in der Verbindung.*
c) *Der prozentuelle Ionisierungsgrad.*
d) *Der pH-Wert.*

Nur etwa die Hälfte der Studierenden erkennt, dass ausschließlich die Kenntnis des potentiellen Ionisierungsgrades eine Aussage über die Stärke einer Säure ermöglicht. Die Inkonsistenz in der Beantwortung dieser beiden Fragen zum Thema ‚Stärke von Säuren‘ zeigt deutlich die tiefe Verunsicherung der Studierenden.

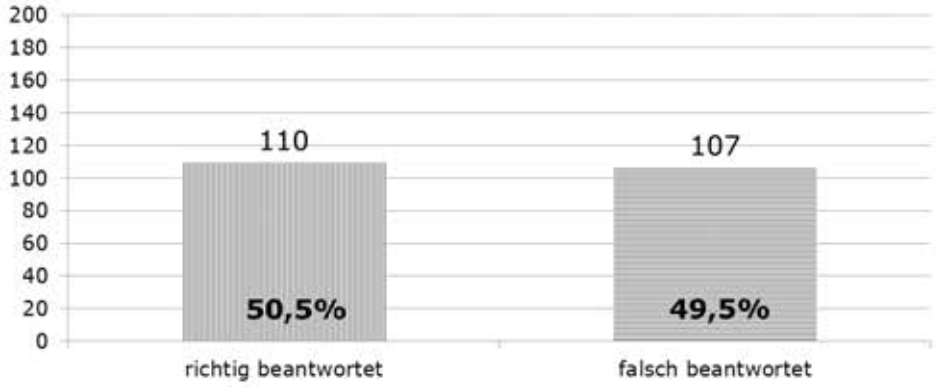


Abb. 2: Antworten der Studierenden (N=217) auf die Frage „Was muss bekannt sein, um eine Aussage über die Stärke einer Säure machen zu können?“

In der weiteren Arbeit mit den Studierenden, wenn sie eine Lerngelegenheit zum Thema ‚Säuren und Basen‘ planen und durchführen, zeigt sich ebenfalls, dass ein Großteil mit erheblichen fachlichen und sprachlichen Unsicherheiten kämpft. So wird immer wieder versucht, mit einem pH-Indikator zu demonstrieren, was eine schwache und eine starke Säure ist oder es wird argumentiert, dass starke Säuren konzentrierter seien als schwache. Dieses Problem ist nicht allein eine Folge der unterschiedlichen Bedeutungen des Wortes „stark“ in der Alltags- und der Fachsprache. Auch in vielen Schulbüchern finden sich falsche Aussagen (z. B. „Starke Säuren haben einen niedrigen pH-Wert.“), die dann sowohl von den Lernenden als auch von den Lehrenden unreflektiert weitergegeben werden. Studien zeigen, dass auch die Vorstellungen von erfahrenen Lehrenden über (Säure-Base-)Modelle vielfach wenig elaboriert und inkonsistent sind (Drechsler & Schmidt 2005, Van Driel & Verloop 1999, 2002). Justi & Gilbert (2000) konnten zeigen, dass LehrerInnen oft Eigenschaften eines Modells auf ein anderes transferieren, was dazu führt, dass Hybridmodelle gelehrt werden, die bei den Lernenden zwangsläufig zu Konfusion führen. Wir stellen fest, dass das Denken vieler Lehramtsstudierender noch vom Arrheniusmodell dominiert ist und sich deren Beschreibung von Säuren auf „*Säuren haben einen pH-Wert* < *7*“ beschränkt. Sie unter-scheiden nicht zwischen Säuren und sauren Lösungen, und vermischen dabei die Phänomen- mit der Teilchenebene. In den fachdidaktischen Lehrveranstaltungen gelingt es noch zu wenig, die mitgebrachten (Fehl-)Vorstellungen zu verändern. Auch die fachwissenschaft-lichen Lehrveranstaltungen am Anfang des Studiums bieten offenbar nicht genügend Gelegenheiten, wissenschaftlich angemessene Vorstellungen zu entwickeln.

Ziel der weiteren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist es, Lerngelegenheiten zu entwickeln und zu erproben, die geeignet sind, konsistente und angemessene Vorstellungen zum Säure-Base-Thema aufzubauen und diese in die LehrerInnenbildung zu implementieren.

Literatur

Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen: es sind nicht Stoffe, sondern Moleküle oder Ionen! Chemie & Schule, 30 (1), 10-15.

Drechsler, M. & Schmidt, H.-J. (2005). Textbooks' and teachers' understanding of acid-base models used in chemistry teaching, Chem. Educ. Res. Pract., 6, 19-35.

Garnett, P., Garnett, P. & Hackling, M. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning Studies in Science Education, 25: 69-95.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. In: A. Berry, P. Friedrichsen & J. Loughran (Eds.)(2015). Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education. Routledge. 28-42.

Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of "the atom", Int. J. Sci. Educ., 22, 993-1009.

Kind (2004). Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas. School of Education, Durham University, UK.

Loughran, J.; Berry, A. & Mulhall, P. (2012). Understanding Science Teachers' Pedagogical content knowledge (2nd edition). Rotterdam: Sense publishers

Van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science, Int. J. Sci. Educ., 21, 1141-1153.

Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education, Int. J. Sci. Educ., 24, 1255-1272.

Michael Peetz
Verena Pietzner
Universität Oldenburg

Evaluation von Schülervorstellungen zum Lösen von Zucker in Wasser mithilfe einer Animationssoftware

Einleitung

Die Tatsache, dass die Schüler Fehlvorstellungen zu chemischen Prozesse haben, ist bei Lehrern und Forschern durchaus bewusst. Im Unterricht müssen sie vom Lehrer erkannt und dann sorgfältig angesprochen und in tragfähige Konzepte umgewandelt werden (Barke, Harsch, & Schmid, 2012, S. 17 ff.). Während die meisten Studien zur Identifizierung von Schülerkonzepten mit schriftlichen Antworten, Zeichnungen oder Interviews arbeiten, sollen nun Computeranimationen verwendet werden, um die Vorstellungen der Schüler zu untersuchen. Animationen von chemischen Prozessen beinhalten einen zeitliche Ablauf eben dieser Prozesse, während statische Bilder diese Informationen nicht richtig darstellen können. Durch die Verwendung einer Computeranimation können die Schüler ihre eigenen Gedanken visualisieren. Eine mögliche Sprachbarriere, wie sie von Ebenezer und Erickson (1996) und Çalik und Ayas (2005) erwähnt wird, die einen Schüler daran hindert, sein Konzept eines chemischen Prozesses genau zu beschreiben, könnte durch diese Methode umgangen werden. Bisher wurden Computeranimationen nur für verschiedene Unterrichtszwecke genutzt (Kelly, Barrera, & Mohamed, 2010, Kelly & Jones, 2008, Tasker & Dalton, 2006). In keinem Fall entwickelten die Studenten eigene Animationen.

Gemäß den Vorgaben des Kerncurriculums in Niedersachsen wird das Thema der Löslichkeit und des Auflösungsprozesses an verschiedenen Stellen immer mal wieder gelehrt (Achtermann, Hildebrandt, Rebentisch & Witte-Ebel, 2015; Achtermann, Goldenstein, Gosemann, Hildebrandt, Rebentisch & Witte-Ebel, 2007). Zu Beginn wird die Löslichkeit von Stoffen nur als Stoffeigenschaft eingeführt. Sie ist stoffspezifisch und kann verwendet werden, um Stoffe voneinander zu unterscheiden. Die Schüler kennen bis zum Ende der siebten Klasse dann auch ein einfaches Teilchenmodell und damit auch den Unterschied zwischen Stoff- und Teilchenebene. Darauf aufbauend können sie mithilfe dieses Teilchenmodells chemische Prozesse beschreiben und erklären. Zudem kennen sie den Unterschied zwischen Reinstoffen und Gemischen, sowohl auf der Stoff- wie auch auf der Teilchenebene.

Der Löseprozess an sich ist ein dynamischer Prozess, der entlang einer Zeitleiste beschrieben werden kann. Ich stelle diesen hier einmal anhand des Beispiels vom Lösen von Zucker in Wasser vor. Die Zuckerteilchen sind hier als Sechsecke vereinfacht dargestellt.
Wenn ein Zuckerkristall in Wasser gegeben wird, ist er zunächst einfach umgeben von Wassermolekülen. Die Wassermoleküle lagern sich dann an die äußeren Schichten des Kristalls an und bilden mit den Hydroxidgruppen der Zuckermoleküle Wasserstoffbrückenbindungen aus. Die Anziehung mehrerer Wassermoleküle zu einem Zuckermolekül zieht dann letzteres aus dem Kristallgitter heraus. Nachdem die einzelnen Moleküle aus dem Kristall herausgelöst wurden, werden sie von Wassermolekülen umgeben und eine sogenannte Hydrathülle ausgebildet. Die so hydratisierten Moleküle diffundieren dann vom restlichen Kristall weg (McMurry, Castellion, Ballantine, Hoeger & Peterson, 2010, S. 258 f.).

Als geeigneter Prozess zur Untersuchung Schülervorstellungen mithilfe von Computeranimationen, wurde die Auflösung von Zucker in Wasser gewählt. Der Grund

dafür ist, dass der Löseprozess ein Prozess ist, der im Laufe der Zeit gut beobachtet werden kann und daher in einer Animation dargestellt werden kann (Kelly & Jones, 2007). Außerdem wurden zu diesem bereits viele Studien zu Schülervorstellungen durchgeführt und einige Vorstellungen sind bereits bekannt. So kann das Ergebnis des Prozesses als ein homogenes Gemisch aus Wasser und Zuckerbeschrieben werden (Çalik et al., 2005; Prieto, Blanco & Rodriguez, 1989). Dieses Gemisch wird teilweise auf der Teilchenebene, teilweise aber auch nur auf der Stoffebene beschrieben. Bei Studien die Zeichnungen enthielten konnten ebenfalls Zeichnungen von beiden Ebenen gefunden werden. Die Zuckerteilchen werden als gleichmäßig verteilt im Lösungsmittel Wasser dargestellt. Andere Beschreibungen des Löseprozesses beziehen sich direkt auf den zu lösenden Stoff. Er zerbricht in kleinere Teilchen (Prieto et al., 1989) (die Beschreibungen finden hier auf der Teilchen- und auf der Stoffebene statt) oder der zu lösende Stoff schmilzt (Çalik et al., 2005; Ebenezer et al., 1996; Longden, Black & Solomon, 1991; Piaget & Inhelder, 1974). Auch eine Übertragung von Eigenschaften des zu lösenden Stoffes auf das Lösungsmittel wurde bereits von Schülern als Beschreibung des Lösungsprozess angeführt. Beispielsweise kann Wasser als Lösungsmittel seinen Geschmack, die Farbe oder den Geruch verändern. Andere Faktoren die beim Löseprozess eine Rolle spielen, wie Temperatur, das Rühren oder einfach die Stoffeigenschaften von Lösungsmittel und zu lösendem Stoff wurden bereits von Schülern angeführt (Blanco & Prieto 1997; Prieto et al.,1989).

Die Methoden, die bei diesen Befragungen verwendet wurden, waren Pen&Paper-Test und Interviews. Da der Löseprozess an sich aber ein dynamischer Prozess ist, entstand die Frage, ob sich dieser nicht besser darstellen ließe indem eine dynamische Methode verwendet wird. Daraus haben sich die folgenden Forschungsfragen ergeben: Können Schüler einen chemischen Prozess wie den Lösungsprozess mithilfe von Animationen darstellen? Auf welchem Aspekt des Löseprozesses liegt der Fokus der Animationen? Und vielleicht am wichtigsten: Kann mit Animationen mehr über die Konzepte der Schüler in Erfahrung gebracht werden als mit herkömmlichen papierbasierten Test?

Methode

In dieser Studie haben 18 Schüler der 7. Klasse eines niedersächsischen Gymnasiums ihre eigene Animation geschaffen. Die Software, die für diese Studie verwendet wurde, ist die Freeware ChemSense Animator (SRI International, 2004). Bevor die Schüler anfingen ihre eigene Vorstellung zum Löseprozess zu erstellen, wurde den Schülern eine einführende Aufgabe gegeben, um sie mit dem Programm vertraut zu machen. Einfache Funktionen und die allgemeine Struktur des Programms wurden dabei erläutert. Danach wurde von den Schülern die Animation über das Auflösen von Zucker in Wasser erstellt. Dazu erhielten sie einen bereits vorbereiteten Startbildschirm, der auf der auf dem gegenwärtigen Wissensstand der Schüler beruhte. Jeder Schüler bekam das Angebot diesen Startbildschirm mit der Hilfe des Interviewers zu verändern, sollte dieser nicht den Vorstellungen entsprechen. Nach der Fertigstellung der Animation wurde ein kurzes Interview durchgeführt, in dem die Schüler ihre erstellten Animationen mit dem Forscher besprachen. In dem Interview wurden nachträglich noch Fragen zur Darstellung und der Bedeutung von manchen Darstellungen besprochen.

Sowohl die Animationen als auch die nachfolgende Diskussion werden anhand eines kategorialen Systems analysiert, das auf der Basis des Materials induktiv aufbaut (Mayring, 2010, 67 ff.). Das Kategoriesystem umfasst Kategorien für den Lösungsprozess selbst, die Verwendung von ChemSense Animator und die persönliche Meinung der Teilnehmer des verwendeten Programms. Der Kategoriekatalog wurde zusammen mit Kollegen überprüft und intensiv besprochen. Daher ist Verständlichkeit und Inter-Subjektivität gewährleistet (Kuckartz, 2016, 217 f .; Steinke, 2010, 187 f.).

Ergebnisse
Konzepte, die in vorherigen Studien bereits gefunden wurden, konnten auch mithilfe dieser Methode bestätigt werden. So zerfällt der Kristall in kleine Teilchen. Auch die Größenänderungen und das Überlappen von Teilchen als Darstellung von gelösten Teilchen wurden von einigen Schülern verwendet. Das Ergebnis eines homogenen Gemisches von Zucker in Wasser war bei vielen Schülern zu sehen. Es gab aber auch Konzepte die bisher in der Literatur noch nicht beschrieben wurden. Drei der Schüler konnten nicht zwischen dem Auflösungsprozess und dem Verdampfungsprozess des Lösungsmittels unterscheiden. Selbst auf Nachfrage im Interview, bestätigten sie, dass dies ein Prozess sei und die Verdunstung ein Teil des Auflösungsprozesses sei. Ein Aspekt, der definitiv erwähnenswert ist, ist, dass fast alle Schüler den Auflösungsprozess damit beginnen, indem sie den Kristall in kleineren Teilchen zerfallen lassen und erst danach die Wasserteilchen in Aktion treten, um die resultierende Leere auszufüllen. Daher wirkt der Zucker als einziger Akteur in diesem Moment, während das Wasser nur reagiert, aber nicht aktiv am Auflösungsprozess beteiligt ist. In einem Fall hatte ein Schüler in Klasse 7 sogar eine Vorstellung von einer Hydrathülle. Er hatte die Zuckerteilchen inklusive der es umgebenden Wasserteilchen bewegt und dies mit der Bewegung eines Menschen in einem Auto verglichen. Der Mensch repräsentierte dabei das Zuckerteilchen und das Auto die Wasserteilchen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass alle Schüler in der Lage waren, Animationen zum Auflösen von Zucker in Wasser mit ChemSense Animator und einem gegebenen Startbildschirm zu erstellen. Die Länge der Animation war allerdings sehr unterschiedlich. Die letztendliche Bildanzahl der Animationen reichte von 5 bis zu 100 Frames und manche Animationen waren damit vergleichsweise sprunghaft. Die Erstellungszeit der Animation reichte von 10 bis hin zu 30 Minuten und schwankte damit auch von Schüler zu Schüler. Der Endzustand zeigte häufig Zuckerteilchen, die über den ganzen Bildschirm verteilt sind. Der Fokus der geschaffenen Animation liegt auf dem Auseinanderbrechen des Kristalls in kleinere Teilchen. Wie zuvor bereits beschrieben wurde, bestätigt die Methode der Erstellung von Animationen zuvor gefundene Ergebnisse aus anderen Studien, aber es zeigt auch andere Konzepte der Schüler in Bezug auf den Auflösungsprozess. Zeitabhängige Informationen wie die Reihenfolge, in der der Auflösungsvorgang stattfindet, können mit dieser dynamischen Methode aufgezeichnet werden, während dies bei Zeichnungen des Endzustandes nicht möglich ist.

Ausblick
In einem nächsten Schritt werden die Schülerinnen und Schüler der Klasse 10 und Chemie-Studierende des ersten Studienjahres befragt. Beide Gruppen haben in den vorangegangenen Jahren fortgeschrittene Modelle des submikroskopischen Aufbaus kennen gelernt. Ob dies die Qualität einer Animation beeinflusst oder mehr oder sogar andere Konzepte in diesen Gruppen gefunden werden können, sollte in diesen Umfragen herausgefunden werden. Der Aufbau der Befragung wird entsprechend ein wenig angepasst. Es wird kein Startbildschirm vorgegeben und anstelle von Zucker wird Natriumchlorid als zu lösenden Stoffe verwendet. Diese Änderung wurde vorgenommen, da vorangegangene Tests gezeigt haben, dass Schülerinnen und Schüler dieser Gruppen in der Lage sind einen Startbildschirm in einer angemessenen Zeit zu erstellen. Außerdem könnten einige Aspekte des Auflösungsprozesses von Natriumchlorid sonst noch nicht gesehen werden.

Zum Beispiel zeigen erste Ergebnisse von Animationen, die von Schüler der Klasse 10 gemacht wurden, dass die Schüler den Augenblick, in dem Natrium- und Chlorid-Ionen existieren oder gebildet werden an sehr verschiedenen Orten wählen.

Literatur

Achtermann, K.; Hildebrandt, K.; Rebentisch, D. & Witte-Ebel, M. (2015) : Chemie. In: Niedersächsischen Kultusministerium (Editor): Kerncurriculum für das Gymnasium. Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften. Hannover. Online verfügbar: http://www.cuvo.nibis.de

Achtermann, K.; Goldenstein, N.; Gosemann, U.; Hildebrandt, K.; Rebentisch, D. & Witte-Ebel, M. (2007): Chemie. In: Niedersächsischen Kultusministerium (Editor): Kerncurriculum für das Gymnasium. Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften. Hannover. Online verfügbar: http://db2.nibis.de/1db/cuvo/ausgabe/

Barke, H.-D., Harsch, G., & Schmid, S. (2012). Essentials of chemical education. Berlin, Heidelberg: Springer.

Blanco, A. & Prieto, T. (1997): Pupils' views on how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: a cross- age study (12 to 18), International Journal of Science Education, 19 (3), 303-31. doi:10.1080/0950069970190304

Çalik, M., & Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. Journal of Research in Science Teaching, 42(6), 638–667. doi:10.1002/tea.20076

Ebenezer, J. V., & Erickson, G. L. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. Science Education, 80(2), 181–201. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(199604)80:2<181::AID-SCE4>3.0.CO;2-C

Kelly, R. M., Barrera, J. H., & Mohamed, S. C. (2010). An Analysis of Undergraduate General Chemistry Students' Misconceptions of the Submicroscopic Level of Precipitation Reactions. Journal of Chemical Education, 87(1), 113–118.

Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2007). Exploring How Different Features of Animations of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations. Journal of Science Education and Technology, 16(5), 413–429. doi:10.1007/s10956-007-9065-3

Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2008). Investigating Students' Ability To Transfer Ideas Learned from Molecular Animations of the Dissolution Process. Journal of Chemical Education, 85(2), 303.

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung (3. überarbeitete Auflage). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Longden, K.; Black, P. & Solomon, J. (1991): Children's interpretation of dissolving, International Journal of Science Education, 3 (1), 59-68. doi:10.1080/0950069910130106

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

McMurry, J.; Castellion, M.; Ballantine, D. S.; Hoeger, C. A. & Peterson, V. E. (2010): Fundamentals of General, Organic, and Biological Chemistry (6. Auflage). Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Piaget, J. & Inhelder, B. (1974): The Child's construction of Quantities. Conservation and Atomism. London: Routledge & Kegan Paul.

Prieto, T.; Blanco, A. & Rodriguez, A. (1989): The ideas of 11 to 14- year- old students about the nature of solutions, International Journal of Science Education, 11 (4), 451-463, doi:10.1080/0950069890110409

SRI International. (2004). ChemSense: visualizing chemistry. Retrieved from www.chemsense.sri.com/index.html

Steinke, I. (2010). Quality Criteria in Qualitative Research. In U. Flick, E. von Kardorff, & I. Steinke (Hrsg.), A companion to qualitative research (S. 184–190). London: SAGE.

Tasker, R., & Dalton, R. (2006). Research into practice: visualisation of the molecular world using animations. Chemistry Education Research and Practice, 7(2), 141–159.

Marvin Rost Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann

Aufgabenentwicklung zur Erhebung der Modellnutzung für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht

Relevanz & Problemstellung

Das Nutzen von Modellen ist ein dominantes Merkmal für Erkenntnisgewinnung, sowohl in den Naturwissenschaften, als auch in den korrespondierenden Fachdidaktiken. Einen Überblick gibt Taber (2017), der beispielsweise chemische Reaktionsgleichungen als Modelle für Stoffmengenverhältnisse und deren Veränderungen interpretiert (ders., S. 265). Die Gleichungen erlauben dabei sowohl Beschreibungen als auch Vorhersagen. Gerade durch das Merkmal der Vorhersage würden sie sich als Modelle qualifizieren. Bezüglich der Didaktik betont Taber, dass Lernende stets mentale Modelle von denjenigen Sachverhalten bilden würden, mit denen sie sich jeweils beschäftigen (ders., S. 273). Unter Berücksichtigung solch einer Subjektivität, benennen Gilbert und Justi (2016) das Nutzen von Modellen als Kernkompetenz einer „Scientific Literacy for All“ (dies., S. 11ff.). Diese sei so wichtig, weil die Autoren aus einer grundlegenden naturwissenschaftlichen Bildung sogar das Potential für ethisch-gesellschaftliche Handlungsabwägungen ableiten (dies. S. 12). Solche Überlegungen finden sich auch in deutschen Bildungsstandards (LISUM, 2015, S. 3). Dazu sei die Fähigkeit zur Modellnutzung auszubilden. In diesem Sinne sollen Modelle zum Durchlaufen des hypothetisch-deduktiven Erkenntnisgangs in problemhaltigen Situationen verwendet werden. Für die vorliegende Arbeit wird dieses Denken als Dreischritt (Fragestellung/Hypothese, Planung/Durchführung, Auswertung/Reflexion) verstanden und angewendet (Nehring, 2016). Dabei ist allerdings ein erkenntnistheoretisches Problem, sowie zwei empirische Befunde zu beachten. Erstens, ist der Modellbegriff abhängig von der jeweiligen erkenntnistheoretischen Perspektive. Davon ausgehend, bevorzugt Knuuttila (2005) eine Begriffsinterpretation von Modellen als erkenntnistheoretischer Artefakte, die *aktiv benutzt* werden, um einen Sachverhalt zu bearbeiten. Diese subjektive Prozesshaftigkeit steht im Gegensatz zu einer Auffassung, bei der Modelle als statische Repräsentationen eines objektiv wahren Sachverhalts verstanden werden. Beide Auffassungen haben jeweils andere Konsequenzen für die Modellnutzung in naturwissenschaftlichen Kontexten und können nicht zur Deckung gebracht werden. Eine weiterführende Diskussion erlaubt die Kontrastierung von Devitt (2006) und van Fraassen (1980). Die aktive Nutzung und Veränderung von Modellen überschneiden sich strukturell stark zwischen den Anforderungen in den Bildungsstandards und den theoretischen Zusammenfassungen von Knuuttila. Ihre Definition kann daher als theoretische Grundlage genutzt werden. Empirisch ist die Nutzung von Modellen im Sinne der genannten Realitätsabbildung bei Lehrerinnen und Lehrern dominant (Bindernagel & Eilks, 2008). Darüber hinaus konnte Modellnutzung zum Durchlaufen des hypothetisch-deduktiven Denkens in einer Videostudie in weniger als 5% der Beobachtungszeit als Lerngelegenheit identifiziert werden (Nehring et al., 2016). Obwohl es zahlreiche Forschungsarbeiten gibt, die sich mit diesem Thema beschäftigen, mangelt es doch an einem zielgerichteten Rahmen, um Modellnutzung kohärent beschreiben und messen zu können (Constantinou & Nicolaou, 2014). Zusammenfassend ergibt sich eine Forschungslücke, die eine domänenspezifische Beschreibung von Modellen und deren Nutzung für die Lösung problemhaltiger Kontexte notwendig macht.

Theoretischer Hintergrund & Forschungsfrage

Wenn das wichtigste Merkmal von Modellen ist, dass sie in einer problemhaltigen Situation genutzt und gegebenenfalls konstruiert und umstrukturiert werden können, dann bedarf es der Formulierung von Modellkomponenten, die entsprechend dynamisch verwendet werden können. Sie müssen allgemein genug gehalten sein, um auf verschiedene Kontexte anwendbar zu sein. Gleichzeitig benötigen sie genug Spezifität, um sinnvoll auf chemische Kontexte zu übertragen sind. Ein mathematikdidaktischer Ansatz beschreibt vier solcher Komponenten (Lesh et al., 2000), die gerade das Prozesshafte der Modellnutzung beschreibbar machen. Sie werden folgend benannte und ihre Rolle in der Beschreibung eines Modells an einem Beispiel konkretisiert.

- Die *Propositionen* beschreiben die kleinstmöglichen Sinneinheiten eines Modells. Sie bilden die begriffliche Basis für die Arbeit mit dem jeweiligen Modell und repräsentieren einzelne physikalisch-chemische Entitäten mit deren spezifischen Eigenschaften. Beispiel: Elektronen in einem Atommodell.
- Die *Relationen* beschreiben das Verhältnis der Propositionen des Modells zueinander. Das können hierarchische oder sequenzielle Gliederungen sein. Möglich ist auch die Repräsentation von Verhältnissen physikalischer Eigenschaften (Geschwindigkeit, Volumen, Masse, etc.). Beispiel: Die Energiedifferenz eines Elektrons, das sich auf unterschiedlichen Energieniveaus in einem Atommodell befinden kann.
- Die *Operationen* beschreiben Wechselwirkungen zwischen den Propositionen eines Modells oder Zustandsänderungen einzelner Propositionen. Sie sind abhängig von den Relationen und repräsentieren Prozesse, die wesentlich für die Aussagekraft eines Modells sind. Beispiel: Die Lichtemission eines Elektrons beim Wechsel seines Energieniveaus.
- Die *Regeln* eines Modells sind die grundlegenden, logischen Verknüpfungen der Modellaussagen. Die Zuweisung von Konditionalsätzen und Wahrheitswerten – beispielsweise zu funktionalen Zusammenhängen – in einem Modell ist bei diesem Bestandteil wesentlich. Beispiel: Zuweisung einer Wenn-Dann-Beziehung. Wenn ein Elektron (Proposition) Strahlung (Proposition) emittiert (Operation), dann ist es auf ein niedrigeres (Relation) Energieniveau (Proposition) gefallen (Operation).

Aus dieser Beschreibung und der Problemstellung wird folgende Forschungsfrage abgeleitet: Können problemhaltige Aufgaben in schulrelevanten Kontexten konstruiert werden, in denen unter Nutzung des Modells und seiner Komponenten die drei Teilschritte des hypothetisch-deduktiven Denkens durchlaufen werden? Die für diesen Beitrag ausgewählten Teilfragen lauten:

- Können die Modellkomponenten in unterschiedlichen Modellkontexten reproduzierbar identifiziert und zugeordnet werden?
- Unterscheiden sich die Aufgabenschwierigkeiten in Abhängigkeit der Kontexte?

Beschreibung der Aufgabenkonstruktion

Es wurde ein geschlossenes Format (multiple-choice, single-select) für die Aufgaben gewählt. Sie wurden mit Hilfe eines selbst verfassten Konstruktionsmanuals (Scherer, 2014; Terzer, 2013) erstellt. Die iterative Erarbeitung der Aufgaben erfolgte in vier Hauptschritten und das Manual wurde begleitend überarbeitet. Zu Beginn wurden unter Berücksichtigung Rahmenlehrplans (LISUM, 2015) sechs Kontexte generiert, in denen Modelle mit den vier Modellkomponenten beschrieben wurden. Zur Validierung der Zuordnung wurde ein Expertenrating durchgeführt. In den Modellen sollten, nach einer einführenden Beschreibung, die genannten Komponenten zugeordnet werden. Außerdem war auch eine Entscheidung für „keine Option wählbar“ und „mehrere Optionen wählbar“ möglich. Nach Rücksprache mit 3 Ratern wurden die Modelle angepasst und ein Kontext ausgeschlossen.

Mit diesen Informationen wurden offene Aufgaben (Version 1) erstellt, in denen SuS der 10. Jahrgangsstufe dazu aufgefordert waren, den gegebenen Modellen frei formulierend Bestandteile zuzuordnen (N=42). Für weiteren Informationsgewinn wurden bereits vorhandene Multiple-Choice-Aufgaben für Modellnutzung zur Erkenntnisgewinnung (Nehring, 2014) begleitend eingesetzt. Die SuS sollten dort zusätzlich freie Begründungen für die Antworten geben. Aus den Resultaten dieser Erhebung wurden 60 (5 Kontexte x 4 Modellkomponenten x 3 Teilschritte) MC-Aufgaben konzipiert (Version 2) und an SuS in zwei Gymnasien und einer Sekundarschule (N=245) ausgegeben. Neben linearen Zusammenhängen mit Kovariablen, sowie einer Distraktorenanalyse, wurden die Schwierigkeiten berechnet und die Aufgaben entsprechend überarbeitet (Version 3). In einem letzten Schritt wurden Aufgabenmerkmale (bspw. Anzahl Fachbegriffe, Verhältnis Hauptsatz/Nebensatz) quantitativ mit dem Konstruktionsmanual abgeglichen und damit für die Hauptstudie finalisiert (Version 4).

Ausgewählte Ergebnisse

Die hier dargestellten deskriptiven Ergebnisse sind auf die oben beschriebenen zwei Teilfragen bezogen. Im Expertenrating betrug die Reliabilität (Fleiss‘ Kappa) über alle Kontexte κ=.54 (Schwankung nach Kontexten: .43-.82. Trotz einer als zufällig beurteilten Auswahlwahrscheinlichkeit von „keine Option“ (p=.87) sowie „mehrere Optionen“ (p=.13), wurden sie in der Rücksprache auch als Gesprächsanlässe verwendet. Mit Aufgabenversion 4 konnte bereits ein Teildatensatz (N=290) für die Hauptstudie gewonnen werden. Einen ersten Überblick der Aufgabenschwierigkeiten zeigt der Violinenplot (Wickham, 2016, S. 23f.) in Abbildung 1. Mit einer Ausnahme, scheinen die Kontexte auf deskriptiver Ebene keinen starken Einfluss auf die Schwierigkeit zu haben.

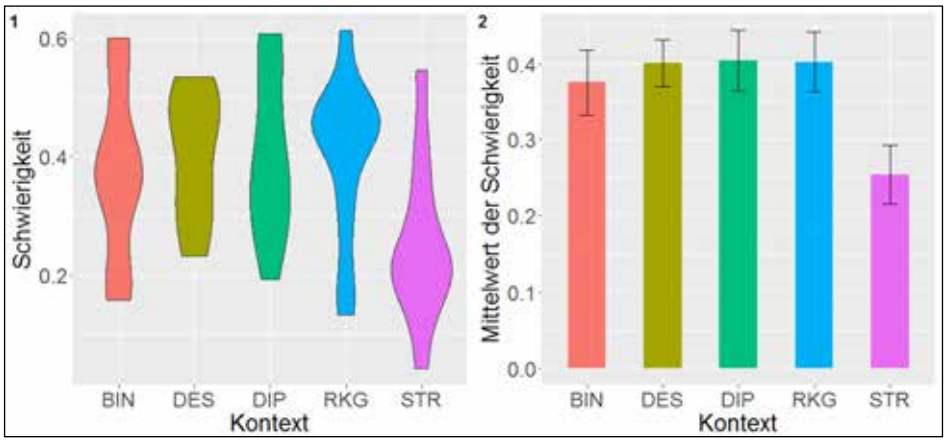


Abb. 1: Grafik 1 zeigt die Schwierigkeitsdichte der Aufgaben in Abhängigkeit des Kontextes. Grafik 2 zeigt die mittlere Aufgabenschwierigkeit inkl. Fehlerbalken. Kontext „STR“ fällt durch eine Schwierigkeit in Höhe der Ratewahrscheinlichkeit auf.

Ausblick

Die Hauptstudie, mit einer antizipierten Gesamtprobandenzahl von ca. 450 SuS, soll vertiefende Analysen zur Dimensionalität der Aufgaben ermöglichen. Eine IRT-basierte Auswertung, sowie die Untersuchung der Daten mit Strukturgleichungsmodellen werden Hinweise auf die Eignung der Aufgaben für die Messung von Erkenntnisgewinnungsprozessen mit Modellen liefern.

Literatur

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

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016): *Modelling-based Teaching in Science Education*. Schweiz: Springer Nature.

Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (2015): *Rahmenlehrplan der Länder Berlin & Brandenburg für das Fach Chemie der Sekundarstufe I*. (URL: http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/rlp-online/c-faecher/chemie/kompetenzentwicklung/)

Lesh, R.; Hoover, M.; Hole, B.; Kelly, A. & Post, T. (2000). Principles for Developing Thought-Revealing Activities for Students and Teachers. In A. Kelly & R. A. Lesh (Hg.), *Research Design in Mathematics and Science Education* (S. 591–646). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.

Nehring, A.; Stiller, J.; Nowak, K. H.; Upmeier zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016): Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *ZfDN*, 22(1), S. 77-96.

Nehring, A. (2014): *Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung*. Berlin: Logos.

Scherer, R.; Meßinger-Koppelt, J. & Tiemann, R. (2014): Developing a computer-based assessment of complex problem solving in Chemistry. *International Journal of STEM Education*, 1:2.

Taber, K. S. (2017): Models and Modelling in Science and Science Education. In K. S. Taber & B. Akpan (Hg.), *Science Education. An International Course Companion* (S. 262-278). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.

Terzer, E.; Hartig, J & Upmeier zu Belzen, A. (2013): Systematische Konstruktion eines Tests zu Modellkompetenz im Biologieunterricht unter Berücksichtigung von Gütekriterien. *ZfDN*, 19, S. 51-76.

Wickham, H. (2016): *ggplot2. Elegant Graphics for Data Analysis*. Cham, Schweiz: Springer.

Peter Düker
Jürgen Menthe
Stiftung Universität Hildesheim

Bewertungskompetenz – Lebensferne durch Lebensweltnähe Rekonstruktiver Aufgabencheck

Der Beitrag fokussiert ein Zwischenergebnis des Promotionsvorhabens „Bewertungskompetenz – Aufgaben richtig verstehen". Hintergrund ist der Diskurs um die theoretische Fundierung und Modellierung der Bewertungskompetenz. Prominente Modelle (u.a. Eggert & Bögeholz, 2006; Hostenbach, 2011) konzipieren diese wesentlich auf Basis des rational-choice-Paradigmas. Dagegen ist einzuwenden, dass implizite bzw. intuitive menschliche Entscheidungsprozesse in ihrer Bedeutung dabei zu wenig berücksichtigt würden (Dittmer et al., 2013; Hößle & Menthe, 2013; Düker & Menthe, 2016; Sander, 2016). Dafür werden Befunde aus der Entscheidungspsychologie und der Soziologie herangezogen (u.a. Bourdieu, 2001; Haidt, 2001; Strack & Deutsch, 2004; Kahneman, 2012).

Das Promotionsvorhaben nähert sich dem Thema Bewertungskompetenz nicht von der theoretischen Seite her, sondern prüft die auf Basis der verschiedenen Modellierungen entwickelten Aufgaben mittels der Objektiven Hermeneutik (Wernet, 2006b) auf Irritationen, Widersprüche, Unklarheiten (vgl. Gruschka 2003; Meyerhöfer 2005, Wernet 2006a). Die Ergebnisse werden rückgebunden an die theoretische Basis der jeweiligen Modellierung und/ oder münden in Konstruktionshinweise zur Vermeidung entsprechender Irritationen. Auf dieser Basis werden Aufgaben „optimiert", um erneut einem Prozess der rekonstruktiven Analyse unterzogen zu werden. Schließlich werden Aufgaben in ursprünglicher und überarbeiteter Form Lernendengruppen vorgelegt, die diese gemeinsam lösen und im Anschluss an Hand von Leitfragen diskutieren. Lösungsprozess und Gespräch werden aufgezeichnet und inhaltsanalytisch sowie in Teilen objektiv hermeneutisch untersucht. Ziel ist es, den Umgang der Schülerinnen und Schüler mit den verschiedenen Aufgabenformaten zu untersuchen, insbesondere hinsichtlich der Wahrnehmung und Bearbeitung der über die Aufgabenanalyse identifizierten Widersprüche.

Bisher wurden sechs Aufgaben rekonstruktiv untersucht – Auswahlkriterien waren die Prominenz der zu Grunde liegenden Modelle sowie die Typik der Aufgaben. Drei Aufgaben wurden bisher überarbeitet – davon wurde eine in überarbeiteter wie ursprünglicher Version mehreren Lernendengruppen vorgelegt. Die Befunde hinsichtlich der Bearbeitung durch die Lernendengruppen sind daher als vorläufig zu betrachten.

Ein grundlegendes Problem der Aufgabengestaltung wurde durch die rekonstruktive Untersuchung bereits deutlich. Begründet ist es im Spannungsverhältnis zwischen lebensweltlicher Situierung und in der Aufgabe geforderter Bearbeitungsweise. Das Problem wird im Folgenden exemplarisch dargestellt, ohne die Einzelheiten der rekonstruktiven Analyse nachzuvollziehen. Anschließend werden eine Aufgabenvariante sowie erste Ergebnisse der Bearbeitung beider Versionen durch die Lernendengruppen vorgestellt.

Die analysierte Aufgabe wurde zur Messung der Teilkompetenz „Kenntnis und Anwendung von Bewertungsstrategien" konzipiert (Hostenbach, 2011, 169).

Kai und Anna möchten sich eine neue Kamera zulegen. Sie achten besonders darauf, dass die Kamera eine hohe Auflösung hat. Zusätzlich sollte die Kamera auch einen besonders hohen Zoomfaktor haben.

	Kamera 1	*Kamera 2*	*Kamera 3*
Auflösung der Kamera	*10 Megapixel*	*12,2 Megapixel*	*12,5 Megapixel*
Zoomfaktor	*4,3 fach*	*3,0 fach*	*2,0 fach*

Aufgabe: Für welche Kamera sollten sich Kai und Anna deiner Meinung nach entscheiden, wenn sie die Kriterien Auflösung der Kamera und Zoomfaktor berücksichtigen? Begründe ausführlich, indem du die beiden Kriterien auch in deiner Begründung erwähnst und gegeneinander abwägst.

Die Aufgabenstruktur ist typisch. Sie besteht aus einer einführenden lebensweltlichen Situierung, einer sachstrukturellen Ordnung in Tabellenform und der Formulierung der eigentlichen Aufgabe – einer kriteriengeleiteten begründeten Entscheidung.

Der Lebensweltbezug besteht bei genauer Betrachtung in einer komplexen Situation. Kai und Anna stehen in einem engen persönlichen Verhältnis. Dass sich beide eine Kamera teilen, verweist auf die gemeinsamkeitsstiftende Bedeutung des Fotografierens. Die These, dass finanzielle Erwägungen für den Verzicht auf eine zweite Kamera leitend sein könnten, wird durch die angegebenen Kriterien nicht bestätigt. Was diese angeht, gibt die unterschiedliche Verwendung der Gradpartikel „besonders“ zu Spekulationen Anlass. Sowohl die Bedeutung der Kriterien als auch das gewünschte Abschneiden der Modelle auf den Kriterien scheinen unterschiedlich gewichtet. Im Rahmen des gestellten Handlungsproblems Kamerakauf wären nun lebensweltlich zahlreiche Verläufe denkbar, in denen nicht nur die genannten Kriterien thematisch würden, sondern neben weiteren technischen auch psychologische und soziale Aspekte. Die sich anschließende sachstrukturelle Ordnung in Form einer Tabelle übernimmt aus dem Einführungstext jedoch lediglich die technischen Kriterien und listet Kameramodelle auf, die hinsichtlich dieser Kriterien unterschiedlich abschneiden. Durch diese Auswahl wird die lebensweltliche Situierung disqualifiziert – die angelegte Komplexität wird negiert. Erst diese Negation ermöglicht das „Ausrechnen“ der Lösung. Formulieren wir eine andere Aufgabe:

Kai und Anna fotografieren gern. Leider hat Kai im letzten Urlaub ihre Spiegelreflex-Kamera mit an den Strand genommen. Den Sand bekamen sie nicht mehr aus dem Gehäuse. Eine neue Kamera musste her! In ihrem Lieblings-Fotogeschäft erwartete sie ein reichhaltiges Angebot unterschiedlichster Modelle. Die Preise schienen moderat, der Verkäufer wirkte kompetent und Kai und Anna waren bester Laune. Es hätte ein perfekter Tag werden können bis zu dem Moment, da der Verkäufer fragte, was denn für sie das Wichtigste sei, und beide zeitgleich aber unterschiedlich antworteten. "Die Auflösung", sagte Kai. "Der Zoomfaktor", sagte Anna ...
Aufgabe: Überlege dir ein gutes Ende für die Geschichte.

Der Begriff der „Geschichte“ ist hier nicht zufällig. Narrationen repräsentieren die Lebenswelt über strukturelle Entsprechungen: es geht um Subjekte, die sich in konkreten Kontexten zu bestimmten Zeitpunkten handelnd in der Welt bewähren (vgl. Bruner, 1997). Nicht Rationalität, sondern Plausibilität ist das Maß zur Beurteilung der Adäquanz des Handelns. Die hier vorgestellte Geschichte erfordert für eine plausible Lösung die Einbeziehung psychologischer (Temperament), sozialer (Beziehungsstatus) und moralischer Aspekte (Schuld). Und sie erfordert im Unterschied zur vorherigen Aufgabe die Fähigkeit zur Perspektivübernahme. Die Komplexität menschlicher Entscheidungen könnte an solchen Geschichten thematisiert werden.

Um Missverständnissen vorzubeugen: Die Fähigkeit zu rationaler Abwägung ist ein unverzichtbarer Bestandteil von Bewertungskompetenz. Nur können entsprechende

Messaufgaben nicht beliebig situiert werden, ohne Verwerfungen zu produzieren. Auf Basis der bisherigen Befunde und vor dem Hintergrund des aktuellen Diskurses zur Bewertungskompetenz lassen sich für verschiedene Aspekte von Bewertungskompetenz unterschiedliche Situierungen empfehlen:

Aspekte von Bewertungskompetenz		
Inhalt	**Ort**	**Beispiel**
Sachorientierte Abwägeprozesse	Institutionen mit sachstruktureller Entscheidungslogik	Größere Anschaffungen in Firmen, Forschungsabteilungen etc.
Diskursive Aushandlungsprozesse	Öffentliche Diskursräume	Diskussionen zur Technikfolgenabschätzung, öffentliche Anhörungen
Kenntnis der Bedeutung „intuitiver" Entscheidungsprozesse	Lebenswelt, Alltag	Routinen, typische Verhaltensweisen, persönliche Haltungen, soziale Strukturen
Bewertungsstrukturwissen	alle	-

Wie aber gehen nun Lernende mit Aufgaben zur Bewertungskompetenz um? Die Bearbeitungsweise, die bisher vornehmlich beobachtet wurde, kann als „effizientes Antizipieren" beschrieben werden. Die meisten Lernenden konzentrieren sich nach erster Lektüre auf die eigentliche Aufgabenstellung und versuchen, dieser zügig und korrekt nachzukommen. Der Lebensweltbezug der hier vorgestellten Aufgabe spielte in der ursprünglichen Fassung bei der Aufgabenbearbeitung keine Rolle, obwohl die Lernenden den Realitätsbezug im Nachhinein explizit lobten. Die veränderte Aufgabe wurde allerdings als „noch realistischer" bewertet. Ein guter Indikator für die wahrgenommene Aufgabenstruktur durch die Lernenden scheint die Fachzuordnung zu sein. Aufgaben mit rational abwägender Struktur wurden dem Fach Mathematik zugeordnet, die bearbeitete Aufgabe den Fächern Religion und Deutsch, wobei die Zuordnung „Deutsch" sicher durch den Begriff der „Geschichte" getriggert wurde – dies soll zukünftig vermieden werden. Weitere Untersuchungen stehen noch aus.

Fachzuordnung – „Zu welchem Schulfach könnte die [Aufgabe] gehören?"	
Ursprüngliche Aufgabe	Veränderte Aufgabe
S3: *Mathematik* S1: *Vergleichen von irgendwelchen Angeboten also von der Qualität von irgendwas* I: *Habt ihr Ideen, wie ihr die Aufgabe verbessern könntet?* S3: *Ja so mehr Kriterien und das man vielleicht irgendwas ausrechnen muss wie der Mittelwert oder sowas*	*S1: S is nicht Mathe […] oder so Religion dann oder so da ham wa das auch mal gemacht […] wie findet man quasi die beste Lösung […]* *S5: Deutsch* *S4: Ja […] das is ne Geschichte schreiben und dann halt so mit Argumenten oder so halt das noch da rein bringen.*

Stellen wir die Frage, ob der Versuch einer Lebensweltnähe zu Lebensferne führt, lautet die Antwort ja, wenn die Lebenswelt nur als „Aufhänger" für die Übung rationaler Abwägeprozesse dient. Sie lautet nein, wenn die jeweiligen Entscheidungsräume (Lebenswelt, öffentlicher Diskurs) als Bedingungsräume von Entscheidungsprozessen in der Aufgabenkonstruktion ernstgenommen werden.

Literatur

Bourdieu, P. (2001): Meditationen: zur Kritik der scholastischen Vernunft. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Bruner, J. (1997): Sinn, Kultur und Ich-Identität. Heidelberg: Carl-Auer-Systeme.

Dittmer, A., Menthe, J., Gebhard, U. & Höttecke, D. (2013): Hamburger Perspektiven auf Bewertungskompetenz. In: Bernholt, S. (Hrsg.): Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Kiel: IPN. 353-355.

Düker, P. & Menthe, J. (2016): Zum Verhältnis von Rationalität und Intuition bei Schülerurteilen. In: Menthe, J., Höttecke, D., Zabka, T., Hammann, M. & Rothgangel, Martin (Hg.): Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung, Bd. 10. Münster: Waxmann.

Eggert, Sabina & Susanne Bögeholz (2006): Göttinger Modell der Bewertungskompetenz - Teilkompetenz "Bewerten, Entscheiden und Reflektieren" für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. ZfDN, 12, 177-197.

Gruschka, Andreas (2003): Ganymed in den Fängen der Didaktik. In Pädagogische Korrespondenz, 31, 25-41.

Hostenbach, Julia (2011): Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht. Berlin: Logos-Verlag.

Haidt, Jonathan (2001): the emotional dog and its rational tail. A social intutionist approach to moral judgement. Psychological Review, 108, 814-834.

Hößle, C. & Menthe, J. (2013). Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung: Ein Beitrag zur Begriff sklärung. In J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks & C. Hößle (Hrsg.), Handeln in Zeiten des Klimawandels - Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe. Münster: Waxmann, 35-65.

Kahneman, Daniel (2012): Thinking, Fast and Slow. New York & London: Penguin Psychology.

Meyerhöfer, Wolfram (2005): Tests im Test: Das Beispiel PISA. Opladen: Barbara Budrich.

Sander, Hannes (2016): Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung: Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft. Dissertation. Universität Hamburg.

Strack, Fritz & Deutsch, Roland (2004): Reflective and Impulsive Determinants of Social Behavior. In: Personality and Social Psychological Review, 8, 220-247.

Wernet, Andreas (2006a): Hermeneutik – Kasuistik – Fallverstehen. Stuttgart: W. Kohlhammer.

Wernet, Andreas (2006b): Einführung in die Interpretationstechnik der Objektiven Hermeneutik. Qualitative Sozialforschung Bd.11. Wiesbaden: VS.

Christin Marie Sajons
Michael Komorek
Universität Oldenburg

Lernprozesse im Schülerlabor – Bedingungsfaktoren und Modellierung

Stand der Forschung und Forschungslücke

Naturwissenschaftlicher Unterricht wird vielfach durch Angebote außerschulischer Lernorte ergänzt (Braund & Reiss, 2007; Tal, 2012; Rohs, 2016; Harring et. al., 2016)). Insbesondere Schülerlabore haben sich etablieren können. Besuche in Schülerlaboren sind für Lehrkräfte und Schüler/innen gleichermaßen attraktiv, weil durch die Andersartigkeit dieser Orte, an denen eher ein informelles Arbeiten (Stocklmayer, Rennie & Gilbert, 2010) und vor allem eine hohe Eigenaktivität versprochen wird, ein Beitrag zur Scientific Literacy und damit auch zum Erfüllen des Schulcurriculums geboten wird (Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011; Weßnigk, 2012; Haupt et al., 2013). Auch der Zugang zu aktueller Forschung ist vielfach gegeben. Studien belegen, dass von Schülerlaboren gewisse Wirkungen auf das situative Interesse und auf die Motivation zum wissenschaftlichen Denken und Arbeiten ausgehen (Engeln, 2004; Scharfenberg, 2005; Glowinski, 2007; Guderian, 2007; Pawek, 2009; Weßnigk, 2013). Allerdings ist noch zu wenig geklärt, welche kognitiven Prozesse in Schülerlaboren angeregt werden können. Kenntnisse hierüber sind aber notwendig, wenn die Angebote datenbasiert weiterentwickelt werden sollen, um den Nutzen der Schülerlabore als eigenständige Lernangebote und als Ergänzung zur Schule zu erhöhen. Weitgehend unverstanden, weil wenig untersucht, ist auch die komplexe Angebots-Nutzungs-Dynamik in MINT-Schülerlaboren, zu deren Modellierung die verschieden Perspektiven von Anbietern und Nutzern systematisch aufeinander bezogen werden müssen.

Forschungsfragen

In der hier vorgestellten Studie werden daher drei Forschungsgegenstände definiert und empirisch und analytisch untersucht.

- Die Sicht der pädagogisch Verantwortlichen soll erhoben werden: Welche Ziele verfolgen Schülerlabore und worin sehen sie ihre Potentiale? Welche Vorstellungen bestehen bei den Betreibern davon, wie die Angebote wirken? Informationen hierzu liefen Erklärungen, wie die vorgefundene Struktur eines Angebots entstanden ist.
- Die Angebote sollen aus einer theoretischen Perspektive heraus in Bezug auf lernförderliche oder lernhemmende Facetten beschrieben werden: Wie lassen sich die Schülerlabore und ihre Angebote in Bezug auf aktuell als lernrelevant diskutierte Konstrukte charakterisieren? Welche Profile ergeben sich für die betrachteten Schülerlabore?
- Die Denk- und Lernprozesse der Schüler/innen sollen rekonstruiert werden, ebenso die Nutzung der Angebote: Welche Lernprozesse finden auf der Handlungsebene und auf kognitiver Ebene statt? Wie nutzen die Schüler/innen die Angebote? Welche Merkmale der Angebote initiieren, fördern oder hemmen das Lernen und die Motivation zu lernen?

Theoretische Basis

Epistemologisch liegt der Studie die (sozial-)konstruktivistische Sicht auf fachliches Lernen zugrunde (Möller, 2007; Gerstenmeier & Mandl, 1995), wonach Lernen als aktiver Konstruktionsprozess des beteiligten Individuums in der sozialen Situation verstanden wird. Sie beschreibt Basismodelle des Lernens wie Konzeptlernen (Duit & Treagust, 2003), Lernen aus Eigenerfahrung oder Problemlösen in konsistenter Weise. Da neben dem fachlichen Lernen auch komplexe Nutzungsprozesse im Schülerlabor von Interesse sind, wird hier ein an Helmke (2009) angelehntes Modell von Angebot und Nutzung verwendet. Ansätze zum design-based

research (Design-Based Research-Collective, 2003) bzw. zur fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Hussmann et al., 2013) bilden die forschungsmethodische Basis.

Studiendesign, Stichprobe und Datenpool
An der Studie haben drei Schülerlabore teilgenommen, das Zentrum für Natur und Technik in Aurich, der außerschulische Lernort Technik und Natur in Wilhelmshaven und das DLR_School_Lab in Bremen. Verschiedene Instrumente wurden für die Untersuchung der drei Forschungsfragen adaptiert und werden im Folgenden beschrieben; Abb. 1 verdeutlicht das Design, das zwei Phasen umfasst: zunächst wird ein vorhandenes Angebot analysiert und dann datengestützt verändert (Triangulation und Kreation), um es erneut zu untersuchen.

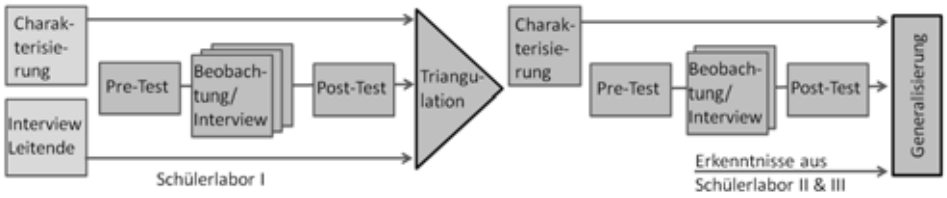


Abb. 1: Studiendesign

Leitfadeninterview zur Erhebung der Sicht des pädagogischen Personals der Labore
Es wurde ein fokussierendes, teilstrukturiertes qualitatives Leitfadeninterview entwickelt, dessen Fragen sich darauf bezogen, inwieweit in ihrem Schülerlabor lernrelevante Facetten umgesetzt sind. Insbesondere wurde danach gefragt, inwiefern die Wahrnehmung von Selbstwirksamkeit und Autonomie (Deci & Ryan, 2000, 2008) unterstützt wird und welche Rolle das Herstellen von Produkten für kognitive oder affektive Prozesse spielt.
Stichprobe und Datenpool: Es liegen insgesamt zehn Interviews von durchschnittlich 25 Minuten Dauer vor, einzelne Interviews waren vier Stunden lang. An allen Lernorten wurde der pädagogische Leiter des Schülerlabors sowie Mitarbeiter, die die Angebote durchführen, interviewt. Die Interviews wurden wörtlich transkribiert, codiert und mit Methoden der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) kategorienbasiert ausgewertet.

Analyseraster zur Charakterisierung der Schülerlabore
Für die Analyse der Angebotsstruktur ist einen Charakterisierungsraster entwickelt worden. Es umfasst zehn pädagogisch-didaktische Konstrukte, die eine Relevanz für die Entwicklung von Interessen (Glowinski, 2007) und für fachliches Lernen haben. Dazu gehören Zielgerichtetheit, Offenheit, Kontextualisierung oder die Rolle von Objekten, die Schüler/innen herstellen (mehr Details in Sajons, Stiefs & Komorek in diesem Band). Beispielsweise kann die Offenheit eines Laborangebots zwischen *Fremdsteuerung* und *Selbststeuerung* eingestellt sein. Das Raster wurde während des Betriebs des Schülerlabors eingesetzt.
Stichprobe und Datenpool: Bei jedem der drei kooperierenden Schülerlabore wurden die Angebote von mehreren Ratern charakterisiert, so dass Profile der Schülerlabore entstanden sind.

Fragebögen, Beobachtungsraster und Interviews zur Untersuchung der Schülerprozesse
Um zu klären, wie die Schüler/innen die Angebote im Schülerlabor nutzen und welche kognitiven Prozesse sowie welche Handlungen stattfanden, wurden alle teilnehmenden Schüler/-innen per Fragebogen mit offenen und geschlossenen Items zu Vorwissen und zur Bewertung des Angebots befragt. Einige Schüler/innen wurden beim Durchgang durch das Angebot beobachtet und entlang eines offenen Leitfadens zu ihren Aktivitäten, zu fachlichen Inhalten, zur Selbstwahrnehmung und zum Herstellen von Zusammenhängen interviewt. Ein follow-

up-Klasseninterview beendete die Datenaufnahme.
Stichprobe und Datenpool: An jedem Lernort haben je fünf Schulklassen (Klasse 5 oder 6) an der Studie teilgenommen, insgesamt 450 Schüler/innen. Alle Schüler/innen haben vor und nach dem vierstündigen Besuch im Schülerlabor je einen Fragebogen mit 25 Items bearbeitet. In jeder der 15 Schulklassen ist eine dreiköpfige Schülergruppe engmaschig befragt worden (45 Stunden Audiotranskript).

Ergebnisse
Alle Fragebogen- und Interviewdaten wurden mit Methoden der Qualitativen Sozialforschung (u. a. Mayring, 2015) ausgewertet. Insbesondere wurden die einzelnen Ergebnisse nach folgenden Leitfragen aufeinander bezogen (trianguliert):

- Inwieweit finden sich die Ziele und Erwartungen der Anbieter in den Ergebnissen der Charakterisierung wieder? Inwiefern über- oder unterschätzen die Leitenden die Potentiale ihres Ortes/ihres Angebots?
- Welche Handlungen, Denk- und Lernprozesse erwarten die Anbieter bei den Schüler/-innen? Welche nehmen sie wahr? Worin weichen die Erwartungen der Betreiber und die rekonstruierten Nutzungs- und Lernprozesse voneinander ab?
- Inwieweit beeinflussen die Merkmale der Angebote die abgelaufenen Denk- und Lernprozesse? Welche Rolle spielen dabei Mediatorvariablen wie die von den Schüler/innen wahrgenommene Selbstwirksamkeit (Deci & Ryan, 2000, 2008)?

Beispiel: In einer Problemlöseaufgabe sollten Schüler/innen einen Lander konstruieren, der eine Sonde sicher auf einem Planeten landet. Bei den Schüler/innen führte die Aufgabe zu einem hoch dynamischen Prozess, der jedoch immer abrupt abbrach, wenn der Lander fertig war. So war es im Skript des Angebots vorgesehen. Äußerungen wie „Wir sind so doof" zeigten dann den Missmut, falls der Lander im Einsatz nicht gut funktionierte. Die Schüler/innen wünschen sich dann, Variationen erproben zu dürfen, was aber nicht vorgesehen war: „Hätte man mehr Versuche gehabt, hätte man nochmal [den Lander] verbessern können." Die Prozesse auf Schülerseite wurden den Zielen und Sichtweisen der Anbieter gegenübergestellt. Den Leitenden war das Kompetenz- und Erfolgserleben der Schüler/innen sehr wichtig: „[…] wichtig, dass die Schüler sich positiv selbst erleben." „Erfolgserlebnis, wenn der Fallschirm aufgeht, [ist ganz wichtig]." Auch wollten sie eine Berufsorientierung erreichen: „Schüler sollen wissen, was ein […] Ingenieur macht." Es bestand also eine Diskrepanz zwischen den Absichten der Leitenden und dem gültigen Skript. In einer Veränderung wurde ermöglicht, dass die Schüler/innen ihren Lander optimieren. Es entstand dann ein dynamischer Prozess durch das mehrfache Testen des Lander-Modells, das nun hypothesengeleitet und erfahrungsbasiert ablief. Die Schüler/innen kamen in einen „ingenieurswissenschaftlichen" Modus, der die Kompetenzwahrnehmung steigerte.

Fazit
Das Multi-Methods-Design erlaubte es, die Komplexität der ablaufenden Prozesse im Schülerlabor zu modellieren, sodass Schlüsse für Veränderungen gezogen werden konnten. Die Adaptionen der eingesetzten Instrumente erwies sich als zielführend. Die Ergebnisse dieser Studie sind geeignet, Ergebnisse anderer Studien neu zu interpretieren, die bei reinem pre-post-design einen geringen Effekt des Besuchs im Schülerlabor hinsichtlich des fachlichen Lernens erkennen wollen, diesen Effekt aber nicht aufklären können. Prozessbetrachtungen können hier Abhilfe schaffen. Denn insgesamt sollen auch die vorliegenden Ergebnisse nicht nur dazu beitragen, einzelne Schülerlabore weiterzuentwickeln, sondern die gewonnenen Ergebnisse sollen so generalisiert werden, dass weitere Schülerlabore in ihren Angeboten verbessert und besser mit dem Schulunterricht verknüpft werden können.

Literatur

Braund, M. & Reiss, M. (2007). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. International Journal of Science Education 28(12), 1373-1388.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry, 11, 227-268.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2008). Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. Canadian Psychology/Psychologie canadienne, 49(3), 182-185.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, 32(1), 5-8.

Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful frame-work for improving science teaching and learning. IJSE, 25(6), 671-688.

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. Zeitschrift für Pädagogik 41(6), 867-888.

Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Bereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Dissertation. Kiel: Universität Kiel.

Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Berlin: Humboldt-Universität.

Harring, M., Witte, M. D. & Burger, T. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen – Interdisziplinäre und internationale Perspektiven. Weinheim: Beltz

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013): Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU 66/6, 324–330 .

Helmke, A. (2015). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett.

Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.). Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Münster: Waxmann, 25-42.

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

Möller, R. (2007). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In J. Kahlert et al. (Hrsg.). Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 258-266.

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel: Universität Kiel.

Rohs, M. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen. Berlin: Springer.

Scharfenberg, F. (2005). Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: Empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. Bayreuth: Universität Bayreuth.

Schmidt, I., Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte, MNU 64/6, 362-368.

Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J. & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education, Studies in Science Education, 46 (1), 1-44.

Tal, T. (2012). Out-of-School: Learning Experiences, Teaching and Students' Learning. In: B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.) Second International Handbook of Science Education. Heidelberg: Springer, 1109-1122.

Weßnigk, S. (2012). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Kiel: Universität Kiel.

Michael Budke Universität Osnabrück
Marco Beeken

Traditionell oder vegetarisch? Es geht um die Wurst im GreenLab_OS

Zusammenfassung
Schülerlabore an Universitäten erfreuen sich großer Beliebtheit und stellen wertvolle Angebote da, um den Schulalltag für Schülerinnen und Schüler gewinnbringend zu erweitern. Dennoch existieren Grenzen, wie hohe Fahrtkosten und lange Fahrtzeiten die einen Besuch eines außerschulischen Lernortes für Schulen unattraktiv machen. Das GreenLab_OS stellt einen außerschulischen Lernort da, der zu aktuellen Themen der Nachhaltigkeit den Erkenntnissen von Pisa und den Vorgaben der Bildungspolitik gerecht wird und besonders die Nachteile von stationären Schülerlaboren mit einer mobilen Variante vergleichen soll. Dabei wird mit einer quantitativen Fragebogenstudie erhoben, ob ein mobiles Schülerlabor für die SchülerInnen eine Alternative zu stationären Angeboten darstellt und vielleicht sogar zu höheren motivationalen Effekten für den Fachunterricht führen kann. In Ergebnissen aus einer Pilotstudie (n=270) zeigt sich, dass beide Lernorte sich in Bezug auf die Skalen Fachinteresse, Sachinteresse oder Selbstkonzept nicht signifikant voneinander unterscheiden, aber die Schülerinnen und Schüler signifikante Änderungen in Bezug auf die Motivation für ihren Schulunterricht im Fach Chemie zeigen, hier deuten die ersten Ergebnisse darauf hin, dass dieses dem mobilen Schülerlabor signifikant besser gelingt aus der stationären Variante an der Universität. Dies soll in der Hauptstudie näher betrachtet werden. Zunächst werden das Konzept des GreenLab_OS sowie die Ergebnisse der Pilotstudie vorgestellt.

Gesellschaftliche Relevanz – Warum die Wurst?

Im Oktober 2015 veröffentlichte die International Agency for Research on Cancer (IARC) eine Pressemitteilung, welche besagt, dass verarbeitetes Fleisch als krebserregend einzustufen sei. Zu verarbeitetem Fleisch gehören laut IARC gepökelte, geräucherte oder anders haltbar gemachte bzw. geschmacklich veränderte Fleischprodukte, also auch Wurstwaren (IARC, 2015). Nicht zuletzt aufgrund solcher Meldungen nimmt die Nachfrage nach Wurstwaren seit einigen Jahren stetig ab. Mittlerweile ist der allgemeine Wurstkonsum im Vergleich zum Jahr 2008 um acht Prozent gesunken, die Nachfrage nach Fleisch sogar um nahezu neun Prozent (Gesellschaft für Konsumforschung e.V. [GfK], 2015). Der Trend zu einem fleischreduzierten Konsum wird von der Ernährungsindustrie und vom Handel durch entsprechende Angebote unterstützt. Die Umsätze sogenannter ‚grüner' Lebensmittel haben sich in den vergangenen vier Jahren fast verdoppelt (Pech-Lopatta, 2015). Die Zahlen des Consumer Index der GfK zeigen, dass es sich dabei um mehr als nur einen Trend handelt, sondern ein neues Marktsegment entstanden ist (GfK, 2015). Eine Untergruppe der Fleischersatzprodukte bilden die fleischanaloge Produkte bzw. Fleischimitate. Dabei handelt es sich um Produkte, die wie Fleisch oder Wurst aussehen und auch entsprechende Namen haben wie „vegetarisches Schnitzel" oder „vegetarische Wurst" (Pech-Lopatta, 2015). Mit anhaltenden gesellschaftlichen Debatten um Themen wie Klimawandel und Ressourcenknappheit rückt der Themenkomplex Landwirtschaft-Ernährung-Gesundheit zunehmend in den Fokus (Meier, 2015). Ein Beitrag zur Ernährungssicherheit kann durch den Konsum nachhaltiger Lebensmittel geleistet werden, denn nachhaltige Lebensmittel

aggregieren verschiedene ökologische, ökonomische, soziale und gesundheitliche Ansprüche (Riegel & Hofmann, 2011). Vegetarische Fleischersatzprodukte scheinen auf den ersten Blick eine nachhaltige Alternative zum Fleischkonsum darzustellen. Mit dieser Aussage werden die SchülerInnen im Schülerlabor GreenLab_OS konfrontiert und sollen sich dabei selbst ein Urteil bilden. In einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage aus dem Jahre 2014 hat das Umweltbundesamt der Bundesrepublik Deutschland ermittelt, dass nur noch 21% der Jugendlichen gutes Leben damit definieren, die Natur zu genießen und eine intakte Umwelt zu bewahren. Jedoch sind ihnen die ökologischen Folgen des Fleischkonsums bekannt und es wächst diesbezüglich ein zunehmendes Bewusstsein. Ihrer Auffassung nach werden zu wenige umweltbezogene Themen in Schule vermittelt und sie wünschen sich mehr Angebote. Dies war ein wesentlicher Anlass, das mobile Schülerlabor zu Themen der Nachhaltigkeit anzubieten und es mit dem aktuellen Kontext von vegetarischen Wurstprodukten zu verbinden (Umweltbundesamt [UBA], 2015).

Das Projekt GreenLab_OS

Der innovative Ansatz des mobilen Schülerlabors soll sowohl unterhaltend sein und einen Eventcharakter aufweisen, als auch den Schülerinnen und Schüler möglichst Raum zum freien Experimentieren anbieten. Zunächst werden ihnen zwei verschiede Wurstproben – ein traditionelles tierisches Wurstprodukt sowie eine vegetarische Variante - präsentiert, die sich sensorisch aber nicht zweifelsfrei zuordnen lassen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit mit verschiedenen Experimenten Ergebnisse zu ermitteln, um die Frage aufzuklären, bei welcher Wurst es sich um die Fleisch-Variante handeln könnte. Die Schülerinnen und Schüler führen hierzu entsprechende Experimente zur Stofftrennung durch und weisen unter anderem Pflanzenfarbstoffe und Nitrit nach. Den Abschluss der mehrstündigen Einheit bietet eine Diskussion zu verschiedenen vegetarischen und konventionellen Produkten auf der Basis des expliziten Bewertens (Eggert & Bögeholz, 2006). Ziel des Projektes ist es, dieses Angebot sowohl an der Universität als stationäres Schülerlabor als auch an Schulen als mobiles Schülerlabor anzubieten und diese beiden Varianten hinsichtlich möglicher Unterschiede, u.a. in den Bereichen Fachinteresse, Motivation und Lernerfolg zu untersuchen. Wie einschlägige Studien der Psychologie zeigen, hängt der Lernerfolg nicht nur vom Vorwissen, der Aufmerksamkeit und dem Interesse der Lerner ab, sondern auch vom Lernkontext bzw. dem Lernort. Dieser kann bestimmt werden durch die Lehrperson, die Zeit, oder eben auch durch den Ort (Roth, 2004). Beim Lernen wird das gelernte zum Beispiel damit verknüpft von welcher Quelle die Informationen stammen. Ebenfalls bildet sich ein Orts- und Zeitgedächtnis aus (Schacter, 1996). So konnte Gordon H. Bower 1981 zeigen, dass gelerntes leichter abgerufen werden konnte, wenn Lernort und Prüfungsort der Selbe ist. Neben dem Lernort spielen auch die Emotionen, die zum Zeitpunkt des Lernens vorherrschten eine wichtige Rolle. Sind sie kongruent zum Zeitpunkt des Lernens sowie der Wissensreproduktion, dann gelingt das Abrufen des gelernten deutlich besser. Übertragen auf das Modell Schule bzw. dem GreenLab_OS lässt sich ableiten, dass der Schüler / die Schülerin in der Schule (= mobiles Schülerlabor) gelernte Inhalte auch dort besser abrufen kann, als gelerntes von anderen Orten (= universitäres Schülerlabor), welche mit anderen Emotionen behaftet sein können. Ebenfalls könnte dies eine größere Motivationssteigerung für seinen / ihren Chemieunterricht bedeuten, wenn das GreenLab_OS am Lernort Schule

erfahren wird, als wenn es an der Universität besucht wird, da eine stärkere Verknüpfung mit dem Schulunterricht stattfinden könnte. Sollten sich – wie es die Pilotstudie andeutet - signifikante Unterschiede zwischen dem Lernort Schule und Lernort Universität zeigen, könnte dies ebenfalls einen Einfluss auf die Effektivität von mobilen vs. stationären Angeboten haben.

Forschungsdesign, erste Ergebnisse und Ausblick

Die Evaluation des mobilen und stationären Schülerlabors erfolgte in einer Pilotstudie mit insgesamt 270 Schülern aus acht verschiedenen Klassen aus den Jahrgängen acht und neun. Die Schülerinnen und Schüler wurden zu drei Testzeitpunkten im Prä- Post- und Follow up Design befragt, wobei 116 Personen an allen drei Testzeitpunkten teilgenommen haben (m=69; w=47). Der Schülerfragebogen beinhaltet u.a. Items, die bereits in anderen empirischen Studien zur Wirksamkeit von naturwissenschaftlichem Fach- und Sachinteresse, Selbstkonzept und Motivation eingesetzt wurden (Engeln, 2004; Huwer, 2015; Marsh & Yeung, 1986; Rheinberg, 2001; Shavelson, Hubner & Stanton, 1976). Es wurde die Zustimmung zu Aussagen mithilfe einer 6-Punkt-Likert-Skala erhoben (1 = „stimme überhaupt nicht zu“ bis 6 = „stimme voll und ganz zu“). In einer Reliabilitätsanalyse zeigten sich hohe Korrelationen unter den angepassten Items für das Fach- und Sachinteresse sowie das Selbstkonzept und die Motivation mit Reliabilitätskoeffizenten von 0.695 bis 0.877. Für alle drei Testzeitpunkte zeigt sich, dass sowohl die mobile als auch die stationäre Schülerlabor-Variante das Fach- und Sachinteresse sowie das Selbstkonzept nicht signifikant beeinflussen. Dies ist unter anderem damit zu erklären, dass alle gemessenen Werte auf einem sehr hohen Niveau liegen. Dieses kann natürlicherweise durch eine eintägige Intervention nicht weiter angehoben werden. Allerdings konnten interessante Ergebnisse in Bezug auf die Einschätzung, wie motivierend das Schülerlabor für den Chemieunterricht der Schülerinnen und Schüler empfunden wird gemacht werden. Zwar zeigte sich, dass die Motivation für den Chemieunterricht bei beiden Standorten acht Wochen nach der Intervention signifikant abnimmt, $F(1,109)=21.024$, $p<.001$ jedoch bleibt das Niveau am Lernort Schule auch acht Wochen später signifikant höher, als am Standort Universität direkt nach der Intervention $F(1,109)=19.991$, $p<.001$, $g=.79$. Während die Schulgruppe acht Wochen nach der Intervention immer noch von einem positiven Einfluss spricht, zeigt sich in den Werten der Universitätsgruppe, dass sie mittlerweile die Interessenssteigerung am Chemieunterricht durch den Besuch des GreenLab_OS eher verneinen würden. Auch wenn der Unterschied nicht signifikant ist zeigt sich eine Tendenz für den Wunsch nach mehr Angeboten für die Schule, als für die Universität ($M_{Schule}=5.12$, $M_{Universität}=4.76$) obwohl eine ebenfalls leichte Tendenz dafür besteht eher die Universität als Lernort zu besuchen. Dieser Wunsch ist von der Universitätsgruppe Größer als von der Schulgruppe, es liegt aber kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor. Für die kommende Hauptstudie ist geplant, diese ersten Befunde stärker in den Fokus zu nehmen und ebenfalls über einen Emotionstest die Standorte miteinander und mit dem Chemieunterricht zu vergleichen. Zudem sollen SchülerInnen im Rahmen einer qualitativen Interviewstudie vorab eine Einschätzung darüber geben, welchen der beiden Lernorte sie bevorzugt besuchen würden.

Literatur

Bower, G. H. (1981). Mood and Memory. American Psychologist, 36, No. 2, 129-148

Eggert, S. & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 177-197

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos Verlag

Gesellschaft für Konsumforschung e.V. (2015). Für ‚Veggie’ stehen die Zeichen auf Grün. Consumer Index Total Grocery 03/2015. Consumer Panels. Abgerufen am 27.09.2017: https://www.gfk.com/ fileadmin/user_upload/dyna_content /DE/documents/News/Consumer_Index/CI_03_2015.pdf

Huwer, J. (2015). Forschendes Experimentieren im Kontext einer naturwissenschaftlich- technischen Umweltbildung. Abgerufen am 27.09.2017: http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2015/6056/ pdf/Dissertation_Abgabe_SULB.pdf

International Agency of Research on Cancer. (2015). IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat (Press Release N° 240). Abgerufen am 27.09.2017: https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr240_E.pdf

Marsh, H. W. & Yeung, A. S. (1997). Coursework selection: Relations to academic self-concept and achievement. American Educational Research Journal, 34, 691-720.

Meier, T. (2015). Umweltschutz mit Messer und Gabel: Der ökologische Rucksack der Ernährung in Deutschland. München: oekom Verlag

Pech-Lopatta, D. (2015). Essen soll gesund sein. In GFK Consumer Panels & Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. (BVE) (Hrsg.). Consumers´ choice ´15. Brandenburgische Universitätsdruckereien und Verlagsgesellschaft Potsdam mbh, S. 76-87.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica, 2, 57-66.

Riegel, M. & Hofmann, I. (2011) Nachhaltige Lebensmittelverarbeitung: Ein Leitbild zur Integration verschiedener Ansprüche. München: oekom Verlag

Roth, G. (2004). Warum sind Lehren und Lernen so schwierig? Zeitschrift für Pädagogik 50, 4, 496-506

Schacter, D.L. (1996). Searching for Memory. The Brain, the Mind, and the Past. New York: Basic Books.

Shavelson, R. J., Hubner, J. J. & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: validation of construct interpretations. Review of Educational Research, 46, 407-444.

Umweltbundesamt (2015). Umweltbewusstsein in Deutschland 2014. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Christina Toschka Ruhr-Universität Bochum
Katrin Sommer

Generierung und Nutzung von Analogien beim Umgang mit Modellexperimenten

Duit, Roth, Komorek und Wilbers (2001) haben aufgezeigt, dass aus einer konstruktivistischen Perspektive jeder Lernprozess eine Suche nach Ähnlichkeiten zwischen dem bekannten Wissen und dem neu zu erlernenden Wissen ist.
Im Chemieunterricht werden häufig Experimente eingesetzt, um den Lernenden das Verständnis neuer chemischer Prozesse zu erleichtern (Schulz, 2010). Dabei sind aus Gründen von u.a. Komplexität und Zugänglichkeit nicht alle neuen chemischen Prozesse direkt greifbar, weshalb häufig Modellexperimente eingesetzt werden. Damit der unterrichtliche Einsatz von diesen Modellexperimenten bedeutsam ist, müssen auch hier die Ähnlichkeiten zwischen zwei Bereichen – dem chemischen Prozess (Original) und dem Modellexperiment – von den Lernenden erschlossen werden. Dieser mentale Vergleich von Ähnlichkeiten zwischen zwei Bereichen wird auch als Analogie definiert. Analogien sind „Relationen zwischen den Strukturen zweier Bereiche, von denen einer zur Erklärung eines anderen herangezogen wird“ (Duit et al., 1990). Prinzipiell ist diese Relation zunächst eine festgesetzte Ähnlichkeitsbeziehung (Paatz, 2002). Es wird in der Literatur zwischen (tiefen-) strukturellen Ähnlichkeiten, welche die Struktur des jeweiligen Bereiches bilden, und Oberflächenähnlichkeiten unterschieden (Holyoak & Koh, 1987; Gentner, 1989; Kircher, 1995). Strukturelle Ähnlichkeiten basieren auf den Merkmalen, welche eine kausale Beziehung zwischen zwei Bereichen knüpfen (Holyoak & Koh, 1987). Oberflächenmerkmale sind Attribute (einstellige Prädikate) sowie Relationen (mehrstellige Prädikate), die keinen kausalen Zusammenhang zwischen verschiedenen Elementen der Analogiebereiche herstellen.
Das Nutzen einer Analogie zur Erklärung eines unbekannten Sachverhaltes, welches als Analogienutzungsprozess (Falkenhaier, Forbus & Gentner, 1986; Holyoak & Thagard, 1989; Kologerakis, 2010; Schwering et al., 2009) bezeichnet wird, rückt den Prozess des Vergleichens in den Blickpunkt und ist wiederum als von dem jeweiligen Individuum abhängig zu betrachten. Dieser Prozess wird in der Literatur in (mindestens) drei Phasen modelliert (Vosniadou & Ortony, 1989): acsessing, mapping und generalization. Dabei muss in der ersten Phase (*accessing*) ausgehend von einem erklärungsbedürftigen Original (Zielbereich) ein Zugang zu einem potentiellen Analogiebereich gefunden werden, welcher in seinen hochrangigen und abstrakten Relationen einen hohen Übereinstimmungsgrad zu dem Original aufweist (Gentner, 1989). Dieser wird vornehmlich durch Oberflächenähnlichkeiten vermittelt (Holyoak & Koh, 1987; Gentner, Rattermann & Forbus, 1993; Wharton et al., 1994). In der *mapping*-Phase werden die beiden Bereiche miteinander verglichen, Ähnlichkeiten identifiziert und die Merkmale des Analogiebereiches auf den Zielbereich übertragen und somit die Analogiebeziehung charakterisiert. Die *generalization*-Phase führt zur Einführung neuer Konzepte, Erklärungen und allgemeinen Regeln. Diese beiden Phasen werden besonders von strukturellen Ähnlichkeiten geleitet (Holyoak & Koh, 1987; Wharton et al., 1994).
Im Chemieunterricht werden meistens bereits konzipierte Modellexperimente eingesetzt. Bei diesen ist der Schritt des *accessing* abgeschlossen, da durch Dritte (z.B. Lehrpersonen) bereits ein Analogiebereich identifiziert wurde. Zugleich sind der zugehörige Zielbereich sowie die intendierten Analogien (Clement, 1978; Duit, 1995) festgelegt. Von den Lernenden wird erwartet, dass sie das Modellexperiment nutzen, um ein Original zu erklären. Dazu führen auch sie einen Ähnlichkeitsvergleich zwischen Modellexperiment und

Original durch. Übertragen auf das Feld der Modellexperimente basieren die strukturellen Ähnlichkeiten einer festgesetzten Ähnlichkeitsbeziehung auf funktionellen Merkmalen, z.B. die (physikalischen und/oder chemischen) Eigenschaften einer Substanz sowie deren chemische Struktur. Strukturmerkmale sind Merkmale, die gegeben sein müssen, damit die im Modellexperiment zu modellierende chemische Reaktion ausgelöst wird. Davon abzugrenzen sind Oberflächenmerkmale. Sie sind sichtbare Merkmale (Kircher, 1995), z.B. die wörtliche Bezeichnung der Substanz und die äußere Erscheinungsform (z.B. Farbe), die jedoch keinen Einfluss auf die im Modellexperiment zu modellierende chemische Reaktion haben. Strukturmerkmale sind – im Gegensatz zu Oberflächenmerkmalen – relevant für das Verständnis des zugrundeliegenden fachlichen Konzeptes (Beller & Bender, 2010; Kircher, 1995). Empirisch ist nicht geprüft, in welcher Art und Weise die konkrete Auseinandersetzung mit Modellexperiment und Original im Detail von den Schülerinnen und Schülern erfolgt. Um die Struktur und Qualität des Analogiebildungsprozesses beim Umgang mit Modellexperimenten am Beispiel der Mehlstaubexplosion zu untersuchen, wurde folgende Frage gestellt:

Welche Mikrostrukturen des Analogienutzungsprozesses von Lernenden können beim Umgang mit Modellexperimenten identifiziert werden?

An der Pilotierung des Studiendesigns und der Testinstrumente nahmen N = 95 Schülerinnen und Schüler (Alter (MEAN) = 12,8 Jahre) der 7. Jahrgangsstufe von drei Gymnasien des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen teil. Sie wurde am Ende des zweiten Schulhalbjahres 2017 während eines eigens dafür entwickelten Schülerlaborprojektes „Feuer(löschen) im Schülerlabor“ im Alfried-Krupp Schülerlabor der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt. Dabei wurden das Design und die Instrumente in verschiedenen Projekttagen während der Pilotierung weiterentwickelt. Die Festlegung auf die Jahrgangsstufe 7 ist auf den fachlichen Kontext „Brände und Brandbekämpfung“ zurückzuführen, der im aktuellen Kernlehrplan in dieser Jahrgangsstufe verortet ist (KLP NRW, 2008). Im Mittelpunkt des Projektes stehen fünf Experimente, die dem Themenfeld „Brände und Brandbekämpfung“ zuzuordnen sind und als Stationenlernen arrangiert sind.
Die Datenerhebung erfolgte im Pre- und Posttest mit schriftlichen und mündlichen Befragungsinstrumenten. Die Methode „Lautes Denken“ (Van Someren et al., 1994) wurde ausgewählt und eingesetzt, um die Denkprozesse beim Umgang mit dem Modellexperiment zur Staubexplosion und dem intendierten Original – Mehlstaubexplosion der Bremer Rolandmühle 1979 – zu identifizieren. Zunächst wurde an dieser Station ein Modellexperiment zur Staubexplosion durchgeführt und protokolliert. Im Anschluss daran wurde eine Musterlösung vorgelesen, sodass alle Schülerinnen und Schüler dieselbe Beobachtung als Grundlage hatten. Danach sollten sie einen Text lesen, in dem die Explosion der Bremer Rolandmühle rudimentär beschrieben wurde. Die Lernenden erhielten nachfolgend eine Aufgabe, in der sie Modellexperiment und Original vergleichen sollten und wurden aufgefordert, ihre Gedanken unmittelbar im Zuge der Aufgabenbearbeitung in Worte zu fassen („Introspektion“, Konrad, 2010). Ihre Antworten wurden audiographiert. Die Introspektion wurde durch ein direkt anknüpfendes leitfadengestütztes Interview ergänzt, welches ermöglichen sollte, nicht artikulierte Vergleichsprozesse zu identifizieren. Von N_K = 76 Schülerinnen und Schülern, für welche jeweils ein kompletter Datensatz vorliegt, konnten N_L = 63 Laut-Denk-Protokolle (50 Einzelprotokolle und 13 Partnerprotokolle) erhalten werden. Bei der Betrachtung dieses Forschungsvorhabens wird deutlich, dass die Auswertung des Datenmaterials nicht losgelöst von dem Kontext „Explosion“ erfolgen kann. Daher können zwei Auswertungsdimensionen festgelegt werden: eine inhaltliche und eine prozesshafte Dimension. Die inhaltliche Dimension bezieht sich auf die Elemente des Explosionskonzeptes und deren Niveau. Die prozessbezogene Dimension bezieht sich auf

die Subprozesse, welche Elemente des Analogiedenkprozesses sind. Zur Entwicklung des Auswertungsinstruments wurde sich für das deduktiv-induktive Vorgehen mittels qualitativer Inhaltsanalyse entschieden (Mayring, 2010).
Die in Abbildung 1 aufgeführten Prozesse beim Analogiedenken wurden theoriegeleitet entwickelt und sollen auf Grundlage der durchgeführten Studie induktiv ergänzt und ausdifferenziert werden. Zum momentanen Zeitpunkt befindet sich der Kodierleitfaden in der Entwicklung – konkret in dem Schritt, in dem die konkreten Definitionen, Ankerbeispiele und Kodierregeln zu den einzelnen Kategorien trennscharf anhand der transkribierten Audiodateien (Dresing & Pehl, 2011) formuliert werden.

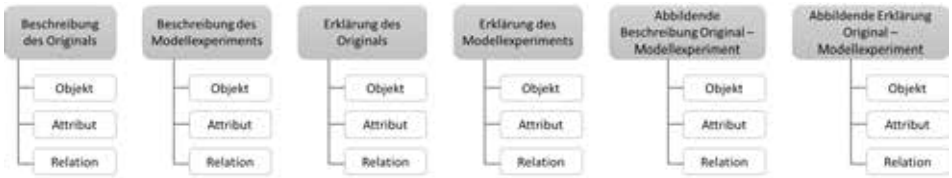


Abb. 1: Prozesse beim Analogiedenken (nach Gentner 1989; Klein, Piacente-Cimini & Williams, 2007), bisher kein Anspruch auf Vollständigkeit

Des Weiteren wurden folgende Kontrollvariablen erhoben: soziodemographische Variablen (Alter, Geschlecht, Muttersprache und Schulleistung), Interesse am Fach Chemie (verändert nach Baumert et al., 1986), Kognitive Fähigkeits-Test (KFT) mit der Subskala figurale Analogien (Heller & Perleth, 2000) sowie fachliches Vorwissen zum Konzept der Explosion (verändert nach Steff, 2015).

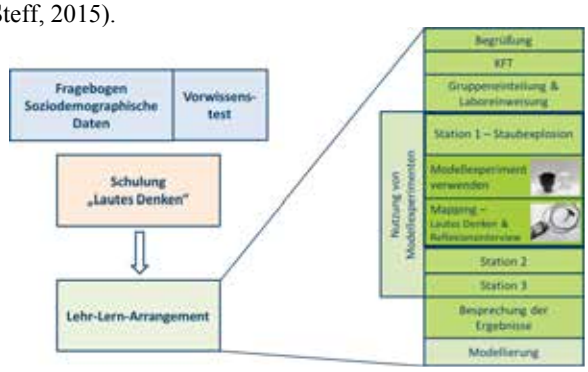


Abb. 2: Forschungsdesign

Nach der Fertigstellung des Kodierleitfadens wird dieser pilotiert und in der Hauptstudie auf die Daten, die im ersten Schulhalbjahr 2017/2018 erhoben werden, angewendet.
Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Methode Lauten Denkens wichtige Hinweise auf die Denkprozesse ermöglicht. Dabei geben die Schülerinnen und Schüler Aussagen in beide Dimensionen – inhaltliche und prozesshafte – wieder. Jedoch ist die Methode für eine vollständige Aufdeckung von Denkmustern nicht ausreichend. Bei der Entwicklung des Auswertungsinstrumentes ist zu beobachten, dass nicht alles, was im Kurzzeitgedächtnis vorhanden ist, von den Schülerinnern und Schülern auch versprachlicht wird. Deswegen wurde ein Leitfaden für ein an die Introspektion anknüpfendes Interview entwickelt, durchgeführt und als unerlässlich erachtet.
Zusätzlich wird deutlich, dass eine Auseinandersetzung mit den Analogiedenkprozessen beim Umgang mit Modellexperimenten förderlich ist, um Aussagen über konkrete Einflüsse durch die Konstitution von Modellexperimenten auf den Denkprozess treffen zu können.

Literatur

Baumert, J., Roeder, P.M., Sang, F., & Schmitz, B. (1986). Leistungsentwicklung und Ausgleich von Leistungsunterschieden in Gymnasialklassen. Zeitschrift für Pädagogik 32, 639-660.

Beller, S., & Bender, A. (2010). Allgemeine Psychologie – Denken und Sprache. Reihe: Bachelorstudium Psychologie - Band 3, Göttingen: Hogrefe.

Clement, J. (1978). The role of analogy in scientific thinking: Examples from a problem solving interview. University of Massachusetts, Department of Physics and Astronomy. (online: http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED287702.pdf)

Dresing, T., & Pehl, T. (2011). Praxisbuch Transkription. Regelsysteme, Software und praktische Anleitungen für qualitative ForscherInnen, 1. Auflage. Eigenverlag Marburg, S.15ff.

Duit, R. (1990). Trends der Forschung zum Naturwissenschaftlichen Denken – von Alltagsvorstellungen zur konstruktivistischen Sichtweise. In: Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven. Hrsg. Von der GDCP, Kiel. Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm-Verlag, 112-131.

Duit, R. (1995). Analogien unter der Lupe. Naturwissenschaften im Unterricht Physik 27, 11-14.

Duit, R., Roth, W.-M., Komorek, M., & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies – between Scylla and Charaybdis. Learning and Instruction, 11, 283-303.

Falkenhainer, B., Forbus, K. D., & Gentner, D. (1989). The structure-mapping engine: Algorithm and examples. Artificial Intelligence 41 (1), 1-63.

Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), Similarity and analogical reasoning (S. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press.

Gentner, D., Rattermann, M. J., & Forbus, K. D. (1993). The role of similarity in transfer: Seperating retrievability from inferential soundness. Cognitive Psychology, 25, 524-575.

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

Holyoak, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. Memory & Cognition, 15, 332-240.

Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1989). Analogical Mapping by Constraint Satisfaction. Cognitive science 13 (3), 295-355.

Kircher, E. (1995). Studien zur Physikdidaktik. Erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Grundlagen. Kiel: IPN.

Klein, P. D., Piacente-Cimini, S., & Williams, L. A. (2007). The role of writing in learning from analogies, Learning and Instruction 17, 595-611.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Chemie (1st ed.). Frechen: Ritterbach Verlag.

Kalogerakis, K. (2010). Innovative Analogien in der Praxis der Produktentwicklung, Wiesbaden: Gabler.

Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In: G. Mey, K. Mruck (Eds.), Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. VS Verlag für Sozialwissenschaften

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Paatz, R. (2002). Charakteristika analogiebasierten Denkens – Vergleich von Lernprozessen in Basis- und Zielbereich. Berlin: Logos Verlag.

Schulz, A. (2011). Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: Eine Videostudie. In: H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.). Studien zum Physik und Chemielernen. Band 113. Berlin: Logos Verlag.

Schwering, A., Krumnack, U., Kühnberger, K. U., & Gust, H. (2009). Syntactic Principles of Heuristic-Driven Theory Projection. Journal of Cognitive Systems Research 10 (3), 251-269.

Steff, H. (2015). Untersuchungen über Modellexperimente des Chemieunterrichts – dargestellt am Beispiel der Mehlstaubexplosion. Dissertation. Ruhr-Universität Bochum.

Vosniadou, S., & Ortony, A. (1989). Similarity and analogical reasoning. A synthesis. In: S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), Similarity and analogical reasoning (S. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press.

Wharton, C. M., Holyoak, K. J., Downing, P. E., Lange, T. E., Wickens, T. D., & Melz, E. R. (1994). Below the surface: Analogical similarity and retrieval competition in reminding. Cognitive Psychology, 26, 64-101.

Nikola Schild Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier

Eingangsvoraussetzungen als Prädiktoren zur Vorhersage von Studienerfolg in Physik

Ausgangslage: Ursachen und Bedingungen für Studienerfolg oder Studienabbruch werden seit einigen Jahren auch in der Bundesrepublik umfassend erforscht. Spätestens seit der Bologna-Reform, die auch mit der Forderung nach einer Steigerung der Studienerfolgsquote verbunden war (Sekretariat KMK, 2003), ist diese Thematik erneut in den Fokus der Öffentlichkeit und der empirischen Bildungsforschung gerückt. Allerdings konnte insbesondere in den MINT-Fächern bislang keine Steigerung der Erfolgsquoten nach der Reform festgestellt werden. Die jährlich veröffentlichten Daten der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) legen nahe, dass seit 2009 die Erfolgsquote sogar weiter gesunken ist (vgl. Nienhaus, 2006-2010, Matzdorf et al., 2011-2013; Düchs et al., 2014-2015). Hier besteht also ein starker Forschungsbedarf (insbesondere zu den Ursachen und Determinanten), aber auch ein Bedarf an daraus (evidenzbasiert) abgeleiteten Präventions- und Interventionsmaßnahmen sowie eine Erforschung der Wirksamkeiten dieser Maßnahmen.
Mittlerweile existieren verschiedene Interventionsansätze, die zu einer Steigerung von Erfolgsquoten im Studium führen sollen. Ein bereits etablierter Ansatz ist das sog. *Online-Self-Assessment* (OSA). Hierbei handelt es sich um ein webbasiertes Informations- und Testsystem, was Studieninteressierte gezielt zu ihrer Studienwahl beraten und damit den Entscheidungsprozess erleichtern soll. Da die Informiertheit zu Studienbeginn (aber auch der Abgleich der eigenen Kompetenzen mit den in der Studieneingangsphase geforderten) sich in verschiedenen Studien als wichtiger Prädiktor für einen Studienerfolg erwiesen hat (z. B. Albrecht, 2011), wird der Einsatz eines OSA innerhalb des hier vorgestellten Forschungsprojekts als ein besonders geeignete Präventionsmaße eingeschätzt. Aus diesem Grund wird im Projekt ein fach- und universitätsspezifisches OSA für das MINT-Fach Physik entwickelt. Die bisher in der Bundesrepublik eingesetzten OSA basieren allerdings auf Erfahrungen und Experteneinschätzungen. Das hier angestrebte Instrument soll im Gegensatz dazu auf empirischen Grundlagen aufbauen und über ein statistisch fundiertes Vorhersagemodell zum Studienerfolg (abgeleitet aus den Eingangsvoraussetzungen) entwickelt werden.

Theoretischer Hintergrund: In den letzten Jahren wurden vielfältige theoretische Modelle entwickelt, die die für Abbruch oder Erfolg verantwortliche Prozesse und Zusammenhänge beschreiben. Dabei fällt eine Gemeinsamkeit aller Modelle auf: Die Eingangsvoraussetzungen machen nur einen kleinen Teil des späteren Erfolgs aus und werden über die Studienzeit durch verschiedene Konstrukte moderiert. Beispiele dafür sind das Modell zum Studienerfolg von Thiel et al. (2008) oder das Modell des Studienabbruchprozesses von Heublein et al. (2009). Insbesondere letzteres macht deutlich, welch vielfältige und komplexe Strukturen die Entscheidung für oder gegen einen Abbruch beeinflussen können. Ein OSA soll allerdings bereits vor Beginn des Studiums eine Prognose über einen etwaigen Erfolg stellen können. Für eine Modellierung können also auch ausschließlich die Eingangsvoraussetzungen genutzt werden. Als wichtige Prädiktoren für Studienerfolg, die im Rahmen der Eingangsvoraussetzungen bereits empirisch erfasst wurden, gelten:

- Fachkompetenz vor Studienbeginn
  (Albrecht, 2011; Kurz, Linser & Oliveira-Vitt, 2008)
- Informiertheit (Albrecht, 2011)

- Motivation/Fachinteresse (z. B. Heublein et al., 2003; Albrecht, 2011)
- Studienwunsch und soziodemografische bzw. soziokulturelle Faktoren (z. B. Heublein et al., 2003; Albrecht, 2011)
- Schulnoten (z. B. Albrecht, 2011, Gold & Souvignier, 2005; Heublein et al., 2003)
- Kurswahl im Abitur (Freyer, 2013)
- Hochschulzugangsberechtigungsnote (HZB-Note) (Albrecht, 2011; Blömeke, 2009; Gawlitza, 2015; Freyer, 2013)

Inwieweit durch eine Analyse der Eingangsvoraussetzungen von Studieninteressierten ein Studienerfolg überhaupt vorhergesagt werden kann, ist die Frage, der innerhalb dieses Forschungsprojekts nachgegangen werden soll. Die leitenden Forschungsfragen lauten daher:

F1: Inwieweit können fachspezifische Prädiktoren Studienerfolg im Fach und Lehramt Physik vor Beginn des Studiums vorhersagen?

F2: Ist eine Vorhersage von Studienerfolg ausschließlich durch die Eingangsvoraussetzungen überhaupt möglich?

Forschungsdesign: Um den genannten Forschungsfragen nachgehen zu können, müssen dafür zunächst geeignete Testformate vorliegen. Hierfür wurden, ebenfalls im Rahmen dieses Forschungsprojets, ein fachspezifischer Kompetenztest zu mathematischen und physikalischen Eingangsvoraussetzungen, sowie ein affektiv-motivationaler Fragebogen zu studiengang-spezifischen Herausforderungen entwickelt und evaluiert (siehe: Schild, Krüger, Rehfeldt & Nordmeier, 2015 und Schild, Rehfeldt & Nordmeier, 2017). Beide Tests wurden bei Studienanfänger*innen des Jahrgangs 2015 (Studienbeginn Wintersemester 2015/16) zu Beginn der ersten Vorlesung eingesetzt. Dieses Vorgehen wurde gewählt, um möglichst viele Studienanfänger*innen zu erreichen, jedoch keine sog. Parkstudierenden[1], da diese erfahrungsgemäß keine Veranstaltungen besuchen. Nach drei Semestern (in unserer Studie Ende Wintersemester 2016/17) wurden alle Veranstaltungen aufgesucht und die Studierenden (per Fragebogenerhebung) nach ihrem Hochschulsemester und einem personenbezogenen Code befragt. Der Code ermöglichte die Zuordnung der Studierenden aus der Erhebung zu Beginn ihres ersten Semesters zum derzeitigen Zeitpunkt (Ende drittes Studiensemester, da Studienabbrüche insbesondere in den erste drei Semestern stattfinden (Albrecht, 2011)). Diejenigen Studierenden, die sich mittels des Codes zuordnen ließen, wurden in dieser Studie als *erfolgreich Studierende* gewertet, die verbliebenen als *dropout*. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da ein Einblick in die universitären Datenbanken aufgrund des Datenschutzes nicht möglich war.

Methode: Die zu Studienbeginn gemessenen Konstrukte sollen mit den *erfolgreich Studierenden* bzw. dem *dropout* in einen statistischen Zusammenhang gebracht werden. Geplant ist, dies in einem einfachen Strukturgleichungsmodell mittels logistischer Regressionen durchzuführen (aufgrund des dichotomen Ergebnisausgangs). Da es keine theoretische Grundlage zur Erstellung des Messmodells gibt, werden die Daten zunächst nach möglichen Zusammenhängen untereinander und mit der Zielvariablen *Studienerfolg* klassisch untersucht. Der Rasch-evaluierte Kompetenztest mit den Dimensionen *Mathematik* und *Physik* wird jeweils auf einen manifesten Wert reduziert, indem die richtigen Antworten je Proband*in aufsummiert werden. Die latenten Variablen aus dem affektiv-motivationalen Testteil fließen in die klassischen Analysen über Faktorwerte, gewonnen aus Faktorladungen, ein.

Stichprobe: Im Wintersemester 2015/16 hatten sich an der Freien Universität 141 Fachstudierende eingeschrieben. Von denen konnten etwa 38% als Parkstudierende

[1] Als Parkstudierende werden Personen bezeichnet, die sich in einen Studiengang einschreiben, aber nicht studieren (d. h. keine Lehrveranstaltungen besuchen) (vgl. Matzdorf & Düchs, 2013).

identifiziert werden, da nur etwa 62% der Einschreiber*innen zu den Veranstaltungen angetreten sind (erfasste Modulbuchungen inkl. Übungsgruppen). In der Studieneingangsbefragung konnten *n = 84* Fachstudierende befragt werden, was nahezu einer Vollerhebung der Gruppe entspricht. Von den 53 Neueinschreiber*innen der Lehramtsstudierenden konnten *n = 43* in der Eingangsbefragung erreicht werden. Die Zahl der Parkstudierenden ist hier allerdings nicht bekannt (Modulbuchungen über beide Studienfächer und berufswissenschaftliche Anteile waren nicht erfassbar). Zumindest kann davon ausgegangen werden, dass der Hauptanteil der ‚ernsthaft' Studierenden dieser Gruppe durch die Befragung erreicht wurde.
In der zweiten Befragung konnten *n = 39* Fachstudierende als *erfolgreich Studierende* identifiziert werden, von den Lehramtsstudierenden waren es *n = 16*. (Wieder scheinen auf den ersten Blick die Zahlen der Fachstudierenden besser zu passen.) In den letzten Jahren wurden an der Freien Universität durchschnittlich jährlich 30-40 Bachelorabschlüsse erreicht, bei den Lehramtsstudierenden waren es 20-30 Abschlüsse. Diese Beobachtung lässt vermuten, dass einige Lehramtsstudierende, die ihr Studium erfolgreich abschließen werden, durch die zweite Befragung nicht erreicht werden konnten. (Rückmeldungen aus der Studienberatung deuten darauf hin, dass Lehramtsstudierende sich oft nicht an den empfohlenen Studienverlaufsplan halten und teilweise beide Fachwissenschaften getrennt voneinander (seriell) studieren, weshalb sie durch die Erhebung nicht erfasst werden können.)

Einblick in die Daten: Die Gruppen der *erfolgreich Studierenden* unterscheiden sich hochsignifikant von der des *dropouts* in der HZB-Note. Hier konnte ein mittlerer Effekt von *d = .69* gemessen werden (Cohen, 1988). Ebenso zeigen die Ergebnisse des fachbezogenen Leistungstests in Mathematik und Physik signifikante Gruppenunterschiede mit einem starken Effekt in Physik mit *d = .83* und einem mittleren Effekt in Mathematik mit *d = .57*.
Dies lässt darauf schließen, dass kognitive Fähigkeiten – erwartungskonform – im Zusammenhang mit einem Studienerfolg stehen. Insbesondere lässt der große Effekt im Physiktest vermuten, dass gerade die fachbezogenen Fähigkeiten besonders starken Einfluss auf Studienerfolg haben können.
Bei den latenten Variablen konnten signifikanten Gruppenunterschiede in den Konstrukten *Lerngruppenbildung* mit starkem Effekt (*d = .75*) und *unbekümmerter Passivität* mit mittlerem Effekt (*d = .51*) festgestellt werden. Die Ergebnisse sprechen dafür, dass eine stärkere Neigung zu sozialer Einbindung im Studium förderlich für einen Studienerfolg sein kann und eine laissez-faire Einstellung zu Studienleistungen eher hinderlich.

Diskussion und Ausblick: Den Ergebnissen der klassischen Analysen zufolge haben nur wenige der erhobenen Konstrukte einen Einfluss darauf, zur Gruppe der *erfolgreich Studierenden* zu gehören. Einige davon wirken allerdings mit mittleren bis starken Effekten. Dies bedeutet zum einen, dass Vorhersagen durch Eingangsvoraussetzungen möglich sein können. Allerdings heißt es auch zum anderen, dass die Einflüsse, die während des Studiums stattfinden, ob studienintern oder -extern, deutlich stärker ins Gewicht fallen können als die Eingangsvoraussetzungen. Eine Betrachtung des gesamten Studienverlaufs mit dem Einsatz von Interventionen gegen Studienabbruch während des Studiums scheint deshalb vielversprechend. Sie könnte eine ergänzende, wenn nicht sogar höhere Wirksamkeit als ein Test über Eingangsvoraussetzungen haben. Zusätzlich lassen die bisherigen Ergebnisse vermuten, dass Einzeldiagnosen, wie sie in OSA bisweilen angestrebt werden, nicht möglich sind. Auch wenn in diesem Forschungsprojekt nur eine sehr begrenzte und kleine Stichprobe mit einem eingeschränkten Messinstrument untersucht wurden, weisen die bisherigen Ergebnisse auf eine mögliche Überschätzung der Vorhersagekraft bisher eingesetzter OSA hin. Nach unserer Einschätzung erweisen diese Instrumente aber als eine sinnvolle Informationsquelle für Studieninteressierte, um ihre eigene Passung zu dem Studiengang oder der Universität zu überprüfen.

Literatur

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

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

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed). Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.

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

Düchs, G. & Ingold, G. (2015). Weiter auf hohem Niveau. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2015. Physik Journal 14 (8/9), 28-33

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

Gawlitza, G. (2015). Analyse der Eingangsvoraussetzungen und des Studienerfolges von natur-, sprach-, geistes- und sportwissenschaftlichen Referendaren in Anlehnung an die SioS-L Studie. 2015, 24 S. - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-105513

Gold, A. & Souvignier, E. (2005). Prognose der Studierfähigkeit. Ergebnisse aus Längsschnittanalysen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 37, 214-222

Heublein, U., Spangenberg, H., & Sommer, D. (2003). Ursachen des Studienabbruchs. Analyse 2002 (Hochschulplanung 163). Hannover: HIS

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D. &Besuch, G. (2009). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. HIS: Projektbericht

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

Matzdorf, R. (2011). Physik im Aufwind. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2011−erstmals mehr als 10 000 Studienanfängerinnen und -anfänger in Physik. Physik Journal, 10(8/9),23-27

Matzdorf, R. (2012). Mehr Physikstudierende als je zuvor. Die Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2012 zeigen ein differenziertes Bild von echten Anfängern und „Parkstudierenden“. Physik Journal, 11 (8/9), 29-33

Matzdorf, R. & Düchs, G. (2013). Immer mehr Parkstudierende. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2013. Physik Journal, 12 (8/9), 29–33

Nienhaus, G. (2007). Physikstudium im Wandel. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2007. Physik Journal. 6 (8/9), 29- 31

Nienhaus, G. (2008). Stark ansteigende Absolventenzahlen. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2008. Physik Journal. 7 (8/9), 1- 4

Nienhaus, G. (2009). Studierendenzahlen weiter angestiegen. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2009. . Physik Journal. 8 (8/9), 30- 33

Nienhaus, G. (2010). Fast 10000 Neueinschreibungen. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2010. Physik

Schild, N., Rehfeldt, D., Nordmeier, V. (2017). Mögliche Prädiktoren für den Studienerfolg im Lehramt und im Fach Physik. In J. Stiller & C. Laschke (Hrsg.), Berlin-Brandenburger Beiträge zur Bildungsforschung 2017. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien: Peter Lang.

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

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2003). 10 Thesen zur Bachelor- und Masterstruktur in Deutschland. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.06.2003. Zugriff am 7.6.2016

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

Thorid Rabe MLU Halle-Wittenberg
Olaf Krey

Identität als Analyseperspektive für die Physikdidaktik?

Mit diesem Beitrag soll die Frage aufgeworfen werden, ob das Konstrukt der Identität für die Physikdidaktik bzw. Fachdidaktik allgemein eine sinnvolle Analysekategorie darstellt, die ergänzende Forschungsperspektiven bzw. neue Perspektiven auf etablierte Forschungsgegenstände eröffnen kann. Von besonderem Interesse ist aus unserer Sicht, ob und wie das Identitätskonstrukt herangezogen werden sollte, wenn es um die Problematik geht, wie sich Kinder und Jugendliche, aber auch Erwachsene zu Physik als Gegenstand und Fach ins Verhältnis setzen. Sichtbar wird dieses Sich-ins-Verhältnis-Setzen besonders, wenn es um Entscheidungen für oder gegen Bildungswege geht, die mit Physik zu tun haben. Insofern bildet der wahrgenommene Nachwuchsmangel in naturwissenschaftlichen, insbesondere physikalischen Studiengängen und Berufsfeldern als Problemlage den Anlass für die Frage nach Identität als Analyseperspektive, sollte diese aber nicht auf dieses Feld begrenzen.

Bewährte theoretische Zugänge zu Bildungswegentscheidungen gehen beispielsweise von der sozialkognitiven Theorie nach Bandura (1997) aus, in der Entscheidungen als Ergebnis von Interessen und Überzeugungen aufgefasst werden, die sich auf die eigene Person beziehen. So greift das sogenannte Erwartungs-mal-Wert-Modell in einer ähnlichen theoretischen Tradition auf Erfolgserwartungen des Individuums und die Wertschätzung des Handlungsergebnisses durch das Individuum zurück, um zum Beispiel Studienwahlentscheidungen zu erklären (Eccles & Wigfield, 2002). Gleichwohl werden diese Zugänge kritisiert für ihre mangelnde Sensitivität bezüglich sozialer Faktoren und Rahmenbedingungen, aber auch der fehlenden Berücksichtigung von Zufällen. Zumindest teilweise wohnt den Ansätzen eine Tendenz zur Rationalisierung des Entscheidungsprozesses inne (Bøe et al., 2011; Stokking, 2000), der außerdem nicht immer in seiner Prozesshaftigkeit wahrgenommen wird (so finden Befragungen oftmals nur zu einem Zeitpunkt statt). Schließlich stellt sich die (methodisch-interpretative) Frage, ob sich die im Modell dargestellten Zusammenhänge nur auf die aggregierte Ebene, also die Gesamtheit aller Befragten, oder auch auf die individuelle Ebene beziehen lassen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die genannten Zugänge deskriptiv sehr erfolgreich sind, um aggregierte Bildungswegentscheidungen von Gruppen zu beschreiben, aber weniger zum Verstehen der dahinterliegenden Prozesse auf der individuellen Ebene beitragen können.

Ausgangspunkt für die weiteren Überlegungen sind zwei Annahmen: Zum einen wird davon ausgegangen, dass die Entscheidungsprozesse über Bildungswege sehr komplex sind und sich über lange Zeiträume erstecken (Holmegaard et al., 2012, Regan & DeWitt, 2015). Demnach ist der eigentliche Zeitpunkt einer Entscheidung gar nicht immer auszumachen, da der Prozess der Entscheidungsfindung oft schon lange vor einer von außen sichtbaren Wahl abläuft, ohne notwendigerweise bewusst zu sein oder thematisiert zu werden, und er sich auch nach einer geäußerten Wahl („ich studiere Physik“) fortsetzen kann. Zum anderen nehmen wir an, dass Entscheidungsprozesse wesentlich davon beeinflusst sind, wie Kinder und Jugendliche ihre Identität(en) im Verhältnis zu Physik aushandeln. Insofern kann man zugespitzt formulieren, dass Entscheidungen über Bildungswege gleichzeitig Identitätsentscheidungen sind. International wird unter dieser zweiten Annahme schon geforscht (u.a. Archer et al., 2010; Brickhouse et al., 2000; Carlone et al., 2014; Hazari et al.,

2010; Hsu et al., 2009; Holmegaard, Madsen et al., 2012; Schreiner & Sjøberg, 2007), im deutschsprachigen Raum hingegen gibt es unseres Wissens bisher nur wenige fachdidaktische Arbeiten, die sich des Identitätskonstrukts bedienen, das zudem teilweise anders theoretisch gefasst wird, als wir es später darstellen.

Die Forschungsbefunde zu Bildungswegentscheidungen mit Bezug auf Physik lassen sich kurz zusammenfassen zu der Aussage, dass Physik zwar für interessant und relevant gehalten wird, aber: „not for me“ (Archer et al., 2010). Als wichtige Faktoren bei Bildungswegentscheidungen erweisen sich die sogenannten „maßgeblichen Anderen“ („significant others“), als Eltern, Lehrpersonen oder Peers (Sjaastad, 2012), die sowohl als Vorbilder dienen als auch als „Definierer“ das Bild von sich selbst und von der Physik prägen. Institutionelle Bedingungen wir der Besuch bestimmter Schultypen (Benett et al., 2013), das fachliche Curriculum (Stocking, 2000) oder die institutionellen Wahlmöglichkeiten bzw. Zugangsbedingungen stellen einen zweiten wichtigen Faktor dar. Und schließlich sind es immer wieder individuelle Bedingungen, die das Wahlverhalten beeinflussen, angefangen beim Gender, Interessen, Ein- und Vorstellungen zur Physik oder auch Selbstwirksamkeitserwartungen. Angesichts dieser Vielzahl möglicher Einflussfaktoren erscheint das Identitätskonstrukt insofern hilfreich, um die Entscheidungsprozesse zu verstehen, als mit ihm sowohl die individuellen Einflüsse aufgegriffen werden, aber darüber hinaus die Aufmerksamkeit auf die Auseinandersetzung der Person mit seiner Umwelt gelenkt wird. Das Identitätskonstrukt ermöglicht es, das Zusammenwirken der verschiedenen Faktoren einerseits in seiner Komplexität andererseits in seiner Prozesshaftigkeit, also seiner zeitlichen Veränderung zu erfassen, wie die folgenden Ausführungen zeigen werden.

Zum Begriff der Identität. In einer ersten Annäherung geht es um die Vorstellungen und das Wissen von Individuen über sich selbst, die zumeist mit dem Gefühl von Kohärenz, Kontinuität bzw. Stabilität und Unterscheidbarkeit von anderen einhergehen (Morf & Koole, 2014). Allerdings sollte Identität nicht als eine dem Individuum inhärente und in sich kohärente Eigenschaft missverstanden, sondern als Ergebnis von Konstruktionsprozessen aufgefasst werden, die von Kontexten geprägt werden (Archer et al., 2010; Archer & DeWitt, 2015). Diese Konstruktionsprozesse finden in Auseinandersetzung mit anderen Personen und der Umwelt statt, so dass Identität demnach aktiv hergestellt wird und nicht notwendigerweise unveränderlich bzw. stabil ist, sondern eben immer wieder neu ausgehandelt werden muss. Zum Teil wird auch von Kokonstruktion gesprochen, womit betont wird, dass Identitäten nicht unabhängig von der Umwelt hergestellt werden, sondern in gewisser Abhängigkeit von sozialen, historischen, politischen oder kulturellen Kontexten. Insofern kann auch für eine Person von Identitäten im Plural gesprochen werden, als sie bei aller Kohärenz und Kontinuität verschiedene Identitätsausprägungen je nach Kontext herstellt. Deutlich wird damit, dass Identität als ein performativer Akt in Form von Identitätsarbeit hergestellt wird, die auf Prozessen der Introspektion und Selbstreflexion, der sozialen Vergleiche und sozialen Interaktionen beruht (Sjaastad, 2012; Archer & DeWitt, 2015; Morf & Koole, 2014).

Ein wichtiges Medium der Identitätsarbeit ist die Sprache. Über sprachliche Kommunikation werden Identitäten entworfen, dargestellt, ausgehandelt, zurückgewiesen, bestätigt (Lucius-Hoene & Deppermann (2004), wobei diesen Prozessen das Ziel der Kontinuität und Kohärenz unterliegt. Insofern scheint es sinnvoll, Identität als Ergebnis von Narrativen zu sich selbst zu verstehen, die sowohl verschiedene Aspekte der eigenen Identität integrieren als auch Veränderungen in der Identität erklären.

Theoretische Zugänge zur Identitätsarbeit sind dahingehend unterschiedlich gelagert als sie jeweils die Individualität der Person gegenüber ihrer Gruppenzugehörigkeit im Hinblick auf die Aushandlung von Identität verschieden gewichten und wie sehr die Stabilität von Identität gegenüber ihrer Veränderbarkeit gesehen wird (Shanahan, 2009).

Als eine zentrale Identitätsfacette sowohl in unserer Gesellschaft allgemein und in zugespitzter Form für Bildungswege hinsichtlich Physik ist die Genderidentität zu nennen. An ihr lässt sich besonders gut erkennen, dass diese Identität zwar einerseits von Individuen hergestellt wird, dass diese Performanz aber gleichzeitig sehr stark soziokulturell geprägt ist. Vorteilhaft ist der Rückgriff auf das Konstrukt hier auch, weil eine vorschnelle (biologistische) Festschreibung von dichotomen Genderzuschreibungen vermieden wird, gleichzeitig Gender aber als prägend für und in unserer Gesellschaft ernst genommen wird. Hinsichtlich Physik bzw. typischen Physikidentitäten liegt die Annahme nahe, dass letztere häufig in Konflikt mit den gängigen und/oder erwünschten Geschlechtsidentitäten in unserer Gesellschaft steht (Bøe et al., 2011, 50).

„They are what they choose“ (Loeken, 2015, 291), so könnte man die Forschungsbefunde zu Bildungswegentscheidungen zusammenfassen. Demnach beeinflussen Identitäten oder mit ihnen zusammenhängende Konstrukte das Wahlverhalten und die Persistenz bezüglich naturwissenschaftlicher Bildungswege (vgl. u.a. Archer et al., 2010; Carlone et al., 2014; Stokking, 2000). Physik gilt Jugendlichen als männlich, schwierig, fremdbestimmt, starr und Personen, die physiknahe Bildungs- oder Berufswege einschlagen, werden als besonders intelligent, begabt, aber auch wenig sozial und „nerdig“ assoziiert (Kessels et al., 2006; Archer et al., 2010; DeWitt et al., 2013; Osborne et al., 2003). Dieses Bild unterstützt die obige These der Inkompatibilität zwischen Physikbild und Selbstbild, wobei die Fehlpassung für Mädchen besonders stark ausgeprägt erscheint und in der Pubertät weiter zunimmt. Dazu passend werden Identitätsaushandlungen erst ab der ca. 4. Klassenstufe „problematisch“ (Carlone et al., 2014), was auf die Verengung des fachlichen Curriculums zurückgeführt wird. Lehrpersonen kommt im Allgemeinen ein größerer Einfluss auf Bildungswegentscheidungen zu, als sie selbst wahrnehmen (Brooks, 2003). Bei diesem kurzen Blick auf bisherige Forschungsbefunde fällt auf, dass es nur sehr wenige Studien im deutschsprachigen Raum im Bereich der Physikdidaktik gibt, die auf das Konstrukt Identität zurückgreifen.

Angesichts dessen halten wir einen Rückgriff auf das Konstrukt der Identität für eine Bereicherung bisheriger Forschungsbemühungen zu Bildungswegentscheidungen, da so ein tieferes Verstehen der den Entscheidungen zugrundeliegenden Aushandlungsprozesse möglich wird. Dabei sollten insbesondere relevante Übergänge wie der Anfangsunterricht, der Wechsel in die Sek II oder der Übergang in Ausbildung und Studium, aber auch die Studieneingangsphase in den Blick genommen werden. Konkret geplant sind eine Studie zur Aushandlung von Identität bei Kindern/Jugendlichen im Übergang in den Fachunterricht Physik in Form einer Interviewstudie ab der 5. Klasse sowie eine Studie mit naturwissenschaftlich interessierten Mädchen in der Sekundarstufe II im Kontext von Schülerinnenakademien (Projekt ZORA, gefördert vom BMBF).

Abschließend sei auf den weiteren Diskussions- und Klärungsbedarf zur Ausschärfung des Identitätsbegriffs, verschiedene methodische Zugriffe auf Identitätsarbeit, aber auch zu Bezügen zu anderen Denkschulen verwiesen.

Literatur

Archer, L., & DeWitt, J. (2015). Science Aspirations and Gender Identity: Lessons from the ASPIRES Project. In E. K. Henriksen, J. Dillon, & J. Ryder (Eds.), Understanding student participation and choice in science and technology education (pp. 89–102). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). "Doing" science versus "being" a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. Science Education, 94(4), 617–639. http://doi.org/10.1002/sce.20399

Bandura, A. (1997). Self-Efficacy. The Exercise of Control. New York: W.H. Freeman and Company.

Bennett, J., Lubben, F., & Hampden-Thompson, G. (2013). Schools That Make a Difference to Post-Compulsory Uptake of Physical Science Subjects: Some comparative case studies in England. International Journal of Science Education, 35(4), 663–689. http://doi.org/10.1080/09500693.2011.641131

Bøe, M. V., Henriksen, E. K., Lyons, T., und Schreiner, C. (2011). Participation in science and technology: young people's achievement-related choices in late-modern societies. Studies in Science Education, 47(1), 37–72. doi:10.1080/03057267.2011.549621

Brickhouse, N. W., Lowery, P., & Schultz, K. (2000). What Kind of Girl Does Science? The Construction of School Science Identities. Journal of Research in Science Teaching, 37(5), 441–458. http://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(200005)37:5<441::AID-TEA4>3.0.CO;2-3

Brooks, R. (2003). Discussing higher education choices: differences and difficulties. Research Papers in Education, 18(3), 237–258. http://doi.org/10.1080/0267152032000107310

Carlone, H. B., Scott, C. M., & Lowder, C. (2014). Becoming (less) scientific: A longitudinal study of students' identity work from elementary to middle school science. Journal of Research in Science Teaching, 51(7), 836–869. http://doi.org/10.1002/tea.21150

DeWitt, J., Archer, L., & Osborne, J. (2013). Nerdy, Brainy and Normal: Children's and Parents' Constructions of Those Who Are Highly Engaged with Science. Research in Science Education, 43(4), 1455–1476. http://doi.org/10.1007/s11165-012-9315-0

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. Annual Review of Psychology, 53, 109–132.

Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P. M., & Shanahan, M.-C. (2010). Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice: A gender study. Journal of Research in Science Teaching, 47(8), n/a-n/a. http://doi.org/10.1002/tea.20363

Holmegaard, H. T., Madsen, L. M., & Ulriksen, L. (2012). To Choose or Not to Choose Science: Constructions of desirable identities among young people considering a STEM higher education programme. International Journal of Science Education, (October 2013), 1–30. http://doi.org/10.1080/09500693.2012.749362

Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. The British Journal of Educational Psychology, 76(Pt 4), 761–780. http://doi.org/10.1348/000709905X59961

Loeken, M. (2015). When Research Challenges Gender Stereotypes: Exploring Narratives of Girl's Educational Choices. In E. K. Henriksen, J. Dillon, & J. Ryder (Eds.), Understanding student participation and choice in science and technology education (pp. 277–295). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.

Lucius-Hoene, G., & Deppermann, A. (2002). Rekonstruktion narrativer Identität. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Morf, C. C., & Koole, S. L. (2014). Das Selbst. In K. Jonas, W. Stroebe, & M. Hewstone (Eds.), Sozialpsychologie (pp. 141–195). Berlin, Heidelberg: Springer.

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. International Journal of Science Education, 25(9), 1049–1079. http://doi.org/10.1080/0950069032000032199

Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2007). Science Education and Young People's Identity Construction - Two Mutually Incompatible Projects? In D. Corrigan, J. Dillon, & R. F. Gunstone (Eds.), The re-emergence of values in science education (pp. 1–17). Sense Publishers.

Shanahan, M.-C. (2009). Identity in science learning: exploring the attention given to agency and structure in studies of identity. Studies in Science Education, 45(March 2015), 43–64. http://doi.org/10.1080/03057260802681847

Sjaastad, J. (2012). Sources of Inspiration: The role of significant persons in young people's choice of science in higher education. International Journal of Science Education, 34(10), 1615–1636. http://doi.org/10.1080/09500693.2011.590543

Stokking, K. M. (2000). Predicting the choice of physics in secondary education. International Journal of Science Education, 22(12), 1261–1283. http://doi.org/10.1080/095006900750036253

Helmut F. Mikelskis Freiburg

„Bachelor and Master of Desaster“- Abschied von einem Universitätsstudium als Ort humaner Bildung?

Vorbemerkungen

Für mich begann das neue Jahrtausend mal wieder mit einer neuen Studienreform! Aber diesmal war sie wirklich ganz anders, als ich es bisher gewohnt war. Mit den früheren Reformen war sie überhaupt nicht vergleichbar! Die Umstellung auf Bachelor-Master-Studiengänge empfanden wir, als Lehrende und auch als Lernende, als sehr radikal und als zum Teil verwirrend! Das Buch zu diesem Beitrag ist Ende September (bei k.timme@frank-timme.de) erschienen. Es beschreibt meine Sicht auf die Studienreform im Detail und ist wie folgt gegliedert: 1) Wie es begann: Mein Diplom-Physik in Göttingen 1968 – Es war eben auch nicht alles gut! 2) Studium als Bildungsveranstaltung - auch jenseits des eigenen Studienfaches und der Berufsausbildung. 3)Wie es einmal war als Physikhochschullehrer. 4) Akkreditierungsnonsens – gegen die Wissenschaftsfreiheit und verfassungswidrig. 5) Mein seltsames Erlebnis als Bolognese Professor im BA-MA-Taumel 2000 – 2010. 6) Von der Fiktion einer internationalen Vergleichbarkeit - das inflationäre Bachelorstudienangebot. 7) Die Fächerspezifitäten in den Naturwissenschaften und der Technik - insbesondere der Physik. 8) Fächerspezifitäten in den Gesellschafts-, Sprach- und Geisteswissenschaften. 9) Übergang zum Masterstudium – nur für eine Minderheit. 10) Lehrerbildung - total verschult! 11) Totales Diktat der Drittmittel. 12) Das Terrorregime der Noten und Klausurprüfungen. 13) Studium: Ausbildung oder Bildung? 14) Der PISA- Betrug. 15) Gibt es noch ein Zurück zum Bildungsanliegen in Zeit der Digitalisierung aller Lebensbereiche. 16) Zukunftsängste und Hoffnungen.

Der „Bologna-Prozess“ kam über uns, wie eine Art Unwetter.

Keiner hatte im vorherein eine Umstellung auf Bachelor und Master diskutiert oder gar eingesehen, dass die Reform überhaupt notwendig sei. Der Gedanke, über alle Fächer hinweg eine europäische Studienreform durchzuführen, schien absurd, zumal das traditionelle Diplom- und Lehramtsstudium zahlreiche, sowohl inhaltliche als auch methodische Gestaltungsspielräume aller Art bot.

Das Schlagwort der deutschen Universität von der „Freiheit von Forschung und Lehre“ hatte seinerzeit noch eine gewisse Bedeutung, auch wenn diese durch den zunehmenden Einfluss der Drittmittel immer mehr verlor. Vor der Umstellung auf Bachelor und Master bestanden kaum wesentliche Zwänge, beispielsweise für ständiges Prüfen oder für Klausuren, um die Leistung im Studium messen zu können. Das hatte zur Folge, dass wir uns, je nach Bedarf, Zeit lassen und auf die jeweiligen Probleme der Studierenden eingehen konnten. Vorteilhaft war auch, dass durch die Studienordnung nicht vorgeschrieben war, in welcher Art und Weise die Studienleistung zu erheben ist. Es waren halt vielfältige Freiräume in der Universitätslehre vorhanden!

Aus meiner Sicht sollte die Studienmotivation sich aus der Sache selbst oder den Berufszielen der Studierenden entwickeln. Ist dies überhaupt möglich in einem mit Inhalten so voll gepackten Bachelor-Master-Studium? Zum Beispiel fehlt in den meisten Veranstaltungen für die Lehramtsstudierenden die Professionsorientierung, da in Regel die polyvalenten Bachelorstudiengänge hier realisiert wurden. Des Weiteren wird das Studium rigoros nach ETCs und über den Workload der Studierenden strukturiert. Wollen die Studierenden im Zeitplan ihres Studiums bleiben, müssen sie die vorgeschriebenen Veranstaltungen bis zu maximal 30 ETCs besuchen.

Ein interessantes Phänomen der Umsetzung von Bachelor und Master ist die Diskussion um Anwesenheitspflicht und Zeitfenster der Veranstaltungen. Sind Studienleistungen je nach Modul in einer bestimmten Größe von ETCs zu erbringen, bedeutet es: 1) Prüfung dieser für die Lehrenden und 2) Realisierung eines überschneidungsfreien Studiums für die Studierenden.

Das Studium total verschult

Früher ermöglichte das Studium ein freies, selbstbestimmtes Leben, mit allen Gefahren des Scheiterns für manche Charaktere. Aber das Studium war äußert „bildend" und „persönlichkeitsgestaltend". Man lernte nicht auf Befehl zwangsgesteuert, sondern aus völlig eigenem Antrieb begründet zu handeln. Solche freien Phasen machten eben gerade ein wissenschaftliches Studium aus, im Gegensatz zu einem in vorgegebenen Modulen strukturierten und auf den reinen Ausbildungsabschluss ausgerichteten Lebensabschnitt. Nach der Schulzeit ist eine Umstellung auf eine Phase der Selbstständigkeit und Eigenverantwortung für das spätere Berufsleben von extrem hoher Bedeutung!

Unsere am Kapitalismus ausgerichtete Denk- und Lebensweise scheint sich allerdings, im vollkommenen Gegensatz dazu, immer mehr am abrechenbaren, zählbaren Erfolg zu orientieren. Die neuen Bachelor-Master-Strukturen, die diesen Erfolg ermöglichen sollen, unterstützen die totale Verschulung im Universitätsstudium.

Meine eigenen Erfahrungen gerade in den Universitätsstudiengängen in den Naturwissenschaften zeichneten sich durch vorstrukturierte und stark an den jeweiligen Fachdisziplinen orientierten Abläufen aus. Da konnte ich in meinen Lehrveranstaltungen kaum noch reagieren, obwohl mein didaktischer Wille durchaus vorhanden war! Es fehlte stets die Zeit! Der Notendruck nahm überhand.

Der vorgegebene Stoff musste jetzt zwanghaft, zum vermeintlichen Nutzen der Lernenden für die Prüfung eingepaukt werden, ob die Studierenden es einsahen oder nicht. Reines Einpauken stand eben nun im Vordergrund. Aus Studierendensicht wird dann ein derart mechanisches Lernen selbstverständlich. So verwundert auch nicht, dass von wirklichem Verstehen und Behalten oft überhaupt keine Rede mehr ist! Das Bestehen von Klausuren scheint absolut im ausschließlichen Vordergrund der Studierenden zu stehen!

Die Fiktion einer internationalen Vergleichbarkeit

Die Bachelor-Master-Reform ist für mich mit dem hehren sowie attraktiven Ziel der internationalen Vergleichbarkeit durch Absprache bei der Erstellung Studienordnungen verbunden. Dass das eine völlige Fiktion darstellte, war am Beginn nicht vollkommen absehbar. In den Naturwissenschaften, insbesondere der Physik, scheint das offensichtlich besonders eklatant!

Diese Problematik zeigte sich auch im Lehramtsstudium. Hier begannen mancherorts Studierende mit einem polyvalenten Fachbachelor oder mit dem Einfach-Bachelor. Anderenorts gibt es lehramtsbezogene Bachelorstudiengängen. Demzufolge wird ein Wechsel des Studienortes oft unmöglich, manchmal sogar von Potsdam nach Berlin oder sogar innerhalb eines Bundeslandes!

Ferner sind zwei unversöhnlichen Lager in der Lehramtsausbildung entstanden: die eine eher fachbezogene oder die andere eher berufsbezogene Lehrerausbildung. Wie schon angedeutet, wirft es große Probleme auf, zwischen den ganz nahegelegenen Universitäten Potsdam und Freien Universität Berlin mit ihren völlig unterschiedlichen Lehramtskonzepten einen Studienplatz zu wechseln. Was soll diese internationale Abstimmung dann überhaupt noch?

Wir sind in Potsdam, in Absprache mit dem zuständigen Ministerium, den folgenden Weg gegangen: Alle Studierenden sollten zum Master geführt werden, wie bisher zum Ersten Staatsexamen. Den Bachelor betrachteten wir nicht als Berufsabschluss im Lehramt, sondern lediglich als eine Art Zwischenprüfung! Auch die sinnlosen Diskussionen, der Bachelor für

ein Lehramt qualifiziert für eine Tätigkeit als Erzieherin oder als Erzieher, halte ich für vollkommen sachfremd.
Bei allen Lehramtsstudienordnungen mit einem reinen „Fachbachelor“ vorweg besteht die Gefahr des falschen Selbstverständnisses als der eines Fachwissenschaftlers. Deshalb haben wir in Potsdam vom ersten Tag des Lehrerstudiums das Berufsziel des Lehrers und der Lehrerin den Vordergrund gestellt und viel weniger die Fachausbildung!

Akkreditierungsnonsens – gegen Wissenschaftsfreiheit und verfassungswidrig
Der Akkreditierungsnonsens wird das Hochschulwesen vor großen Aufgaben stellen, denn bis heute ist gerade einmal die Hälfte der grundständigen Studiengänge tatsächlich akkreditiert. Die Akkreditierung wird von in der Regel privatwirtschaftlichen Agenturen durchgeführt und man könnte auch beklagen, wir Hochschullehrer werden gegängelt. Hingegen machen die Firmen damit vor allem recht gute lukrative Geschäfte!
Jens Halfwassen, Professor für Philosophie aus Heidelberg, beklagt den Rückzug des Staates aus den Hochschulen, so dass privaten Unternehmen die Hochschullandschaft ohne einer Kontrolle überlassen wird (in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung vom 13.07.2017). Einen solchen Einfluss von privaten Geschäftsinteressen auf unser öffentliches, demokratisch legitimiertes Bildungssystem wäre früher völlig undenkbar gewesen! Auch hat der Tatbestand der Akkreditierung aus meiner Sicht nichts mit Transparenz und Wissenschaftlichkeit zu tun!
Erfreulich ist ein Urteil des Bundesverfassungsgerichts vom 18.03.2016 in Bezug auf Akkreditierungen. In der Zukunft sollten hier drastische Änderungen eintreten, da in der aktuellen Form das System verfassungswidrig ist und eine Selbstentmachtung der Parlamente darstellt. Ohne jeden Zweifel sollte die Akkreditierung eine Innovation für das Hochschulwesen darstellen. Diese Innovation wurde allerdings wie ein mysteriöses Gottesurteil gleichsam aus dem Nirwana verkündet. Es gab zu keiner Zeit wirklich nachvollziehbare Kriterien für den gesamten Prozess. Auch kann bezweifelt werden, dass eine Qualitätssicherung im Hochschulwesen über wirtschaftlich orientierte Unternehmen sinnvoll ist.
Von einer demokratischen Partizipation oder gar einer Legitimation kann in der jetzigen verfahrenen Situation überhaupt nicht die Rede sein, ganz im Gegenteil! Vielmehr sollte den Fachbereichen und Fakultäten die weitgehende Autonomie zur Gestaltung ihrer Studiengänge wieder zurückgegeben werden.

Ein sogenannter PISA-Betrug
Mit den Ergebnissen der PISA-Studie wird allerorten Politik gemacht. Die PISA-Ergebnisse werden in der Regel missbraucht: 1) für Bewertungen hinsichtlich der Qualität von Schule und Unterricht oder 2) für Bewertungen der Lehrkräfte, für die sie überhaupt nicht objektiv und valide sind. Meine Hauptkritik an den Ergebnissen etwa von PISA ist, dass sie empirisch jeweils nur einen kleinen Teil des Schulsystems messen können. Ihre Ergebnisse werden jedoch in der Regel so verwendet, als seien sie ein Messergebnis über ein bestimmtes Schulsystem. Gegen die Eingrenzung der Gültigkeit von empirischen Daten wird sehr häufig verstoßen. Insbesondere in der öffentlichen Rezeption und der Politik wimmelt es von Missverständnissen und interessegeleiteten Fehlinterpretationen aller Art.

Ein kurzes Fazit
Die Arbeit an Inhalten und den Sachproblemen sollte im Studium im Vordergrund stehen! Fragen nach dem Verstehen oder der Bildung sollten leitend sein. Leider geht es heutzutage im Studium vor allem um Punkte und das Absolvieren von Prüfungen.
Das Ziel der Lehramtsstudierenden, einmal eine gute Lehrkraft zu werden, droht zunehmend in den Hintergrund zu geraten. Das finde ich sehr kontraproduktiv und gegen die Intentionen einer Universität!

Literatur

Florin, C. (20149. Warum unsere Studenten so angepasst sind. Rowohlt. Reinbek

Grünwald, R., Kopper, M., Pohl, M. (2013). Die Turbo-Studenten – Die Erfolgsstory: Bachelor plus Master in vier statt elf Semestern. Gabal Verlag. Offenbach

Haider Munske, H. (2014). Unsere Universität im Abstieg ? Bologna, Bafög, Bachelor – Beobachtungen und Ratschläge. Frank und Timme. Berlin

Prado, P. (2010). Das Prinzip Universität – als unbedingtes Recht auf Kritik. Diaphanes. Zürich

Kellermann, P., Guggenberger, H., Weber, K. (Hg) (2016). Universität nach Bologna? Hochschulkonzeption zwischen Kritik und Utopie. Mandelbaum Kritik & Utopie Verlag, Wien/Berlin

Krautz, J. (2007). Ware Bildung - Schule und Universität unter dem Diktat der Ökonomie. Diederichs, München

Kovce, P., Priddat, B. P.(Hg.) (2015). Die Aufgaben der Bildung – Aussichten der Universität. Metropolis, Marburg

Lenzen. D. (2014). Bildung statt Bologna! Ullstein, Berlin

Liessmann, K. P. (2015). Theorie der Unbildung – Die Irrtümer der Wissensgesellschaft. Piper, München

Lohmann, I., Mielich, S., Muhl, F., Pazini, K.-J., Rieger, L., Wilhelm, E. (2011). Schöne neue Bildung? - Zur Kritik der Universität der Gegenwart, transcript, Bielefeld

Mikelskis, H. (2017). Bachelor and Master of Desaster – Abschied von einem Universitätsstudium als Ort humaner Bildung? Frank und Timme Verlag. Berlin

Mikelskis, H. (Hrsg.) (2006). Physik-Didaktik - ein Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Cornelsen-Scriptor Berlin, 288 S.

Münch, R. (2009). Globale Eliten, lokale Autoritäten – Bildung und Wissenschaft unter dem Regime von PISA, McKinsey und Co., suhrkamp, Frankfurt

Nida-Rümelin, J. (2014). Der Akademisierungswahn. Zur Krise beruflicher und akademischer Bildung. Edition Körber-Stiftung, Hamburg

Nida-Rümelin, J./Klaus Zierer (2015). Auf dem Weg in eine deutsche Bildungskatastrophe – Zwölf unangenehme Wahrheiten. Herder, Freiburg im Breisgau

Priddat. B. P. (2014). Wir werden zu Tode geprüft – Wie man trotz Bachelor, Master und Bologna intelligent studiert. Murmann. Hamburg

Schrittesser, I. (Hg.) (2009). University goes Bologna : Trends in der Hochschullehre – Entwicklungen, Herausforderungen, Erfahrungen. Facultas. Wien

Wagner, W (2010). Tatort Universität – Vom Versagen deutscher Hochschulen und ihrer Rettung. Klett-Cotta, Stuttgart

Stefanie Schwedler Universität Bielefeld

Von den Teilchen zur Formel mit Simulation: BIRC im Chemiestudium

Physikochemie als Stolperstein zu Studienbeginn

Trotz intensiver Reformbemühungen im Rahmen des Bologna-Prozesses sind die Abbruchquoten im Chemiestudium von 23 % in 1999 auf 43 % in 2012 (vgl. Heublein et al, 2008, S. 10 und 2014, S. 17) deutlich gestiegen. Dabei stellt der Studienstart eine besonders anforderungsreiche Transitionsphase dar: Auf die neuen Studierenden kommen für sie ungewöhnliche Anforderungen in einem bisher unbekannten Lernumfeld zu. Neben allgemeinen Aspekten wie die Selbstorganisation und der Umgang mit neuen Lernformen ergeben sich aber auch fachspezifische Probleme, die mit den zum Teil ungewohnten Lerninhalten verbunden sind. Die Schwierigkeiten vieler StudienanfängerInnen mit der für sie ungewohnten universitären Mathematik sind literaturbekannt und treffen Studierende unterschiedlichster Fachrichtung (vgl. Dehling et al. 2014; Frettlöh et al. 2014). Im Chemiestudium beziehen sich diese Schwierigkeiten nicht nur auf das Nebenfach Mathematik selber. Von den drei großen chemischen Kerndisziplinen zeichnet sich insbesondere die Physikalische Chemie durch eine besonders intensive Nutzung komplexer mathematischer Handwerkszeuge aus.

Aber nicht nur die geforderten mathematischen Kompetenzen haben das Potential, das Lernen in diesem chemischen Kernfach zu beeinträchtigen (vgl. Schwedler 2017b): Die inhärente Fachstruktur an sich macht das Verständnis physikochemischer Konzepte nicht leicht. Viele dieser Konzepte basieren auf dem dynamischen Verhalten statistischer Entitäten (vgl. Cartier 2009). Daher kann ein beobachtetes Phänomen häufig nicht auf die Eigenschaften eines einzelnen Atoms oder Moleküls zurückgeführt werden. Stattdessen ist eine Betrachtung der komplexen und oft dynamischen Interaktion zwischen vielen Atomen und Molekülen nötig, um ein angemessenes Verständnis des Konzepts zu erreichen. Darüber hinaus ist selbst dieser submikroskopische Zugang zum fachlichen Konzept in der Thermodynamik als sehr abstrakter (vgl. Carson & Watson 2002) und inhärent makroskopischer Wissenschaft nur sporadisch möglich und meist wenig intuitiv. Dazu kommen häufig eng gefasste Gültigkeitsgrenzen und unzureichend gegen die Alltagssprache abgegrenzte Fachbegriffe (vgl. Goedhart & Kaper 2002; Sözbilir 2010).

Die chemiedidaktische Forschung der vergangenen Jahrzehnte zeigt, welch entscheidende Rolle korrekte Vorstellungen auf der submikroskopischen Ebene beim Erlernen der Chemie spielen (vgl. Barke 2006; Marohn 2008). Schon mit Blick auf Konzepte, die nur ein Verständnis einzelner Teilchen erfordern, stellt die korrekte Verknüpfung der makroskopischen, submikroskopischen und symbolischen Ebene eine große Herausforderung dar (vgl. Johnstone 1991, S. 77f.). Es ist daher die Grundannahme dieser Studie, dass die Entwicklung eines korrekten mentalen Modells, eines „subjektiven, anschaulichen, mentalen Vorstellungsbilds als Ausschnitt der Realität“ (Reinfried 2006, S. 39) auf submikroskopischer Ebene für das dynamische Verhalten statistischer Entitäten häufig nicht gelingt, und daher auch eine korrekte Verknüpfung mit der mathematischen Repräsentation nicht gelingen kann. So indizieren aktuelle Forschungen zum Studienbeginn in Chemie (vgl. Kimpel & Sumfleth 2017), dass Schwierigkeiten mit mathematischem Handwerkzeug in der Allgemeinen Chemie oft nicht in mangelnder mathematischer Kompetenz gründen, sondern aus einem mangelnden chemischen Konzeptverständnis resultieren, welches eine gelungene Anwendung vorhandener mathematischer Kompetenzen inhibiert. Für gelingendes Lernen in der Physikochemie sollte also beides vorhanden sein: das konzeptuelle Grundverständnis sowie ausreichende mathematische Kompetenzen.

Konzept der BIRC-Lerneinheiten

Es ist das Ziel der Lerneinheiten, die Studierenden beim Aufbau von komplexen und dynamischen Vorstellungen auf der submikroskopischen Ebene zu unterstützen und diese Vorstellungen anschließend mit abstrakter mathematischer Repräsentation zu verknüpfen. Auf diese Weise sollen sowohl konzeptuelle Verständnisschwierigkeiten im Umgang mit abstrakten Kernthemen der Physikochemie, als auch die von den Studienanfängern verbalisierte Überforderung beim häuslichen Selbstlernen (vgl. Schwedler 2017b) vermindert werden.

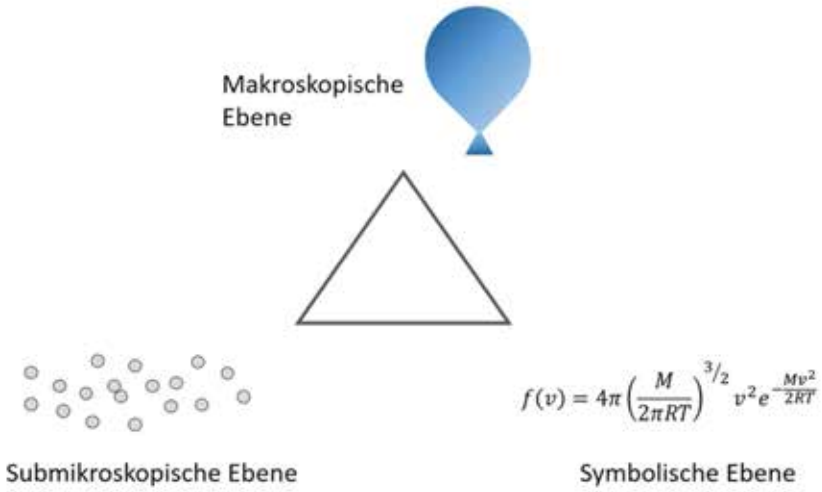


Abb1: Das chemische Dreieck nach Johnstone am Beispiel von Maxwells Geschwindigkeitsverteilung

Maxwells Geschwindigkeitsverteilung ist ein Kernthema der kinetischen Gastheorie aus dem ersten Studienjahr. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung der drei Ebenen nach Johnstone zu diesem Thema. Dabei wird deutlich, dass die statische Darstellung kaum in der Lage ist, die dynamische Bewegung einer statistischen Teilchenentität einzufangen. Stattdessen bieten sich computerbasierte Simulationen als Werkzeug an. Sie werden nicht nur von Landriscina (2009 S. 26ff.) als optimale Methode bezeichnet, um mentale Modelle der Lerner zu verändern. Cox (2003) betont, dass sie sich besonders gut dazu eignen, das dynamische Verhalten vieler Teilchen zu visualisieren. Simulationen stellen zudem multiple Repräsentationen dar, so dass der erfahrungsgemäß schwierige Brückenschlag zwischen chemischem Phänomen und mathematischem Modell durch ihren Einsatz gestärkt werden kann.

Daher basiert jede BIRC-Lerneinheit auf einer interaktiven Simulation, die das dynamische Verhalten einer statistischen Teilchenentität in Echtzeit berechnet, darstellt und mit mathematischer Repräsentation verbindet. In drei Schritten werden die Studierenden zunächst mit einer antizipierenden Fragestellung auf der Teilchenebene zu einem physikochemischen Kernkonzept konfrontiert. Dabei sollen sie sich nicht nur ihrer eigenen Vorstellungen bewusstwerden, sondern müssen sich auch bezüglich der antizipierten Lösung positionieren. Im zweiten Schritt können sie die eigene Vorstellung mit Hilfe der interaktiven Simulation überprüfen. Im letzten Schritt erfolgt der Transfer auf die Ebene der abstrakten mathematischen Repräsentation. Die detaillierte Konzeption der BIRC-Lerneinheit zu Maxwells Geschwindigkeitsverteilung wird gerade veröffentlicht (vgl. Schwedler 2017c).

Technische Weiterentwicklung

In bisherigen Arbeiten wurden Prototypen zu verschiedenen physikochemischen Kernthemen mit Hilfe des *java*-basierten Interfaces *molecular workbench* (vgl. Tinker & Xie 2008) des ersten Studienjahrs entwickelt (vgl. Schwedler 2017a). Dieses Interface ermöglicht die Generierung eigener Simulationen mit vergleichsweise geringem Programmieraufwand. Allerdings eignet sich die veraltete Technik der Prototypen aufgrund von digitalen Sicherheitslücken nur für Einzelfallstudien im Labor. Um die Lerneinheiten tatsächlich als individuelles Selbstlernmaterial einsetzen zu können, wurden zwei *java*-basierte Prototypen (zu Maxwells Geschwindigkeitsverteilung (Kinetik) und zum 1. Hauptsatz der Thermodynamik) in eine technisch aktuelle Version überführt. Die Simulationen wurden mit dem Interface *molecular workbench next generation* in javascript erstellt und werden auch dort gehostet. Sie sind eingebettet in *html5*-, *css*- und *javascript*-basierte Lerneinheiten. Die interaktiven Diagramme wurden mit *desmos* generiert und in die Lerneinheiten eingebettet.

Bei der Überführung der Simulationen in die neue Technik stellte sich die Balance zwischen statistischer Aussagekraft der Simulation (hohe Teilchenzahl) und der benötigten Rechnerperformanz als besonders kritisch heraus. Um die Lerneinheiten auch mit weniger leistungsfähigen Rechnern bearbeiten zu können, wurden daher zum Teil erhöhte Schwankungen in den berechneten Simulationsdaten, die durch eine verminderte Teilchenzahl zustande kommen, in Kauf genommen.

Diese technisch überarbeiteten BIRC-Lerneinheiten sind einfach per Browser im Internet abrufbar. Sie sind im Gegensatz zu *java*-Anwendungen sehr sicher und erfordern keine weitere Soft- oder Hardware von Seiten des Users. Die Verwendung aktueller, weit verbreiteter und zukünftig anschlussfähiger Software stellt sicher, dass die Lerneinheiten noch viele Jahre verwendbar bleiben.

Einsatz und Evaluation im Feld

Die neuen Lerneinheiten wurden im WS 16/17 erstmals als Teil der regulären Lehre eingesetzt und Nutzung, Akzeptanz und Lernerfolg der Studierenden erhoben. Das triangulierende Forschungsdesign kombiniert qualitative concurrent-ThinkAloud-Erhebungen zur Verbalisierung internaler Denkprozesse (vgl. van Someren et al. 1994) und qualitative Interviews mit einem quantitativen Pre-Post-Design. Dabei erfolgen Pre- und Post-Test zur Erhebung von Nutzung, Akzeptanz und Einschätzung des Lernerfolgs und der Unterstützung als Paper-and-Pencil Befragung in der ersten und letzten Vorlesung des Semesters. Die Post-Erhebung wird durch Online-Fragebögen im direkten Anschluss an die häusliche Bearbeitung der Lerneinheiten ergänzt.

Erste Ergebnisse indizieren positive Ergebnisse hinsichtlich Nutzung und Akzeptanz der Lerneinheiten. Bezüglich des Lernerfolgs verbalisieren die Studierenden von sich aus Fortschritte hinsichtlich der submikroskopischen Vorstellung und stimmen der verbesserten Verknüpfung dieser Vorstellung mit mathematischer Repräsentation überwiegend zu. Eine ausführliche Analyse des Lernerfolgs der Studierenden zu Maxwells Geschwindigkeitsverteilung wird gerade publiziert (vgl. Schwedler 2017 c).

Zusammenfassung und Ausblick

Das Konzept BIRC soll Studienanfänger beim Selbstlernen im Fach Physikochemie unterstützen. Da sich die *java*-basierten Prototypen nur eingeschränkt zum flächendeckenden Einsatz in der regulären Lehre eignen, wurden zwei Prototypen in eine technisch sichere und einfach handhabbare Version überführt und im WS 16/17 im Modul ‚Physikalische Chemie Basis' als Ergänzung zu den Übungsaufgaben eingesetzt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lerneinheiten von den Studierenden gut angenommen werden. In Zukunft soll das Konzept auf eine Datenbank aus 10-12 Lerneinheiten ausgeweitet werden, um die Kernthemen des Semesters abdecken zu können.

Literatur

Barke, H.-D. (2006) Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Springer, Berlin, Heidelberg.

Carson, E. M. & Watson, J. R. (2002): Undergraduate students' understandings of entropy and Gibbs free energy, *U. Chem. Ed.,* 6, S. 4-12.

Cartier, S. F. (2009): An Integrated, Statistical Molecular Approach to the Physical Chemistry Curriculum, In: JoCE 12 (86) S. 1397-1402.

Cox, A. J., Belloni, M., Dancy, M. & Christian, W. (2003): Teaching thermodynamics with Physlets® in introductory physics. Physics Education 38 (5), 433-440.

Dehling, H., Glasmachers, E., Griese, B., Härterich, J., & Kallweit, M. (2014): MP^2 - Mathe/Plus/Praxis - Strategien zur Vorbeugung gegen Studienabbruch. Zeitschrift für Hochschulentwicklung 9 (S.39-55).

Frettlöh, D. & Hattermann, M. (2014). Konzeption eines Mathematik-Förderprogramms für Informatikstudierende der Universität Bielefeld. In: Biehler, R.; Hochmuth, R.; Hoppenbrock, A. & Rück, H.- G. (Hrsg.), Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik: Vol. 2. Mathematik im Übergang von Schule zur Hochschule und im ersten Studienjahr. Berlin und Heidelberg: Springer

Goedhart, M. J. und Kaper, W. (2002): From chemical energetics to chemical thermodynamics. In: Gilbert, J. K. et al (Hrsg.) Chemical Education: *Towards research-based practice*. Dordrecht: Kluwer, S. 339-362.

Heublein, U. et al (2008): Die Entwicklung der Studienabbruchquote an den deutschen Hochschulen, HIS-Projektbericht, Hannover.

Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. and Sommer, D. (2014) Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen - Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012. Forum Hochschule. Hannover.

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D. and Besuch, G. (2010) Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. HIS : Forum Hochschule, Hannover.

Johnstone, A. H. (1991): Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. In: Journal of Computer Assisted Learning, 7, S. 75-83.

Kimpel, L & Sumfleth, E. (2017) Probleme bei der Bearbeitung chemischer Rechenaufgaben. In: Maurer C, editor. Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. LIT Verlag, Berlin. 79–82.

Landriscina F. (2009): Simulation and learning: the role of mental models. In: *Journal of e-Learning and Knowledge Society*. 5 (2), S. 23-32.

Marohn, A. (2008) "Choice2learn" - eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. ZfDN, **14**, 57–83.

Schwedler, S. (2017a) Interaktive Simulationen im Chemiestudium: Bridging Imagination and Representation in Chemistry (BIRC). In: Maurer C, editor. Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. LIT Verlag, Berlin. 656–659.

Schwedler, S. (2017b): Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften,* DOI 10.1007/s40573-017-0064-5.

Schwedler, S. (2017c): Wie schnell sind die Teilchen denn jetzt? Studienanfänger des Fachs Chemie entwickeln dynamische Vorstellungen zur Maxwellverteilung mit BIRC, *ChemKon,* Manuskript angenommen mit minor revisions.

Sözbilir, M., Pinarbasiand, T. & Canpolat, N. (2010): Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of Chemical Thermodynamics and Kinetics, *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(2), 111-120

Tinker, R. & Xie, Q. (2008): Applying Computational Science to Education: The Molecular Workbench Paradigm, In: Computing in Science and Engineering, Band 10, Nr 5, S. 24-27.

Van Someren, M., Barnard, Y. F., Sandberg, J. A. C. (1994): The think aloud method – a practical guide to modelling cognitive processes, London: Academic Press.

Nicole Marmé Pädgogische Hochschule Heidelberg
Jens-Peter Knemeyer

Von der Schule in die Hochschule - Physik-Vorbildung angehender Studierender der Ingenieurswissenschaften und Entwicklung eines Vorkurses

Einleitung

In Baden-Württemberg hat die duale Ausbildung eine lange Tradition. Neben der klassischen Lehre hat sich in den letzten Jahrzenten das duale Studium entwickelt. Die ersten dualen Studiengänge wurden 1974 an den Berufsakademien in Mannheim und Stuttgart eingerichtet. Mittlerweile gibt es über 1500 Studiengänge mit über 100.000 Studierenden. Die größte derartige Einrichtung, die Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) wurde erst 2009 gegründet und wächst seitdem rasant. Mittlerweile sind an elf Standorten über 33000 Studierende eingeschrieben. Das komplexe mehrgliedrige deutsche Schul- und Ausbildungssystem bietet unzählige Möglichkeiten die Zugangsberechtigung für das Studium an einer Fachhochschule oder einer dualen Hochschule zu erlangen. Hierdurch werden diese Hochschulen, noch stärker als die Universität, mit einer sehr heterogenen Studierendenschaft konfrontiert, was zu enormen Problemen in den Eingangssemestern führt. Mittlerweile werden deshalb immer öfter Vorkurse angeboten, um die fachlichen Unterschiede bei Studieneinsteigern zu reduzieren. Die DHBW Mosbach bietet seit einigen Jahren verschiedene Vorkurse, bspw. in Mathematik an. Der bereits existierende Physik-Vorkurs sollte so modifiziert werden, dass er den Anforderungen der heterogenen Studierendenschaft gerecht wird.

Eingangsvoraussetzungen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Physik-Vorkurs

Um diese Anforderungen im Vorfeld zu evaluieren, wurden alle 42 Studierenden, die sich freiwillig für diesen Kurs angemeldet hatten, zu ihrer physikalischen Vorbildung befragt. Ein reiner Wissenstest zur Ermittlung physikalischen Fachwissens konnte vor dem Kurs nicht durchgeführt werden, sondern es wurden die Rahmenbedingungen der schulischen Ausbildung bestimmt. Hierzu wurden die Studierenden gefragt, in wie vielen Schuljahren sie Physikunterricht hatten. Die Spanne reichte von keinem Unterricht von bis zu acht Jahre. Zwei Drittel der Studierenden hatten spätestens ab der 7. Klasse relativ regelmäßig über die gesamte Schullaufbahn Physikunterricht (5 Jahre und mehr). Es gibt aber auch einen signifikanten Anteil (ca. 10 %), der nur max. ein Jahr Physik hatte, so dass man davon ausgehen kann, dass auch Studierende mit sehr wenigen physikalischen Vorkenntnissen am Kurs teilnehmen.

Zum sehr unterschiedlichen Umfang der schulischen Physikausbildung kommt erschwerend hinzu, dass die Schulzeit teilweise lange zurückliegt, wodurch Vorwissen verloren gegangen sein könnte. Nur die Hälfte der Studierenden beginnt das Studium direkt nach dem Schulabschluss. Oft wird das Studium nach einem Jahr „Pause“ (freiwilliges soziales Jahr, Reise, Ausprobieren eines anderen Studiengangs) aufgenommen. Bei einem Drittel der Studierenden liegt der Schulabschluss sogar zwei oder er mehr Jahre zurück, bei 10% sind schon über fünf Jahre vergangen.

Der Physikunterricht lag teilweise noch länger zurück, da viele Studierende in den letzten Jahren vor dem Abschluss keinen Physikkurs belegt hatten. Gerade tieferliegendes physikalisches Verständnis wird oft erst in der Oberstufe erworben und oft nur im Rahmen eines Leistungskurses oder Neigungsfachs. 40 % der Studierenden hatten in der Oberstufe keinen Physikunterricht mehr, 32% besuchten einen Grundkurs und lediglich 28% belegten einen Leistungskurs bzw. hatten Physik als Neigungsfach.

Trotz freiwilliger Anmeldung an dem kostenpflichtigen Physik-Vorkurs finden sich auch Studierende mit sehr guter physikalischer Schulausbildung in den Physik-Vorkursen. Hier wurden verschiedene Gründe für eine Teilnahme genannt. Bei einigen ist die Schule lange her; andere haben das Gefühl einfach zu schlecht in Physik zu sein (z.B. schlechte Schulnoten). Manche fühlen sich trotz Oberstufenphysik durch ihren Physikunterricht nur schlecht auf das Studium vorbereitet.
Zusammenfassend zeigt die Befragung der Kursteilnehmerinnen und -teilnehmern, dass durch sehr verschiedene Werdegänge die Kontaktmöglichkeiten und Beschäftigungszeiträume mit physikalischen Inhalten sehr unterschiedlich waren. Selbst ohne Berücksichtigung des individuellen Lernverhaltens handelt es sich hier um eine extrem heterogene Gruppe.

Der Physik-Vorkurs

Die Hauptaufgabe des Physik-Vorkurses ist es, schwächeren Studienanfängern Grundlagen zu vermitteln, um eine Überforderung im Studium zu verringern. Gleichzeitig soll der Kurs aber allen Teilnehmern die Möglichkeit geben, sich in ihrem physikalischen Verständnis weiter zu entwickeln. Ein weiteres Ziel ist es, die Studierenden an den im Studium benötigten erhöhten Grand an Eigenständigkeit heranzuführen. Des Weiteren soll der Kurs immer den Bezug physikalischer Grundlagen zu berufsspezifisch relevanten Fragestellungen herstellen. Thematisch sollen Grundlagen der Mechanik und der Thermodynamik behandelt werden.
Gerade im Umgang mit heterogenen Gruppen, dem Erwerb von Eigenständigkeit und „Realitätsbezug“ hat sich in vielen Feldern, die Lehr-/Lernmethode des Problembasierten Lernens (PBL) als geeignet erwiesen. Für den 5-tägigen Physik-Vorkurs (jeweils 9-16 Uhr) an der DHBW wurde ein PBL-Fall entwickelt, der in zwei von vier Vorkursen anstelle von Übungsaufgaben eingesetzt wurde. Konkret gab es an jedem Kurstag je eine Inputphase mit Grundlagen der Mechanik (vormittags) und der Thermodynamik (nachmittags). Diese Phasen dauerten jeweils 60-90 Minuten und es folgte eine Arbeitsphase (ca. 90 min), in der die Studierenden den PBL-Fall bearbeiten konnten und die Dozierenden für individuelle Fragen und Betreuung bereit standen. Am letzten Tag wurden die Ergebnisse von den Studierenden in einem Vortrag präsentiert.

PBL-Fall „Crazy Rides“

Die Lerngruppen bekommen den Auftrag Ideen für ein Fahrgeschäft zu entwickeln und dieses mit ersten Berechnungen zu planen. (Knemeyer 2017) Hierbei kann zwischen zwei extremen Standorten in einer besonders heißen bzw. besonders kalten Region gewählt werden, so dass neben der Konstruktion (Mechanik) auch thermodynamische Fragestellungen aufgeworfen werden können. Um die Lernenden mit vielseitigen Fragestellungen zu konfrontieren, befinden sich beide Standorte an (bzw. über) einer großen Schlucht, so dass die statische Konstruktion des Fahrgeschäfts eine besondere Herausforderung darstellt. Die Gewichtskraft der Bahnen kann nicht einfach durch senkrechte Stützen in einem festen Untergrund aufgenommen werden. Es sind komplexere Befestigungen an der Felswand oder eine Art Brücken-Konstruktionen nötig. Durch die Favorisierung eines Katapultstartes wird eine ausführlichere Beschäftigung mit Fragen der Energieerhaltung angestoßen.
Konkret haben sich die Studierenden mit folgenden Fragestellungen befasst:
- Temperaturen und temperaturabhängige Materialeigenschaften (z.B. Ausdehnungskoeffizienten): Diese Parameter dienten als Entscheidungsgrundlage für den Standort.
- Thermoregulation: Gestaltung eines Wartebereiches (Isolation, Heizung, Kühlung)
- Kräfte, Zerlegung von Kräften: Wie müssen Stützen angeordnet werden, welche Kräfte wirken auf die einzelnen Teile? Zug- oder Druckkräfte?

- Bewegungsgesätze: Berechnungen von Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und auftretenden (bzw. benötigten) Kräften (F=ma),Freier Fall
- Komplexere Berechnungen unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes
- Kreisbewegung: Betrachtung von entstehenden Kräften in Kurven, Schrauben oder Loopings. Von besonderem Interesse ist die Zentripetalkraft, die in einem Looping auf dem Wagen (und den Menschen) wirkt. Welche Einfahrtsgeschwindigkeit wird benötigt, damit die Wagen oben nicht aus dem Looping fallen?
- Energieumwandlung und Energieerhaltung: Während der Fahrt findet eine permanente Umwandlung von potenzieller und kinetischer Energie statt. Im Falle eines Katapultstartes kommt noch die in der Feder gespeicherte Energie hinzu. Hier kann berechnet werden, wie stark eine Feder mit einer bestimmten Federkonstanten gespannt werden muss, um die Wagen auf die benötigte Geschwindigkeit zu beschleunigen.

Neben rein physikalischen Fragenstellungen könnten auch weitere Bereiche betrachtet werden, wie beispielsweise die Frage nach der Wirkung von Beschleunigungen auf den menschlichen Körper. Welche Kräfte hält der menschliche Körper aus? Was ist zulässig? Was bedeutet das für die konzipierte Bahn?

Diskussion/ Ausblick

Am Ende des Vorkurses fand eine weitere Befragung statt. Die Studierenden gaben mehrheitlich an, dass ihnen der PBL-Fall Spaß gemacht hat (70%), sie kreativ arbeiten konnten (70%) und dass das Interesse an fachlichen Inhalten gesteigert wurde (50%). Insgesamt würden über 80% diesen Vorkurs weiterempfehlen. Auf der anderen Seite geben über 50% der Kursteilnehmer an, dass sie lieber Aufgaben gerechnet hätten, da sie der Meinung waren beim PBL weniger gelernt zu haben. Insgesamt zeigen die Daten, die freien Rückmeldungen und die Beobachtungen der Dozierenden, dass das PBL gut angenommen wurde und Spaß machte. Es wurde motiviert an physikalischen Fragestellungen gearbeitet und jeder Teilnehmer konnte sich unabhängig vom Vorwissen einbringen und sich mit Physik befassen. Die Studierenden hatten aber das Gefühl weniger als bei herkömmlichen Aufgaben zu lernen, da viel Zeit z.B. für Recherche benötigt wird. Außerdem dauerte es einige Zeit, bis sie eigene physikalische Fragestellungen entwickelten und es gab keine direkte Rückmeldung von Dozierenden (richtig oder falsch). Hier wünschten sich die Studierenden mehr Vorgaben (und weniger Freiheit).

Aus Sicht der Dozierenden kann ein „weniger Lernen“ nicht bestätigt werden. Aus organisatorischen Gründen war eine schriftliche Leistungsüberprüfung nicht möglich, aber die gezeigten Leistungen und Rechnungen in den Präsentationen lassen auf einen zufriedenstellenden Wissenszuwachs schließen. Es fiel aber auch auf, dass viele Studierende mit der sehr offenen Aufgabenstellung und dem eigenständigem Recherchieren und Stellen von sinnvollen Fragen und Aufgaben oft überfordert waren. Ein Grund hierfür könnte sein, dass diese Form des Arbeitens aus der Schule nicht bekannt war.

Unter Berücksichtigung der erhaltenen Rückmeldungen und Beobachtungen soll der Vorkurs zum nächsten Durchgang modifiziert werden. Zum einen soll es mehr unterstützende Angaben geben, so dass die Recherchezeit verkürzt wird. Diese sollen über eine Internetplattform bereitgestellt werden. Zum anderen sollen auch Übungsaufgaben zur Verfügung gestellt werden, die zusätzlich freiwillig bearbeitet werden können. Außerdem soll ein fachlicher Wissenstest vor und nach dem Kurs durchgeführt werden. Dieser dient sowohl zur Evaluation des tatsächlichen Wissenszuwachs und soll den Studierenden ihren Lernfortschritt „messbar“ zeigen, so dass es zu einer größeren Akzeptanz des PBL kommt.

Literaturverzeichnis

Knemeyer, J.-P. & Marmé, N. (2017). Problembasiertes Lernen in Mechanik und Thermodynamik – Der PBL-Fall „Crazy Rides“. DOI: 10.13140/RG.2.2.31293.15840

Joost Massolt[1]
Andreas Borowski[1]
[1]Universität Potsdam

Increasing perceived relevance of the required content knowledge

Lack of Motivation and Study Discontinuation

In Germany, dropout rates among physics and pre-service physics teachers remain particularly high (Heublein, Hutzsch, Schreiber, Sommer, & Besuch, 2010) where a high shortage of physics teacher is expected (Klemm, 2015). The problem lies partly in the learning motivation of pre-service physics teachers (PST). They often struggle to see the connection between the university content knowledge and the content knowledge they will need as a teacher. At the same time, evaluations of the teacher training courses at the University of Potsdam showed, that PST students want for a more noticeable connection between the physics content courses and the physics education courses (AG Studienqualität, 2011). Studies at other institutes show that there is general validity to his problem (e.g. Koponen, Asikainen, Viholainen, & Hirvonen, 2016). There exists a positive correlation between perceived relevance and both learning outcomes, the conceptual understanding level (Deci, Eghrari, Patrick, & Leone, 1994; Deci, Vallerand, Pelletier, & Ryan, 1991) and motivation (e.g. Keller, 1983). A separation from the professional field and lack of motivation are furthermore seen as study discontinuation reasons (Heublein et al., 2010). Therefore, there is a need for action.

Professional Knowledge of Physics Teachers

The professional knowledge of (prospective) teachers has been extensively described by Shulman (1986). Content knowledge (CK) was differentiated from pedagogical knowledge (PK) and pedagogical content knowledge (PCK). In multiple studies, the latter has been described in detail (e.g. Gess-Newsome, 2015). CK plays a vital role in the acquisition of PCK (Baumert et al., 2010; Krauss et al., 2008; Terhart, 2002). However, it remains unclear, what and how much CK (prospective) teachers need. In several studies of the professional knowledge of (prospective) teachers (e.g. Ball, Thames, & Phelps, 2008; Heinze, Dreher, Lindmeier, & Niemand, 2016; Loch, 2015; Riese, 2009), the content knowledge has been further specified. A knowledge category emerged that describes the teacher-specific content knowledge. However, the current definitions of this category are subject-specific and only include the substantive structure and not the syntactic structure of content knowledge (Schwab, 1964, 1978, Shulman, 1986, 1987). For several subjects, the *school-related content knowledge* (SRCK) has been modeled within the project PSI-Potsdam in a multi-disciplinary group, taking both the substantive and syntactic structure into account (Massolt & Borowski, 2017; Woehlecke et al., 2017). SRCK describes a conceptual knowledge and is characterized by networked knowledge. It is necessary for a more thorough understanding of content that is relevant in school-situations; SRCK describes knowledge and abilities that prepare for the planning, teaching and analysis of physics lessons.

Research Question

University physics courses in Germany typically consist of lectures, laboratory experiments and tutorial groups. In the latter, weekly problem sets are discussed. Tutorials serve as an important preparation for the final exams. Two new conceptual problems have been developed as part of the regular problem sets discussed in tutorial groups. One of these problems base on the knowledge and abilities described in SRCK; the other problem is a conceptual problem without school relevance. As a preparation for the weekly tutorial sessions, both physics majors and pre-service physics teachers solve the problems on these

problem sets. This research question we ask is: to what extent do pre-service physics teachers perceive the SRCK-based problems as more relevant than the regular problems? We expect that a focus on SRCK increases the perceived relevance of the university content knowledge (e.g. Keller, 1983) by the pre-service physics teachers. The problem sets are however a very important preparation for the final exam. They are also aimed at both physics majors and pre-service physics teachers. Therefore, the problems based on SRCK should be at the same level as the regular problems.

Design

Two out of five of the regular problems on weekly problem sets part of two first year experimental physics courses were replaced (WiSe2016/2017: Experimental physics 1 (Newtonian mechanics), N = 28 physics majors, N = 47 physics PST; SuSe2017: Experimental physics 2 (Electricity & Magnetism), N = 19 physics majors, N = 24 physics PST). The two new problems are both conceptual problems. Only one of them is based on the knowledge and abilities described in the SRCK model; the other problem is a conceptual problem without explicit school relevance. The assignment of problems to the three different problem types (regular, conceptual based on SRCK and conceptual without school relevance) was done using a problem design manual ($\kappa = 0.80 / 0.78$).

Under the same conditions, both the regular problems and the new problems were solved at home and subsequently discussed in tutorial groups. At the beginning of every tutorial session (for a total of 13 weeks), all the students were asked to complete a questionnaire where they had to rate the problems (on a scale from 1 to 6) with regard to difficulty and relevance for their later occupation. Because of time restrictions, we used a single-item measure for relevance. A study (after de Boer et al., 2004) with N = 32 students showed that this single item correlates strongly (r = .76, p < .001) with the multiple-item 'value/usefulness' scale from the intrinsic motivation inventory (Deci & Ryan, 2003).

Results

The results of the first semester can be found in figure 1. An analysis using an unpaired t-test shows, that the questions based on SRCK are perceived as more relevant by pre-service physics teachers than by physics majors $p < .001$; $d = 2.25$. The conceptual problems without school relevance were also perceived as more relevant by pre-service physics teachers than by physics majors ($p < .001$), the effect size was however much smaller: $d = 1.22$.

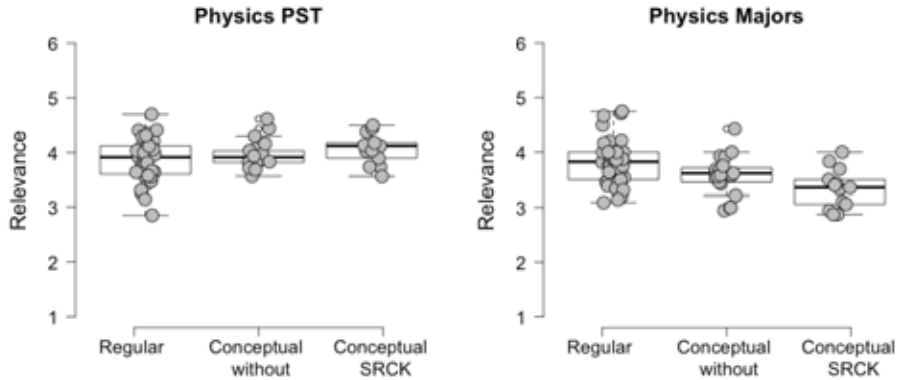


Fig. 1, Experimental physics 1, perceived relevance per problem separated by problem type by pre-service physics teachers (left) and physics majors. A higher number means a higher perceived relevance.

Analysis of variance between the problem types showed no statistical significant differences in perceived relevance by pre-service physics teachers, $F(2,71) = 1.91$, $p = .16$. The difference in difficulty was also not statistically significant, $F(2,71) = 3.02$, $p = .055$.
The physics of the last part of the semester is more distant to school physics; here, an analysis of variance shows an effect of problem type on perceived relevance, $F(2,21) = 4.58$, $p < .05$. A Tukey's HSD posthoc analysis showed that the perceived relevance of the SRCK-Problems was significantly higher than the regular problems ($p < 0.05$). Significant differences between the other problem types and in difficulty were not found, $F(2,21) = 0.18$, $p = .84$.
In the second semester, a similar analysis of variance between the problem types showed significant differences in the perceived relevance by pre-service physics teachers, $F(2,74) = 12.34$; $p < .001$. Using the HSD posthoc analysis, significant differences were found between the regular problems and the conceptual problems without school relevance ($p < .01$) and between the regular problems and the problems based on SRCK ($p < .001$).

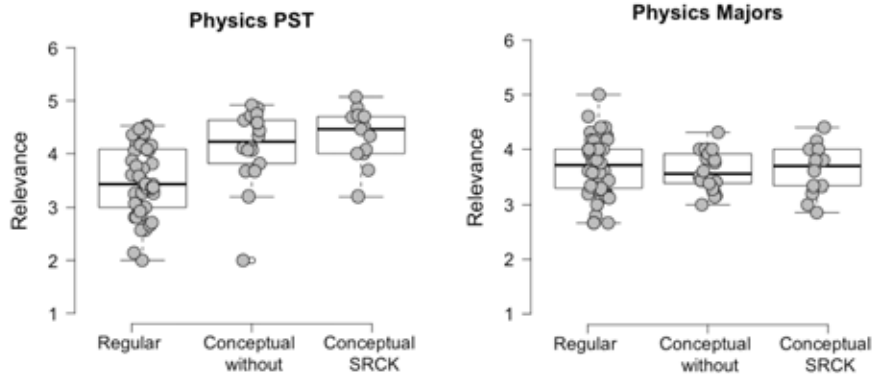


Fig. 2, Experimental physics 2, perceived relevance per problem separated by problem type by pre-service physics teachers (left) and physics majors

Discussion and Conclusion

The results show that the pre-service physics teachers perceive the problems based on SRCK as more relevant than physics majors do. These results support our theory that SRCK describes a knowledge that is important for physics teachers, which makes the problems based on SRCK more relevant to the pre-service physics teachers.
In the final third of the first semester and in the second semester, where the content is more distant to school physics, the problems based on SRCK are perceived as more relevant to pre-service physics teachers. There are however no significant differences between the conceptual problems with and without school relevance.
We can therefore conclude that problems on problem sets offer us a possibility to increase the perceived relevance of the university content knowledge by pre-service physics teachers. However, given the limitations that these problems have only been evaluated at one university and within one group of students, further research is necessary.

Acknowledgement

This project is part of the "Qualitätsoffensive Lehrerbildung", a joint initiative of the Federal Government and the Länder which aims to improve the quality of teacher training. The programme is funded by the Federal Ministry of Education and Research. The authors are responsible for the content of this publication.

Literatur

AG Studienqualität. (2011). Allgemeiner Bericht zur Onlinebefragung Professionsorientierung / Berufsqualifizierung im Lehramtsstudium an der Universität Potsdam. Potsdam: Universität Potsdam.

Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? Journal of Teacher Education, 59(5), 389–407. https://doi.org/10.1177/0022487108324554

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., … Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. American Educational Research Journal, 47(1), 133–180. https://doi.org/10.3102/0002831209345157

de Boer, A. G. E. M., van Lanschot, J. J. B., Stalmeier, P. F. M., van Sandick, J. W., Hulscher, J. B. F., de Haes, J. C. J. M., & Sprangers, M. A. G. (2004). Is a single-item visual analogue scale as valid, reliable and responsive as multi-item scales in measuring quality of life? Quality of Life Research, 13(2), 311–320. https://doi.org/10.1023/B:QURE.0000018499.64574.1f

Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C., & Leone, D. R. (1994). Facilitating Internalization: The Self-Determination Theory Perspective. Journal of Personality, 62(1).

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). Intrinsic Motivation Inventory. Retrieved from http://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/

Deci, E. L., Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., & Ryan, R. M. (1991). Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. Educational Psychologist, 26(3), 325–346. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2603&4_6

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), Re-examining pedagogical content knowledge in science education (pp. 28–42). New York: Routledge.

Heinze, A., Dreher, A., Lindmeier, A., & Niemand, C. (2016). Akademisches versus schulbezogenes Fachwissen – ein differenzierteres Modell des fachspezifischen Professionswissens von angehenden Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe. Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft, 19(2), 329–349. https://doi.org/10.1007/s11618-016-0674-6

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., & Besuch, G. (2010). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. Hannover: HIS:Forum Hochschule.

Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), Instructional design theories and models: An overview of their current status. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Klemm, K. (2015). Lehrerinnen und Lehrer der MINT-Fächer: Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemein bildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens. Essen: Deutsche Telekom Stiftung.

Koponen, M., Asikainen, M., Viholainen, A., & Hirvonen, P. (2016). Teachers and their Educators - Views on Contents and their Development Needs in Mathematics Teacher Education. The Mathematics Enthusiast, 13(1), 149–171.

Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. Journal of Educational Psychology, 100(3), 716–725. https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.716

Loch, C. (2015). Komponenten des mathematischen Fachwissens von Lehramtsstudierenden. Dr. Hut, München.

Massolt, J., & Borowski, A. (2017). Motivationssteigerung durch Fokussierung auf das vertiefte Schulwissen im Rahmen der Fachvorlesungen Physik. In C. Maurer (Ed.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016 (pp. 660–663). Universität Regensburg.

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

Schwab, J. J. (1964). Structure of the Disciplines. In G. W. Ford & L. Pugno (Eds.), The Structure of Knowledge and Curriculum (pp. 6–30). Chicago, IL: Rand McNally.

Schwab, J. J. (1978). Education and the structure of the disciplines. In I. Westbury & N. G. Wilkof (Eds.), Science curriculum & liberal education (pp. 229–272). Chicago: University of Chicago Press.

Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher, 15(2), 4–14. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004

Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. Harvard Educational Review, 57(1), 1–23. https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Terhart, E. (2002). Standards für die Lehrerbildung: Eine Expertise für die Kultusministerkonferenz (ZKL-Texte Nr. 23). Universität Münster Zentrale Koordination Lehrerausbildung.

Woehlecke, S., Massolt, J., Goral, J., Hassan-Yavuz, S., Seider, J., Borowski, A., … Glowinski, I. (2017). Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung im universitären Lehramtsstudium. Manuscript submitted for publication.

Jenny Stäcker[1]
Mathias Ropohl[1]
Mirjam Steffensky[1]
Gernot Friedrichs[2]

[1]IPN Kiel
[2]Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Förderung der Vernetzung von universitärem und schulischem Fachwissen

Zielsetzung und Ausgangspunkt

Lehramtsstudierende der Chemie haben häufig Schwierigkeiten die Relevanz fachwissenschaftlicher Studieninhalte für ihre spätere Berufstätigkeit zu erkennen. Daraus resultiert eine niedrige Lern- und Leistungsbereitschaft und damit ungünstige Ausgangsbedingungen für das spätere Unterrichten. Daher sollten Lehramtsstudierende in Chemie schon während des Lernens von fachlichen Studieninhalten unterstützt werden, indem sie modulbegleitend Lernangebote erhalten, die das an der Universität vermittelte und das in der Schule zu unterrichtende Fachwissen vernetzen.

Theoretischer Hintergrund

Das Fachwissen ist eine zentrale Komponente des Professionswissens von Lehrkräften, d.h. es bildet die Grundlage für effektives Unterrichten (vgl. Abell, 2007; Baumert & Kunter, 2006; Bromme, 1992; Lipowsky, 2006). Bisher gibt es keine empirischen Befunde darüber, in welcher Breite und Tiefe das Fachwissen von Lehrkräften ausgebildet sein muss, um einen qualitätsvollen Unterricht zu gewährleisten. Allerdings besteht weitestgehend Konsens darüber, dass Lehrkräfte mindestens das Niveau des Wissens erreichen müssen, das sie ihren Schülerinnen und Schülern vermitteln wollen (Baumert & Kunter, 2013). Für die Planung und Durchführung von Unterricht ist jedoch noch ein deutlich höheres Niveau erforderlich (Baumert & Kunter, 2006).

Diese fundierte fachliche Ausbildung von Lehrkräften wird als notwendig angesehen, dennoch fehlt es im Studium häufig an Verknüpfungen zu der späteren beruflichen Tätigkeit der Studierenden, sodass hier ein Ansatzpunkt zur Verbesserung der Lehramtsausbildung gesehen wird. Diese Vernetzung soll durch das fachliche Strukturierungswissen geschehen, das als eine Form des Metawissens über die Strukturen und Verbindungen des universitären mit dem schulischen Fachwissen verstanden werden kann.

Durch die fehlende Verknüpfung schätzen Lehramtsstudierende fachliche Studieninhalte als zu weit weg von ihrer späteren beruflichen Tätigkeit ein (vgl. Blömeke, 2006; Kolbe, 2004), was sowohl zu negativen motivationalen Effekten als auch zu einer geringeren Lern- und Leistungsbereitschaft führen kann (vgl. Schneider & Stern, 2012). Daher soll es das Ziel dieser Lernangebote sein, die wahrgenommene Berufsrelevanz der fachlichen Studieninhalte zu erhöhen und durch die Vernetzung das fachliche Strukturierungswissens zu fördern.

Forschungsfragen

In diesem Beitrag soll auf folgende Forschungsfragen eingegangen werden:

- Wie hoch ist momentan die wahrgenommene Berufsrelevanz der fachwissenschaftlichen Studieninhalte?
- Welchen Einfluss haben die neu entwickelten Lerngelegenheiten auf die wahrgenommene Berufsrelevanz?

Es wird erwartet, dass die fachwissenschaftlichen Studieninhalte als eher nicht relevant eingeschätzt werden, wenn sie nicht explizit (mit den gleichen Fachtermini) im Lehrplan auftauchen. Für die Wirkung der Lernangebote wird angenommen, dass diese eine positive Wirkung wenigstens auf die wahrgenommene Relevanz der behandelten fachlichen Themen hat.

Studien- und Testdesign

Im Rahmen des Projektes werden Lernangebote entworfen, durchgeführt und evaluiert, mit dem Ziel die Lücke zwischen dem an der Universität vermittelten Wissen und dem schulischen Wissen, das Lehrkräfte im Beruf unterrichten, zu schließen und so die wahrgenommene Relevanz dieser universitären Studieninhalte zu erhöhen.

Die Lernangebote werden in einer Interventionsstudie mit Kontrollgruppe durchgeführt (vgl. Tab. 1) und mittels einer Prä- und Posttestung hinsichtlich der Effekte auf die wahrgenommene Berufsrelevanz und das fachliche Strukturierungswissen evaluiert.

	1. MZP	Intervention	2. MZP	Intervention
Interventionsgruppe	X	X	X	
Kontrollgruppe	X		X	X

MZP = Messzeitpunkt

Tab. 1: Interventionsstudiendesign mit Kontrollgruppe

Die Stichprobe der ersten Pilotierung setzte sich aus Lehramtsstudierenden der Chemie an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zusammen, die zufällig auf die beiden Gruppen verteilt wurden. Dabei ergab sich eine nahezu identische Zusammensetzung bzgl. Alter, Geschlecht und Fachsemester, mit einem hohen Anteil an Studentinnen in beiden Gruppen.

Zum ersten und zweiten Messzeitunkt wurde neben allgemeinen Persönlichkeitsmerkmalen, wie Alter, Abiturnote und abgeschlossenen Modulen, einem Fachwissenstest zur physikalischen Chemie und einem Test für das fachliche Strukturierungswissen die wahrgenommene Berufsrelevanz erhoben. Dies geschah zum einen über eine Ratingskala von *1* (nicht relevant) bis *4* (relevant) zur Einschätzung der Relevanz verschiedener Themen der physikalischen Chemie für den späteren Beruf als Chemielehrkraft an einem Gymnasium. Gleichzeitig wurde aber auch mithilfe eines offenen Antwortformats eine Begründung für diese Einschätzung verlangt und um eine Auflistung von Lehreraktivitäten gebeten, in denen das Fachwissen eine große Rolle spielt.

Interventionsdesign

In den Lerngelegenheiten für die physikalische Chemie wurde anhand der Fachinhalte Aggregatzustände, Energetik chemischer Reaktionen und Entropie (je zwei Stunden) ausgehend von der fachwissenschaftlichen Analyse alltäglicher Phänomene eine didaktische Reduktion durchgeführt und reflektiert. Ebenso wurde der Einsatz von Experimenten unter Berücksichtigung von Schülervorstellungen und die Bewertung und Auswahl unterschiedlicher Repräsentationen eines schulischen Fachinhalts thematisiert. Außerdem lag der Fokus auf der Hervorhebung von Verknüpfungen von universitären Fachinhalten mit schulischen Themen des Chemieunterrichts.

Als Grundlage für diese Lernangebote wurden sogenannte Wissenslandkarten entworfen, die die zentralen Themen und Begriffe der chemischen Thermodynamik auf den drei Niveaustufen Universität, Sekundarstufe II und Sekundarstufe I in einem Wissensnetz darstellen, sodass sowohl die Vernetzung innerhalb einer Ebene aber auch zwischen den Ebenen abgebildet werden kann.

Ergebnisse & Diskussion

Im Folgenden werden erste Ergebnisse der quantitativen Auswertung bzgl. der wahrgenommenen Relevanz anhand der Daten aus der Prä- und Posttestung vorgestellt.

Die Auswertung zur wahrgenommenen Relevanz von fachlichen Studieninhalten zeigt, dass die Studierenden beider Gruppen ($N = 29$) über alle vorgestellten Themen der physikalischen Chemie hinweg die Inhalte als eher relevant einschätzen (Gesamtrelevanz: $M = 2.97$; $SE = 0.07$). Bei der Differenzierung in die sieben Themenbereiche ergab sich eine höher ausgeprägte wahrgenommene Relevanz für die Themen 6 *Chemisches Gleichgewicht* ($M = 3.20$; $SE = 0.07$) und 7 *Phasen und Phasenumwandlungen* ($M = 3.45$; $SE = 0.07$). Im

Vergleich zur wahrgenommenen Gesamtrelevanz wiesen die Themen 1 *Thermodynamisches System und Zustandsänderungen* ($M = 2.69$; $SE = 0.12$), 4 *1. Hauptsatz der Thermodynamik* ($M = 2.78$; $SE = 0.09$) und 5 *Entropie und 2./3. Hauptsatz der Thermodynamik* ($M = 2.74$; $SE = 0.11$) eine besonders niedrige wahrgenommene Relevanz auf.
Dennoch fällt auf, dass die Studierenden alle Themen als unerwartet relevant einschätzen, was auf einen fehlenden Bezugsrahmen zurückzuführen sein kann. Bei einer gleichzeitigen Befragung mit als schulnäher eingestuften Themen v.a. der anorganischen Chemie könnte sich dadurch ein anderes Bild ergeben. Themen, die Lehramtsstudierende mit konkreten Unterrichtsinhalten assoziieren (wie chemisches Gleichgewicht und Aggregatzustände), weisen, wie erwartet, eine hohe wahrgenommene Relevanz auf.
Für die Interventionsgruppe ($n = 13$) ergibt ein Prä-/Post-Vergleich der Mittelwerte bzgl. der wahrgenommenen Berufsrelevanz für zwei der sieben Themen der physikalischen Chemie starke positive signifikante Effekte der Lerngelegenheit, die sich in der Kontrollgruppe nicht finden ließen. Dies betrifft die Themen 4 *1. Hauptsatz der Thermodynamik* ($d = 1.44$; $p = 0.07$) und 7 *Phasen und Phasenänderungen* ($d = 1.10$; $p = 0.01$), was für die Gesamtrelevanz zu ebenfalls signifikanten Effekten geführt hat ($d = 0.82$; $p = 0.05$) (vgl. Abb. 1). Die Lernangebote haben demnach einen starken Effekt auf zwei der vier Interventionsthemen.

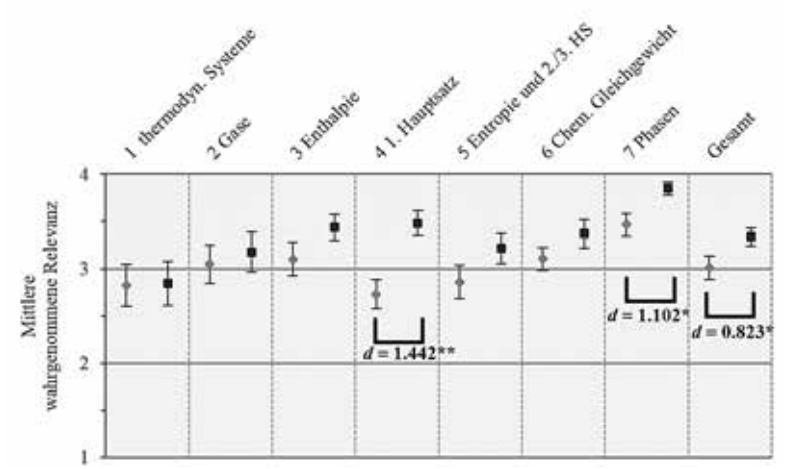


Abb. 1: Vergleich der Mittelwerte zur wahrgenommenen Relevanz vom 1. (♦) zum 2. (■) Messzeitpunkt der Interventionsgruppe.

Ausblick

Die qualitative Auswertung der offenen Antwortformate soll Auskunft darüber geben, inwieweit die Studierenden die Relevanz eines Themas auf die direkte Assoziation mit einem Unterrichtsinhalt aus dem Lehrplan zurückführen oder auch schon erkennen, wenn Inhalte beispielsweise für die Strukturierung und Planung von Unterricht hilfreich sind oder den fachlichen Hintergrund für ein Unterrichtsthema bieten. Außerdem kann damit die Einschätzung der wahrgenommenen Relevanz differenziert betrachtet werden, wenn die Studierenden spezifizieren, auf welchem Niveau sie die genannten Themen als relevant einstufen. Diese Ergebnisse sollen dabei helfen Lücken und Schwierigkeiten der Lehramtsstudierenden bei der Verknüpfung von universitärem und schulischem Fachwissen zu identifizieren. Außerdem können durch dieses Projekt erste Einblicke gewonnen werden, welche Nutzungsaspekte des Fachwissens für den späteren Beruf von Studierenden bereits wahrgenommen werden, um daraus Rückschlüsse zu ziehen, an welchen Stellen der Lehramtsausbildung noch Verbesserungsbedarf besteht.

Literatur

Abell, S. K. (2007) Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), Handbook of research on science education. New York: Routledge, 1105-1149.

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

Baumert, J., & Kunter, M. (2013). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In I. Gogolin, H. Kuper, H.-H. Krüger, & J. Baumert (Hrsg.), Stichwort: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. Wiesbaden: Springer VS, 277–337.

Blömeke, S. (2006). Forschung – Theorie – Praxis. Einstellungen von Studierenden und Referendaren zur Lehrerausbildung. Die Deutsche Schule, 98(2), 178-189.

Bromme, R. (1992). Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens. Bern: Huber.

Kolbe, F.-U. (2004). Das Verhältnis von Wissen und Handeln. In S. Blömeke, P. Reinhold, G. Tulodziecki & J. Wildt (Hrsg.), Handbuch Lehrerbildung Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 206-232.

Lipowsky, F. (2006): Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Eds.), Kompetenzen und Kompentenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf, Weinheim und Basel: Beltz (Zeitschrift für Pädagogik, 51. Beiheft), S. 47-70.

Schneider, M. & Stern, E. (2012). The cognitive perspective on learning: Ten cornerstone findings. In OECD (Hrsg.), The nature of learning: Using research to inspire practice. Paris: OECD, 69-90.

Robert Marten Bittorf Leibniz Universität Hannover
Sascha Schanze

Chemie und Chemiedidaktik - Zusammenarbeit in der Fachausbildung

Die vorgestellte Studie[1] befasst sich mit dem Einfluss von Lehrverbesserungen auf Studierende in einem Modul der Organischen Chemie.
Das Modul „Organische Chemie I“, ein Einführungsmodul im dritten Semester, stellt eine der größten Herausforderungen für Studierende der Chemie an der Leibniz Universität Hannover dar. Dies lässt sich sowohl an hohen Durchfallraten der Modulabschlussklausur (60% und höher) als auch der Bewertung des fachlichen Anforderungsniveaus durch die Studierenden als (sehr) hoch erkennen (DZHW, 2014). Insbesondere Lehramtsstudierende bemängeln weiterhin eine nur unzureichende Verknüpfung der Lehrinhalte mit dem späteren Lehrerberuf. Eine klassische Vorlesung (über 300 Teilnehmende verschiedener Studiengänge), eine Übung sowie ein Tutorium standen den Studierenden bisher als Lernangebote zur Verfügung. Die beschriebenen Daten zeigen jedoch, dass es diese Angebote die Studierenden nicht hinreichend bei ihrem Lernen bzw. Verstehen der Organischen Chemie unterstützen. Um diesen Problemen zu begegnen, wurde, in enger Zusammenarbeit zwischen Fachwissenschaft und Fachdidaktik, das Modul „Organische Chemie I“ überarbeitet. Dabei standen die adressaten-gerechte Vermittlung organisch chemischer Fachinhalte sowie die Identifikation und Explikation von Kernideen und basalen Konzepten der organischen Chemie im Mittelpunkt. In einem diskursiven Prozess mit dem Dozenten der Vorlesung wurden die bisherigen Vermittlungsansätze des Moduls analysiert und zentrale Vermittlungsinhalte bestimmt. Diese Schritte resultierten in der Implementation eines neuen Lehrformats, dem *flipped classroom*.

Theoretischer Hintergrund.
Der *flipped classroom* beschreibt ein aufstrebendes und populäres Lehrformat in der universitären Lehre (Lage, Platt, & Treglia, 2000; Warter-Perez & Dong, 2012). Auch der Einsatz im Bereich der chemischen Ausbildung wurden in diversen Aufsätzen beschrieben (Robert, Lewis, Oueini, & Mapugay, 2016; Ryan & Reid, 2016; Weaver & Sturtevant, 2015). Im *flipped classroom* werden der Ablauf und die Aktivitäten einer klassischen Vorlesung umgedreht. Den Studierenden werden in unserem Fall vor Vorlesung und Übung die relevanten Lerninhalte über eine Lernplattform zur Verfügung gestellt. Dort finden die Studierenden Texte, Dokumente, Video-Aufzeichnungen vergangener Vorlesungen zu den anstehenden Themen sowie Aufgaben zur Überprüfung des eigenen Lernstands. Anschließend besuchen die Studierenden die Übung, in welcher ihnen weitere Aufgaben zur eigenen Bearbeitung vorgestellt werden und Verständnisschwierigkeiten durch hilfreiche Impulssetzungen behoben werden. Diese Maßnahmen ermöglichen es, die gewonnene Zeit für neue Aktivitäten zu nutzen, welche ein tieferes Verständnis ermöglichen (Jarvis, Halvorson, Sadeque, & Johnston, 2014). Mögliche Aktivitäten sind die Diskussion komplexer Konzepte oder die gemeinsame Bearbeitung weiterführender Aufgaben. Das Format ermöglicht dem Dozenten, den Lernfortschritt der Studierenden aktiv zu beobachten und auftretende Lernervorstellungen direkt anzusprechen (Jarvis et al., 2014). Weiterhin

[1] Die Studie wird im Rahmen des Projektes „Theoria cum praxi. Förderung von Reflektierter Handlungsfähigkeit als Leibniz-Prinzip der Lehrerbildung“ durchgeführt. Das Projekt wird durch Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Zuge der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern gefördert.

kann die verbesserte Kommunikation und Explikation den Studierenden dabei helfen, essentielle Gedankenschritte nachzuvollziehen, ihr Verständnis zu fördern und Expertenstrategien, z.B. Lern- und Lösungstrategien, kennenzulernen.

Im Hinblick auf den Einfluss den ein *flipped classroom* auf Studierende hat, ist bisher wenig berichtet worden. Für den allgemeinen Einsatz des *flipped classrooms* im universitären Kontext konnte gezeigt werden, dass das Format den *cognitive load* der Studierenden während der Präsenzveranstaltung reduziert (Seery & Donnelly, 2012; Sirhan, Gray, Johnstone, & Reid, 1999). Bezogen auf Lehrveranstaltungen der Organischen Chemie, zeigten Studien eine Reduktion der Abbruchraten sowie verbesserte Ergebnisse bei den Studierenden (Flynn, 2014; Mooring, Mitchell, & Burrows, 2016). Auch wenn diese Ergebnisse jedoch nicht direkt auf den Einsatz des *flipped classroom* zurückgeführt werden, legten sie zumindest eine Korrelation nahe (Flynn, 2014). Die Literatur zeigt somit, dass ein umfassender Blick auf die Einflüsse des *flipped classrooms* auf die Studierenden in universitären Veranstaltungen und insbesondere in Vorlesungen der Organischen Chemie noch aussteht. Diesem Desiderat geht die hier vorgestellte Studie nach.

Forschungsfrage.
Begleitend zur Lehrveranstaltung im Wintersemester 2016/17 wurde die Datenaufnahme unter folgender Fragestellung durchführt:

In welcher Weise wirken sich die in die „Organische Chemie I" Vorlesung implementierten Interventionen auf die Studierenden aus?

Es soll somit ein ganzheitlicher Blick auf die Wahrnehmung und Entwicklung der Studierenden über das Semester gelegt werden, ein Feld, das, bezogen auf Lehrveranstaltungen der Chemie, bisher wenig betrachtet wurde. Ausgehend von der bestehenden Datenlage wurden drei Vorhersagen zur Fokussierung der Datenaufnahme definiert: 1) Die Studierenden erkennen und bewerten die eingeführten Implementationen. 2) Die Studierenden ändern ihr Lernverhalten über den Verlauf der Vorlesung. 3) Die Studierenden ändern ihre Sichtweise auf die Organische Chemie über den Verlauf der Vorlesung.

Studiendesign.
Die Studie wurde während des laufenden Vorlesungsbetriebs durchgeführt, einem Szenario, das wenig bis keine Kontrolle über beeinflussende Variablen zuließ. Daher wurde die *case study research* Methode nach Yin (2003) gewählt. Sie zeichnet sich insbesondere durch ihren Umgang mit einer Vielzahl unkontrollierbarer Variablen aus. Weiterhin wird es möglicht, die gesamte Vorlesung „Organische Chemie I" als einen Fall zu betrachten und sämtliche Einflüsse auf die Studierenden durch eine breite Datenaufnahme zu erfassen. Eine Vergleichbarkeit des neuen Formats mit der klassischen Vorlesung konnte durch einen verzögerten Einsatz des neuen Formats erzielt werden (siehe *Abb. 1*).

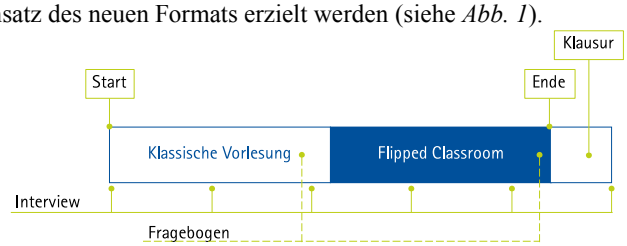


Abb. 1: Ablauf der Vorlesung „Organische Chemie I" im Wintersemester 2016/17 mit Zeitpunkten der Datenaufnahme.

Hierdurch lernten die Studierenden zunächst die klassische Vorlesung kennen und konnten anschließend vergleichend zum *flipped classroom* Stellung nehmen. Eine umfassende

Datenaufnahme bei allen teilnehmenden Studierenden wurde durch den Einsatz von Fragebögen nach der Hälfte und am Ende der Vorlesungszeit erreicht. Der Fokus lag hierbei auf den Erfahrungen mit der zuvor erlebten Vorlesung, dem Format und der Bewertung vorhandener Lernangebote (4-stufige Likert-Skalen). Um einen detaillierten Einblick in die Reaktionen und Erfahrungen der Studierenden zu erhalten, wurden zusätzlich 12 Studierende (7 weiblich, 5 männlich) zu sechs Zeitpunkten leitfadengestützt Befragt (siehe *Abb. 1*). Die Studierenden wurden als repräsentativer Längsschnitt der Hörerschaft, bezogen auf Fachsemester, Studiengang und Erfahrung mit Organischer Chemie, gewählt. Die generierten Audio- und Video-Materialien wurden transkribiert und anschließend im Hinblick auf die zuvor aufgestellten Vorhersagen analysiert.

Erste Ergebnisse.

Zum jetzigen Zeitpunkt liegt eine umfassende Auswertung der Daten noch nicht vor. Erste Ergebnisse zeigen jedoch, dass im Hinblick auf Vorhersage 1) die Eingeführten Implementationen von den Studierenden erkannt und positiv aufgenommen werden (9 von 10 Befragten). Die über ILIAS zur Verfügung gestellten Lernangebote wurden ebenfalls als hilfreich für das Verständnis (M = 3,1; SD = 0,7) und die Klausurvorbereitung bewertet (M = 2,9; SD = 0,7). Als wertvollstes Angebot wurde sowohl in den Interviews als auch in den Fragebögen die Übung benannt (M = 3,6). In Bezug auf die Vorlesung, zeigte die Bewertung der Studierenden keine signifikante Änderung (M = 3). Im Hinblick auf Vorhersage 2) stand am Anfang der Vorlesungszeit für fast alle Interviewteilnehmer das „Verstehen der Organischen Chemie“ als Ziel für die Vorlesung fest (7 von 12). Ausgehend von dieser Aussage, sollten die Studierenden somit elaborierte Lernstrategien (Elaborationsstrategien) zeigen, die sie diesem Ziel näherbringt (vgl. Wild & Schiefele, 1994). Hierzu gehört z.B. das Formulieren neuer Informationen in eigenen Worten oder die Bildung von Analogien zu bereits bekannten Zusammenhängen. Die im Interview befragten Studierenden zeigten jedoch auch nach dem *flipped classroom* hauptsächlich repetitive Lernstrategien, die durch Karteikarten, Lernzettel, etc. gestützt wurden (7 von 10). Weiterhin ist die Nutzung von Alt-Klausuren mit Abstand das am meisten genutzte Medium zur Vorbereitung auf die Klausur (8 von 10 bzw. M = 3,5; SD = 0,8). Die Veränderung der Sichtweise der Studierenden auf die Organische Chemie (Vorhersage 3) war noch nicht Teil der durchführten Auswertung. Aus den während der Interviews gesammelten Erfahrungen kann jedoch berichtet werden, dass für die Studierenden der Reaktionsmechanismus nicht als gewinnbringendes Werkzeug zur Prognose von Reaktionen genutzt wird, was in Einklang mit vorherigen Studien steht (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Ferguson & Bodner, 2008). Im Hinblick auf die von Graulich & Schween (2017) vorgestellte Unterscheidung zwischen einer Produkt- bzw. Prozessorientierung, sehen die Studierenden die Organische Chemie als produktorientiert, was erneut die fehlende Bedeutung des Reaktionsmechanismus unterstreicht.

Fazit und Ausblick.

Erste Ergebnisse identifizieren Potenziale des veränderten Veranstaltungsformats. Die dokumentierte positive Wahrnehmung wirkt sich allerdings noch nicht auf die eingesetzten Lernstrategien der Studierenden aus, was auf eine zu kurze Zeit im neuen Format zurückgeführt werden könnte. Ein weiterer Grund ist in der Prüfungskultur zu sehen, die sich den Zielen des neuen Veranstaltungsformats anpassen müssten. Diesem Umstand wird sich in den kommenden Semestern durch intensive Diskussion mit allen beteiligen der OC-Lehre genähert. Im Wintersemester 2017/18 wird der *flipped classroom* über den gesamten Vorlesungszeitraum durchgeführt, um die Studierenden intensiver mit dem Konzept auseinander zu setzen. Ein erneuter Einblick in die Wahrnehmung und Reaktion der Studierenden wird über den Einsatz von Fragebögen gewährleistet.

Literatur

Bhattacharyya, G., & Bodner, G. M. (2005). “It gets me to the product”: How students propose organic mechanisms. *Journal of Chemical Education*, *82*(9), 1402–1407. http://doi.org/10.1021/ed082p1402

DZHW. (2014). Randauszählung Studienqualitätsmonitor 2013. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover. Hochschulspezifische Ergebnisse nach Studienbereichen: Sonderauswertung für Bachelor- und Masterstudierende im Lehramt. Hannover.

Ferguson, R., & Bodner, G. M. (2008). Making sense of the arrow-pushing formalism among chemistry majors enrolled in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *9*(2), 102. http://doi.org/10.1039/b806225k

Flynn, A. B. (2014). Structure and Evaluation of Flipped Chemistry Courses: Organic & Spectroscopy, Large and Small, First to Third Year, English and French. *Chemistry Education Research and Practice*, *16*(2), 198–211. http://doi.org/10.1039/C4RP00224E

Graulich, N., & Schween, M. (2017). Carbenium-lonen - Schlüsselstrukturen für prozessorientierte Betrachtungen organisch-chemischer Reaktionen. *Praxis Der Naturwissenschaften; Chemie in Der Schule*, *1*(66), 24–28.

Jarvis, W., Halvorson, W., Sadeque, S., & Johnston, S. (2014). A Large Class Engagement (LCE) Model Based on Service-Dominant Logic (SDL) and Flipped Classrooms. *Education Research and Perspectives*, *41*(1), 1–24.

Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *The Journal of Economic Education*, *31*(1), 30–43. http://doi.org/10.1080/00220480009596759

Mooring, S. R., Mitchell, C. E., & Burrows, N. L. (2016). Evaluation of a Flipped, Large-Enrollment Organic Chemistry Course on Student Attitude and Achievement. *Journal of Chemical Education*. http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00367

Robert, J., Lewis, S. E., Oueini, R., & Mapugay, A. (2016). Coordinated Implementation and Evaluation of Flipped Classes and Peer-Led Team Learning in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*. http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00395

Ryan, M. D., & Reid, S. A. (2016). Impact of the Flipped Classroom on Student Performance and Retention: A Parallel Controlled Study in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, *93*(1), 13–23. http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00717

Seery, M. K., & Donnelly, R. (2012). The implementation of pre-lecture resources to reduce in-class cognitive load: A case study for higher education chemistry. *British Journal of Educational Technology*, *43*(4), 667–677. http://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01237.x

Sirhan, G., Gray, C., Johnstone, A. H., & Reid, N. (1999). Preparing the mind of the learner. *University Chemistry Education*, *3*(2), 43–46.

Warter-Perez, N., & Dong, J. (2012). Flipping the classroom: How to embed inquiry and design projects into a digital engineering lecture. *Proceedings of the 2012 ASEE PSW Section Conference*, 1–17.

Weaver, G. C., & Sturtevant, H. G. (2015). Design, Implementation, and Evaluation of a Flipped Format General Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, *92*(9), 1437–1448. http://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00316

Wild, K.-P., & Schiefele, U. (1994). Lernstrategien im Studium: Ergebnisse zur Faktorenstruktur und Reliabilität eines neuen Fragebogens. *Zeitschrift Für Differentielle Und Diagnostische Psychologie*, *15*(4), 185–200.

Yin, R. K. (2003). *Case Study Research - Design and Methods* (3. Edition). Applied Social Research Methods Series.

Daniel Averbeck Universität Duisburg-Essen
Eckart Hasselbrink
Elke Sumfleth

Einfluss der „Allgemeinen Chemie“ auf den Studienerfolg im ersten Semester

Ausgangslage

Die Studieneingangsphase chemiebezogener Studiengänge ist von geringen Studierendenzahlen bei gleichzeitig hohen Studienabbruchquoten geprägt. So nehmen lediglich 1,4 % aller hochschulzugangsberechtigten Schülerinnen und Schüler eines Jahrgangs in Deutschland ein Studium im Bereich der Chemie auf (GDCh, 2015; OECD, 2011). Darüber hinaus wechseln 42 % dieser Studierenden den Studiengang oder verlassen die Hochschule ohne einen entsprechenden Abschluss und das überwiegend innerhalb des ersten und zweiten Semesters. Die von Seiten der Studierenden zumeist genannten Gründe für den Studienabbruch sind Leistungsprobleme beziehungsweise der nicht erfolgreiche Abschluss der Grundlagenkurse (Chen, 2015; Heublein et al., 2017).
Entsprechend kommt der Studieneingangsdiagnostik eine besondere Bedeutung zu, um frühzeitige Unterstützungsmaßnahmen entwickeln und innerhalb der kritischen Studieneingangsphase implementieren zu können.

Theoretischer Hintergrund

Es existieren bisher nur wenige Untersuchungen, die fachspezifische Studienerfolgsprädiktoren für Chemiestudiengänge untersuchen. So gelten weithin die Abiturgesamtnote (z. B. Tai, Ward & Sadler, 2006) sowie das chemische Vorwissen (Freyer, 2013; Hailikari & Nevgi, 2010) als bedeutsamste Prädiktoren für den Studienerfolg von Chemiestudierenden. Darüber hinaus zeigen sich weitere Zusammenhänge zwischen der Intelligenz (Tai, Sadler & Loehr, 2005), der chemiebezogenen Vorerfahrung (Busker, Parchmann & Wickleder, 2010) sowie den physikalischen (Derrick & Derrick, 2002) und mathematischen Kompetenzen der Studierenden (Hahn & Polik, 2004).
Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die genannten Studien zum einen unterschiedlichste Kohorten betrachten und zum anderen Studienerfolg unterschiedlich operationalisieren. Dies führt zu variierenden Prädiktionsmodellen und erschwert somit die Verallgemeinerung der Ergebnisse. Darüber hinaus legt ein Großteil der Studien einen starken Fokus auf den Teilbereich der Allgemeinen Chemie, da davon ausgegangen wird, dass in diesem ersten Einführungskurs die grundlegenden chemischen Konzepte und Denkweisen vermittelt werden. Etwaige Wechselwirkungen zwischen den grundlegenden Teilgebieten der Chemie innerhalb der Studieneingangsphase können somit nicht aufgeklärt werden.
Demzufolge sollen in diesem Forschungsvorhaben die Einflüsse von kognitiven und affektiv-motivationalen Faktoren auf den Wissenserwerb als zentrale Größe für den Studienerfolg in allen grundlegenden Teilbereichen der Studieneingangsphase untersucht werden. Weiterhin soll analysiert werden, ob die Allgemeine Chemie als zentraler Einführungskurs innerhalb dieser Eingangsphase den Wissenserwerb in den weiteren Teilbereichen positiv beeinflusst und somit ihrer zugesprochenen Aufgabe gerecht wird.

Methode

Chemiestudierende der Universität Duisburg-Essen (UDE) und der Ruhr-Universität Bochum (RUB) wurden in einer Längsschnittstudie zu Beginn und zum Ende des ersten Studiensemesters befragt. Die Studierenden beider Standorte müssen im ersten Semester den Einführungskurs der Allgemeinen Chemie sowie Veranstaltungen in den weiterführenden

Teilbereichen der Organik und Anorganik im zweiten Semester belegen. Der curriculare Unterschied zwischen beiden Hochschulen besteht darin, dass Studierende der UDE eine Veranstaltung zur Physikalischen Chemie, Studierende der RUB eine Veranstaltung zur Analytischen Chemie während der ersten beiden Semester belegen müssen.
Um das Wissen in den chemischen Teilgebieten erfassen zu können, wurden teilbereichsspezifische Leistungstests entwickelt, eingesetzt und anschließend IRT-basiert ausgewertet, um jedem Probanden eine teilbereichsspezifische Personenfähigkeit zuordnen zu können. Am ersten Messzeitpunkt bearbeiteten alle Studierenden die Leistungstests in den Teilbereichen der Allgemeinen, Physikalischen und Analytischen Chemie. Die erreichten Personenfähigkeitsparameter in diesen Prä-Tests werden als Maß des teilbereichsspezifischen *Vorwissens* operationalisiert. Am Ende des ersten Semesters wurden die korrespondierenden Post-Tests in diesen Teilbereichen durchgeführt. Die resultierenden Personenfähigkeiten werden als teilbereichsspezifisches *universitäres Fachwissen* definiert. Zusätzlich wurde zum zweiten Messzeitpunkt das Vorwissen in den Teilbereichen der Organik und Anorganik erhoben, um etwaige Zusammenhänge zu diesen Teilgebieten abbilden zu können.
Als weitere Einflussfaktoren auf das Fachwissen und den Fachwissenserwerb wurden ebenfalls zum ersten Messzeitpunkt kognitive (Rechenfähigkeiten, kognitive Grundfähigkeiten) und affektiv-motivationale Variablen (akademisches Selbstkonzept, Studieninteresse, Studienzufriedenheit, Studienmotivation) der Studierenden erhoben. Darüber hinaus wurden das Geschlecht, die Wahl eines Chemieleistungs- oder Grundkurses in der Oberstufe sowie die Abiturgesamtnote erhoben.
Zur Aufklärung der Einflüsse der unterschiedlichen kognitiven und affektiv-motivationalen Faktoren sowie der Wechselwirkungen der einzelnen chemischen Teilgebiete wurden multivariate Mehrgruppen-Regressionsanalysen berechnet. In einem ersten Schritt wurden alle erhobenen Eingangsvoraussetzungen auf das jeweils erfasste universitäre Fachwissen unter Kontrolle des jeweils korrespondierenden Vorwissens der Studierenden regressiert. Zeigt sich in diesem Modell ein direkter Einfluss einer kognitiven beziehungsweise affektiv-motivationalen Variable auf das entsprechende Fachwissen ist davon auszugehen, dass diese Variable ebenfalls einen inkrementellen Beitrag zum Wissenserwerb liefert.

Ergebnisse

In der durchgeführten Studie konnten vollständige Längsschnittdatensätze von 237 Probanden (N_{UDE} = 108, N_{RUB} = 129) erfasst werden. Das Durchschnittsalter der Studierenden betrug 20.35 Jahre (SD = 3.59) (39 % weiblich).
Mit Blick auf das erworbene universitäre Fachwissen in der Allgemeinen Chemie zeigen die Analysen, dass das korrespondierende Vorwissen den stärksten Einfluss ausübt (β = .377, p < .001). Darüber hinaus zeigen das Geschlecht (β = .188, p < .001), die Kurswahl in der Oberstufe (β = .105, p < .001), die Rechenfähigkeit (β = .140, p < .001) sowie die Abiturgesamtnote (β = -.175, p < .001) einen direkten Effekt auf den Wissenserwerb in der Allgemeinen Chemie.
In der Analytischen Chemie stellt ebenfalls das korrespondierende Vorwissen den stärksten Prädiktor für das erworbene Fachwissen dar (β_{UDE} = .395, p < .001; β_{RUB} = .221, p < .001). Aus den Ergebnissen der Mehrgruppenanalysen wird deutlich, dass der Einfluss des Vorwissens geringer wird, wenn die Studierenden eine Lerngelegenheit in Form einer Vorlesung wahrnehmen können. Weiterhin zeigen die Analysen, dass das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie einen deutlichen Einfluss auf das Fachwissen in der Analytischen Chemie und daraus abgeleitet auf den Fachwissenserwerb in diesem Teilbereich hat (β_{UDE} = .321, p < .001; β_{RUB} = .344, p < .001). Dieser Einfluss der Allgemeinen Chemie wird zusätzlich durch die Nutzung der Lerngelegenheiten in der Analytik forciert. Darüber hinaus liefern erneut die Abiturnote (β_{UDE} = .395, p < .001; β_{RUB} = .221, p < .001), die

Rechenfähigkeit (β_{UDE} = .395, p < .001; β_{RUB} = .221, p < .001) und das Geschlecht der Studierenden (β_{UDE} = .395, p < .001; β_{RUB} = .221, p < .001) einen signifikanten Beitrag zur Vorhersage des Wissenserwerbs in der Analytischen Chemie.
Mit Blick auf das Fachwissen in der Physikalischen Chemie ergibt sich ein ähnliches Bild. Der stärkste Prädiktor für das erworbene Fachwissen ist je nach Lerngelegenheit, das korrespondierende Vorwissen (β_{UDE} = .351, p < .001; β_{RUB} = .397, p < .001). Aber auch in diesem chemischen Teilgebiet zeigt das Vorwissen im Bereich der Allgemeinen Chemie einen signifikanten Effekt (β_{UDE} = .222, p < .001; β_{RUB} = .183, p < .001) mit analogen Tendenzen wie im Bereich der Analytik. Weiterhin zeigen die Regressionsanalysen, dass erneut die Rechenfähigkeit (β_{UDE} = .157, p < .001; β_{RUB} = .157, p < .001), die kognitiven Grundfähigkeiten (β_{UDE} = .155, p < .001; β_{RUB} = .155, p < .001) und das Geschlecht (β_{UDE} = .113, p < .001; β_{RUB} = .113, p < .001), einen moderaten Einfluss auf den Fachwissenserwerb ausüben.
Im abschließenden Schritt der Analysen sollen die Einflüsse des Vor- und Fachwissens in den chemischen Teilbereichen, die Studierende im ersten Semester belegen müssen, auf das Vorwissen in den weiterführenden chemischen Teilbereichen untersucht werden. Entsprechend wurde ein weiteres Regressionsmodell berechnet, in dem alle bereits genannten Eingangsvoraussetzungen der Studierenden sowie das Vor- und Fachwissen aus den Bereichen der Allgemeinen, Physikalischen und Analytischen Chemie auf die Personenfähigkeitsparameter der Prä-Tests in der Organik und Anorganik regressiert wurden.
Das Vorwissen im Bereich der Anorganik wird ausschließlich vom Fachwissen in der Allgemeinen (β_{UDE} = .241, p < .001; β_{RUB} = .241, p < .001), in der Analytischen (β_{UDE} = .261, p < .001; β_{RUB} = .239, p < .001) und der Physikalischen Chemie prädiziert.
Das Vorwissen in der Organischen Chemie wird maßgeblich vom Vorwissen (β_{UDE} = .293, p < .001; β_{RUB} = .293, p < .001), dem Fachwissen in der Allgemeinen Chemie (β_{UDE} = .250, p < .001; β_{RUB} = .250, p < .001) sowie vom Fachwissen in der Analytischen Chemie bestimmt (β_{UDE} = .282, p < .001; β_{RUB} = .109, p < .001).

Diskussion

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass der Fachwissenserwerb in den beiden Teilbereichen der Analytischen und Physikalischen Chemie maßgeblich vom Vorwissen der Studierenden im Bereich der Allgemeinen Chemie beeinflusst wird. Zusätzlich zeigen die Rechenfähigkeiten, die kognitive Leistungsfähigkeiten und das Geschlecht einen Beitrag zum Wissenserwerb in allen Teilbereichen des ersten Semesters. Alle weiteren kognitiven und affektiv-motivationalen Variablen werden vollständig über das jeweilige Vorwissen mediiert und zeigen somit keinen direkten Einfluss auf das erworbene Fachwissen.
Der abschließende Schritt der Analysen zeigt darüber hinaus deutlich, dass das Vorwissen in den weiterführenden Teilbereichen der Organischen und Anorganischen Chemie maßgeblich vom Vor- beziehungsweise Fachwissen der Studierenden in der Allgemeinen Chemie determiniert wird.
Aus diesen Ergebnissen lassen sich zwei Implikationen ableiten. Zum einen scheint der Einführungskurs der Allgemeinen Chemie der Aufgabe der Vermittlung von chemischen Grundprinzipien und Denkweisen gerecht zu werden. Zum anderen scheint das Wissen im Bereich der Allgemeinen Chemie somit die zentrale Größe für den Wissenserwerb und daraus abgeleitet den dauerhaften Studienerfolg von Chemiestudierenden in der Studieneingangsphase darzustellen. Demzufolge sollten die Fakultäten gerade diesem Einführungskurs besondere Aufmerksamkeit widmen, um frühzeitig defizitäre Wissensstände von Studierenden egalisieren und daraus folgend die Studienabbruchquoten verringern zu können.

Literatur

Bortz, J., & Döring, N. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler* (5., überarb. Aufl.). *Springer-Lehrbuch*. Heidelberg: Springer.

Busker, M., Klostermann, M., Herzog, S., Huber, A., & Parchmann, I. (2011). Nicht nur Schulwissen auffrischen: Vorkurse in Chemie. *Nachrichten aus der Chemie*, *59*(6).

Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. *CHEMKON*, *17*(4), 163–168. https://doi.org/10.1002/ckon.201010134

Chen, X. *Stem Attrition: College Students & apos; Paths into and Out of StemFields. Statistical Analysis Report. Nces 2014-001.*

Chen, X. (2015). *STEM attrition among high-performing college students in the United States: scope and potential causes*: OmniaScience.

Derrick, M. E., & Derrick, F. W. (2002). Predictors of Success in Physical Chemistry. *Journal of Chemical Education*, *79*(8), 1013. https://doi.org/10.1021/ed079p1013

Education at a glance 2011: OECD indicators. (2011). [Paris]: OECD.

Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 156*. Berlin: Logos Berlin.

Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V. (2016). Chemiestudiengänge in Deutschland. Statistische Daten 2016.

Hahn, K. E., & Polik, W. F. (2004). Factors Influencing Success in Physical Chemistry. *Journal of Chemical Education*, *81*(4), 567. https://doi.org/10.1021/ed081p567

Hailikari, T. K., & Nevgi, A. (2010). How to Diagnose At-risk Students in Chemistry: The case of prior knowledge assessment. *International Journal of Science Education*, *32*(15), 2079–2095. https://doi.org/10.1080/09500690903369654

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit: Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. *Forum Hochschule: 1/2017*. Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW).

Nevill, S., Chen, X., & Carroll, C. D. (2007). *The path through graduate school: A longitudinal examination 10 years after bachelor's degree*. *Postsecondary education descriptive analysis report*. Washington, DC: National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Dept. of Education.

Nicoll, G., & Francisco, J. S. (2001). An Investigation of the Factors Influencing Student Performance in Physical Chemistry. *Journal of Chemical Education*, *78*(1), 99. https://doi.org/10.1021/ed078p99

Tai, R. H., Sadler, P. M., & Loehr, J. F. (2005). Factors influencing success in introductory college chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(9), 987–1012. https://doi.org/10.1002/tea.20082

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. https://doi.org/10.1021/ed083p1703

Warm, T. A. (1989). Weighted likelihood estimation of ability in item response theory. *Psychometrika*, *54*(3), 427–450. https://doi.org/10.1007/BF02294627

Thomas Elert Universität Duisburg-Essen
Maik Walpuski

Erfolgreiche Lehramtsstudierende im Praktikum Allgemeine Chemie

Studienmotivation und Studienziel

Immer häufiger wird die feste curriculare Verankerung von Laborpraktika im Chemiestudium (Hofstein & Lunetta, 2004; Reid & Shah, 2007) kritisch hinterfragt. Dabei wird häufig betont, dass es keine Einigkeit über die Intentionen und Ziele von Laborpraktika gibt (Dillon, 2008; Reid & Shah, 2007) und damit einhergehend keine allgemeinen Aussagen bezüglich ihrer Nützlichkeit für das Lernen getätigt werden können. Daher sprechen ihnen besonders kritische Meinungen sogar jeglichen Zugewinn zum Lernerfolg ab (Hawkes, 2004). Gleichzeitig sind Universitäten sehr daran interessiert zu klären, welche Rolle das Laborpraktikum im Lernprozess einnimmt, nicht zuletzt, da diese zu den zeit- und kostenintensivsten Lehrveranstaltungen zählen (Hawkes, 2004; Reid & Shah, 2007; van den Berg, 2013). Darüber hinaus ist vor dem Hintergrund einer möglichen Reduzierung der stetig hohen Studienabbruchquoten im ersten Studienjahr im Fach Chemie (Heublein et al., 2017) auch die Frage nach der Effizienz und Effektivität von Laborpraktika in der Studieneingangsphase von Interesse.

Theoretischer Hintergrund

Die Grundlage für die hier vorgestellte Studie bilden zwei Modelle zum laborpraktischen Handeln (Abrahams & Millar, 2008; Bussey, Orgill & Crippen, 2013), aus denen zwei mögliche Einflussgrößen für Praktikumserfolg – das Vorwissen der Studierenden und die Lernzielpassung zwischen Lehrenden und Studierenden – abgeleitet werden können.

Das Vorwissen spielt gemäß konstruktivistischer Ansätze eine tragende Rolle für bedeutsames Lernen und ist wichtig für den stufenweisen Aufbau von Wissen (Bretz, Fay, Bruck & Towns, 2013; Novak, 1993), auch in laborpraktischen Lernumgebungen. Hodson (2005) argumentiert, dass das Vorwissen maßgeblich beeinflusst, welche Beobachtungsaspekte Lernende beim Experimentieren fokussieren, die so zu unterschiedlichen Erkenntnissen gelangen können, abhängig davon, welche Bedeutung sie ihren individuellen Beobachtungen beimessen. Bussey, Orgill & Crippen (2013) ergänzen hierzu, dass die Konstruktion von Bedeutung zudem durch die individuelle Wahrnehmung der Lernumgebung gelenkt werden kann, welche wiederum ebenfalls durch das eigene Vorwissen geprägt ist. Somit kann es passieren, dass zwei Lernende unterschiedlich erfolgreich im Laborpraktikum sind, weil sie dieselben Versuche aufgrund ihres Wissensniveaus auf unterschiedliche Weise durchführen und auswerten. Dies ist besonders relevant vor dem Hintergrund, dass das Vorwissen von Chemie-Studierenden zu Beginn ihres Studiums unterschiedlich hoch ist (Rice, Thomas & O'Toole, 2009).

Lernziele dagegen dienen Lehrkräften in erster Linie als Grundlage für die Gestaltung und Auswahl von Lernaktivitäten sowie der Leistungserfassung und sollen Lernenden helfen die Intentionen hinter einer Lernaktivität zu verstehen (Hofstein & Lunetta, 2004). Entsprechend sollen auch Laborpraktika einem didaktischen Konzept folgen, welches sich in den jeweiligen formulierten Lernzielen widerspiegelt. Doch obwohl Lehrende in der Lage sind, ihre Intentionen in Form von Lernzielen zu formulieren (Bretz, Fay, Bruck & Towns, 2013), werden diese nur selten in den entsprechenden Praktikumsskripten verschriftlicht (Meester & Maskill, 1995). Der Mangel an klar vermittelten Lernzielintentionen führt dazu, dass Lernende auf ihr Vorwissen zurückgreifen und eigene Vorstellungen von den Zielen des Praktikums entwickeln (Bussey, Orgill & Crippen, 2013). Bereits ältere Untersuchungen zeigen, dass die Lernzielintentionen der Lehrenden nicht mit den Lernzielwahrnehmungen

der Lernenden übereinstimmen (Wilkinson & Ward, 1997). Dies ist problematisch, da die Lernenden nicht in der Lage sind die Lernziele des Praktikums zu erreichen, wenn sie sie nicht erkennen.

Studiendesign

Kontext der Studie und Stichprobe. Die vorliegende Studie untersucht das Laborpraktikum „Allgemeine Chemie" für Erstsemester-Studierende mit Lehramtsoption an der Universität Duisburg-Essen. Dabei handelt es sich um ein „klassisches" Laborpraktikum (Domin, 1999) mit kochbuchartig durchzuarbeitenden Versuchen. Insgesamt liegen 73 vollständige Datensätze (55 % weiblich, Alter = 20.27 Jahre, *SD* = 2.53) für die Studierenden vor. An dieser Universität gibt es die Möglichkeit das Praktikum entweder während (n = 46) oder am Ende des Semesters (n = 27) zu belegen. Bei beiden Belegoptionen unterscheiden sich die Inhalte und die zeitliche Rahmung nicht. Außerdem liegen 5 vollständige Datensätze zu den jeweiligen verantwortlichen Praktikumsassistentinnen und -assistenten vor.

Test-Instrumente und Methoden. Zur Erfassung des Vorwissens wurde zwischen zwei Vorwissensfacetten, Wissen zu den Fachinhalten und Wissen zu den experimentellen Prozeduren unterschieden, wofür jeweils ein paper-pencil Test entwickelt und eingesetzt wurde. Die Testgüte dieser Instrumente sowie die Trennbarkeit der Konstrukte konnte in einer Pilotstudie bereits sichergestellt werden (vgl. Elert & Walpuski, 2017). Ergänzend hierzu wurden die tatsächlichen praktischen Fähigkeiten über Videographie erfasst, um eine validere Erfassung dieses Konstruktes zu gewährleisten (Abrahams, Reiss & Sharpe, 2013). Da sich das generierte Videomaterial allerdings zum derzeitigen Zeitpunkt noch in der Auswertung befindet, können hierzu noch keine Ergebnisse berichtet werden. Das Vorwissen zu den Fachinhalten wurde unabhängig von der gewählten Belegoption hinsichtlich des Praktikums in der ersten Semesterwoche erhoben. Außerdem wurde derselbe Test am Ende des Semesters kurz vor der Modulklausur erhoben, um später Bezüge zu Wissensveränderungen herstellen zu können. Die Testinstrumente zur Erfassung des Wissens zu den experimentellen Prozeduren bzw. der praktischen Fähigkeiten wurde jeweils am Anfang und Ende des jeweiligen Laborpraktikums erhoben. Alle paper-pencil Daten wurden IRT-analytisch ausgewertet und die entsprechenden Personenfähigkeiten für folgende Berechnungen geschätzt.
Um eine Aussage über den Grad der Passung von Lernzielintentionen und -wahrnehmungen treffen zu können, wurde ein Online-Survey mit versuchsspezifischen Lernzielen entwickelt und sowohl den Praktikumsassistentinnen und -assistenten als auch den Studierenden zur Einschätzung dargeboten. Die Rating-Skalen jeder Assistentin bzw. jedes Assistenten wurden anschließend den zu betreuenden Studierenden zugeordnet und anschließend die Übereinstimmung über gewichtete Cohen's κ Werte ausgedrückt. Neben diesen Daten lagen zudem Daten zu den Endnoten im Laborpraktikum als hartes Maß für Praktikumserfolg sowie Leistungsdaten aus der Modulabschlussklausur „Allgemeine Chemie" vor.

Ergebnisse

Prädiktion des Erfolgs im Laborpraktikum. Einen ersten Zugang zur Überprüfung der prädiktiven Kraft der vermuteten Einflussfaktoren auf Erfolg im Laborpraktikum bieten bivariate Korrelationen zwischen diesen und den erreichten Endnoten im Praktikum. Dabei zeigt sich eine signifikante Korrelation zwischen Vorwissen zu den Fachinhalten (r = -.289, p = .013), respektive Vorwissen zu den experimentellen Prozeduren (r = -.296, p = .011) und den Endnoten. Die Korrelation zwischen Lernzielpassung und den Endnoten dagegen ist nicht signifikant (r = .081, p = .504) und wurde aufgrund dessen im Folgenden als Prädiktor abgelehnt. Die übrigen beiden Einflussfaktoren wurden anschließend gemäß der Höhe ihrer Korrelationen in ein lineares schrittweises Regressionsmodell gegeben. Dabei verblieb nur

das Vorwissen zu den experimentellen Prozeduren im Modell und kann 8.7 % der Varianz in den Endnoten im Laborpraktikum aufklären, $F(1, 71) = 6.802$, $p = .011$ (vgl. Tab. 1).

Tab. 1. Einfluss der beiden Vorwissensfacetten auf die Endnoten im Laborpraktikum.

Prädiktor-Variable	***t***	***df***	***p***	***B***	***SE***	**β**	**ΔR^2**
Vorwissen exp. Prozeduren	-2.608	72	.011	-.367	.141	-.296	.087
Vorwissen Fachinhalte	-1.249	72	.216	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

Es wird vermutet, dass nur eine der beiden Vorwissensfacetten prädiktiv wirkt, da beide Test-Instrumente trotz Trennbarkeit der Konstrukte eine mittlere bis hohe Korrelation aufweisen ($r = .599$, $p < .001$). Ein detaillierterer Blick auf die Lernzielpassung zeigt ebenfalls, dass diese im Allgemeinen über alle Studierenden hinweg eher gering ausfällt ($\kappa_{gew,} = .000\text{-}.490$). Dies stellt theoriekonform ein Kernproblem von Laborpraktika dar.

Einfluss des Laborpraktikums auf das Fachlernen. Um eine Aussage über den Beitrag des Laborpraktikums für das Lernen von Fachinhalten tätigen zu können, wurde der Wissenszuwachs während des ersten Semesters für beide Sub-Stichproben – Praktikum im Semester und nach dem Semester – über eine ANOVA mit Messwiederholung miteinander verglichen, da mögliche Wissensveränderungen bei der zweiten Sub-Stichprobe ausschließlich auf den Besuch von Vorlesungen und Übungen zurückzuführen sind. Dabei wurde bereits bei der Gruppenzuteilung darauf geachtet, dass das Vorwissen zu Beginn des Semesters für beide Sub-Stichproben im Mittel gleich hoch war. Zwar lernen im Laufe des Semesters alle Studierenden signifikant mit einem mittleren Effekt hinzu ($F(1, 71) = 68.919$, $p < .001$, $\eta^2 = .493$), die Interaktion aus Belegoption und Wissenszuwachs allerdings ist nicht signifikant ($F(1, 71) = 1.330$, $p = .253$), sodass das Laborpraktikum im Semester zu belegen keinen zusätzlichen Mehrwert für das Lernen von Fachinhalten besitzt.

Zusammenhang zwischen Laborpraktikum und Modulklausur. Zusätzlich konnte für die Studierenden mit Laborpraktikum im Semester (n = 42) untersucht werden, inwieweit Erfolg im Laborpraktikum mit Erfolg in der Modulklausur zusammenhängen, wenn das Fachwissen vor Antritt der Klausur mitberücksichtigt wird. Dabei zeigt sich eine partielle Mediation des Effekts von Fachwissen auf Klausurnote über die Endnote im Laborpraktikum (vgl. Abb. 1).

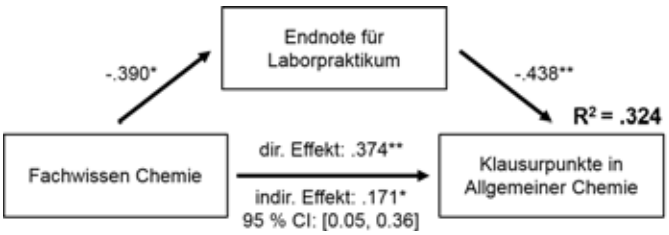


Abb. 1. Mediationsmodell zum Zusammenhang zwischen Laborpraktikum und Modulklausur.

Somit ist das Laborpraktikum zwar nicht in der Lage den Fachwissenserwerb direkt zu fördern, es scheint allerdings dennoch einen Einfluss auf den Erfolg im ersten Semester auszuüben, möglicherweise aufgrund der intensiven Auseinandersetzung mit den dort anzufertigenden Praktikumsberichten.

Es ist darauf hinzuweisen, dass alle vorliegenden Ergebnisse nicht den Anspruch auf Generalisierbarkeit erheben, da der Rahmen, in welchem diese Studie durchgeführt wurde in Bezug auf Art des Laborpraktikums („klassisch“), Studiengang (Lehramt Chemie) und Standort (Universität Duisburg-Essen) sehr spezifisch ist und somit weitere Untersuchungen erforderlich sind, um diese Ergebnisse abzusichern.

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.

Abrahams, I., Reiss, M., & Sharpe, R. (2013). The assessment of practical work in school science. *Studies in Science Education*, *49*(2), 209-251.

Bretz, S., Fay, M., Bruck, L., & Towns, M. (2013). What Faculty Interviews Reveal about Meaningful Learning in the Undergraduate Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education, 90*(3), 281-288.

Bussey T., Orgill M., & Crippen, K. (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.

Dillon, J. (2008). A Review of the Research on Practical Work in School Science. A review prepared for Science Community Representing Education (SCORE).

Domin, D. (1999). A content analysis of general chemistry laboratory manuals for evidence of higher-order cognitive tasks. *Journal of Chemical Education, 76*(1), 109 - 111.

Elert, T. & Walpuski, M. (2017). Untersuchung von Einflussfaktoren auf den Erfolg im Chemiepraktikum. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 87). Universität Regensburg.

Hawkes, S. (2004). Chemistry Is Not a Laboratory Science. *Journal of Chemical Education, 81*(9), 1257.

Heublein, U., Ebert, J., Hutsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen (Forum Hochschule 1/2017)*. Hannover: DZHW.

Hodson, D. (2005). Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory: A Critical Look at the Research. *Educación Química, 16*(1), 30-38.

Hofstein, A. & Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education, 88*(1), 28-54.

Meester, M., & Maskill, R. (1995). First-year chemistry practicals at universities in England and Wales: aims and the scientific level of the experiments. *International Journal of Science Education*, *17*(6), 575-588.

Novak, J. (1993). Human constructivism: A unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making. *International Journal of Personal Construct Psychology, 6*(2), 167-193.

Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *8*(2), 172-185.

Rice, S., Thomas, J., & O'Toole, P. (2009). *Tertiary Science Education in the 21st Century*. Australian Council of Deans of Science: Melbourne, Australia. Verfügbar unter http://catalogue.nla.gov.au/Record/4733729 (letzter Zugriff 13.09.2017).

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. & Ward, M. (1997). The purpose and perceived effectiveness laboratory work in secondary schools. *Australian Science Teachers' Journal*, 43(2), 49-55.

Andreas Jackowski Universität Duisburg-Essen
Stefan Rumann

Zum konzeptuellen Verständnis der Struktur der Materie

Theoretischer Hintergrund

Die Genese eines konzeptuellen Verständnisses des Aufbaus der Materie stellt eine der zentralen Anforderungen der Studieneingangsphase im Chemiestudium dar. Dieses wird beispielsweise für die Kenntnis über die VSEPR- oder MO-Theorie benötigt. Fachinformationen, welche sich mit der Entstehung, der Zusammensetzung und den Charakteristiken der Materie beschäftigen, werden dem Basiskonzept „*Struktur der Materie*“ zugeordnet (MSW NRW, 2008). Da im Nachfolgenden ein grundlegendes Verständnis von Fachinhalten untersucht und von einer vergleichbaren Konzeptualisierung der Fachstruktur ausgegangen werden kann, wird der Begriff der Struktur der Materie auch für das universitäre Niveau verwendet.

Bei der Bearbeitung von Fachinformationen wird von Lernenden nicht nur die Durchführung von formallogischen kognitiven Operationen verlangt, sondern auch der Umgang mit unterschiedlichen Repräsentationstypen. Allgemein ist eine Vermittlung von Fachinformationen ohne die Nutzung von Abbildungen in der Chemie nicht realisierbar (Gilbert, 2007). Diese Aussage gilt aufgrund der Art der zu vermittelnden Inhalte besonderes für das Konzept der Struktur der Materie.

Ein Problem beim Umgang mit Abbildungen ist, dass chemische Fachinhalte auf verschiedenen Ebenen vermittelt werden. So gibt die makroskopische Ebene Auskunft über erfahrbare Eigenschaften und wahrnehmbare Veränderungen. Die submikroskopische Ebene gibt Erklärungen über die Geschehnisse auf atomarer Ebene. Allerdings ist ein Wechsel zwischen den beiden Ebenen nicht direkt möglich. So werden beide Ebenen durch die Repräsentationsebene verbunden. Diese erlaubt es beschreibende und erklärende Informationen in Abbildungsform aufzuzeigen (Johnstone, 2000).

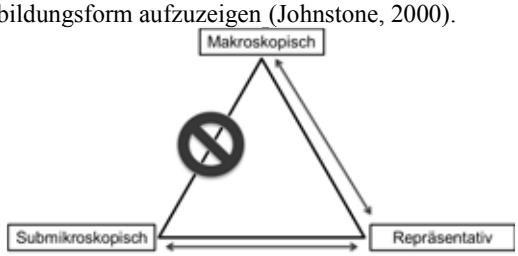


Abbildung 1: Das chemische Dreieck (nach Johnstone, 2000)

Lerninhalte im Bereich der Struktur der Materie werden durch eine Vielzahl unterschiedlicher Repräsentationsformen vermittelt. Für jede dieser Repräsentationstypen muss den Lernenden die enthaltende spezifische Bildsprache bekannt sein. Die Art der Abbildung variiert dabei nach angestrebtem Lernziel. Nur durch die Kenntnis der jeweiligen Bildsprache können die enthaltenen Inhalte richtig entnommen werden. Andernfalls kann es zu Missinterpretationen und Fehlschlüssen bei der Dekodierung der Bildinformationen kommen (Weidenmann, 1994).

Die unterschiedlichen Arten der Repräsentationen können anhand ihres jeweiligen Abstraktionsgrades in symbolische und ikonische Abbildungen klassifiziert werden. (Schnotz, 2005).

Symbolische Abbildungen werden deskriptiv genannt und besitzen keine räumliche Gemeinsamkeit mit dem repräsentierten Realobjekt. Sie geben die enthaltenden

Informationen in einer kondensierten Zeichenform wieder. Ikonische Repräsentationen weisen räumliche Ähnlichkeit mit dem darzustellenden Objekt auf und werden auch als depiktiv bezeichnet (Schnotz, 2005).

Allerdings eignet sich nicht jede Repräsentationsart im gleichen Umfang für jeden Lernenden. Dies begründet sich darin, dass sich unterschiedliche Lernereigenschaften direkt auf die Lernwirksamkeit von verschiedenen Repräsentationen auswirken. (Höffler, Schmeck & Opfermann, 2013).

Forschungsfragen

Im Rahmen des Projektes wird untersucht, wie sich spezifische Lernereigenschaften auf den Umgang mit Repräsentationen unterschiedlichen Abstraktionsgrades auswirken. Es wird evaluiert, ob sich das mathematische Vorwissen auf das konzeptuelle Verständnis der Struktur der Materie im symbolischen Bereich auswirkt. Dies wird vermutet, da symbolische Repräsentationen im chemischen Kontext zumeist in Aufgaben mit mathematisierten Inhalten vorkommen. Des Weiteren wird untersucht, welchen Einfluss das räumliche Vorstellungsvermögen auf das konzeptuelle Verständnis der Struktur der Materie im ikonischen Bereich hat. Diese wird als Arbeitshypothese formuliert, da ikonische Repräsentationen im chemischen Kontext oft in Aufgabenbereichen eingesetzt werden, in denen gedankliche Objektrotationen durchgeführt werden sollen.

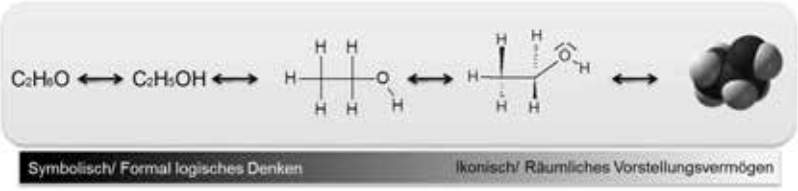


Abbildung 2: Angenommener Zusammenhang zwischen individuellen Fähigkeiten und verschiedenen Repräsentationstypen

Methoden

Die Studie wurde in einem Prä-Post-Testdesign an der Universität Duisburg-Essen durchgeführt. An der Untersuchung nahmen N=85 Erstsemester-Bachelor-Lehramtsstudierende mit Studienfach Chemie teil. Die Daten wurden zu zwei Messzeitpunkten erhoben: Vor Beginn der ersten Fachvorlesung und nach Beendigung des ersten Vorlesungszeitraums, sodass die Entwicklung innerhalb des ersten Fachsemesters aufgezeigt werden konnte. Zu den Messterminen wurde das konzeptuelle Verständnis der Struktur der Materie in den symbolischen und ikonischen Teilbereichen erhoben. Zusätzlich wurden die mathematische Fähigkeit und das räumliche Vorstellungsvermögen erfasst. Diese individuellen Lernereigenschaften wurden untersucht, da davon ausgegangen wurde, dass diese unterschiedlich mit den Leistungen in den jeweiligen Bereichen der Struktur der Materie zusammenhängen. Auch sollte mittels einer Dimensionsanalyse untersucht werden, ob sich das konzeptuelle Verständnis der Struktur der Materie als Gesamtkonstrukt darstellt oder in symbolische und ikonische Unterkategorien unterteilt werden kann.

Außerdem wurden weitergehende Informationen über das chemische Vor- und Fachwissen, kognitive Fähigkeiten und personenbezogene Hintergrundinformationen, wie der Bildungshintergrund oder das Kurswahlverhalten im Abitur, erfasst.

Ergebnisse

Die Analyse der Dimensionalität ergab eine signifikant bessere Passung für das zweidimensionale Modell ($p < .05$). Es kann daraus gefolgert werden, dass sich das Konzept der Struktur der Materie in einen symbolischen und einen ikonischen Teilbereich trennen lässt.

Die Analyse der Testdaten ergab, dass sich das konzeptuelle Verständnis der Struktur der Materie im ersten Semester signifikant verbessert. Dies gilt sowohl für den symbolischen ($p < .05$) als auch für den ikonischen ($p < .05$) Bereich. Die Effektstärken zeigten einen großen Effekt ($d = 0.64$) für den symbolischen und einen mittleren Effekt ($d = 0.37$) für den ikonischen Teilbereich auf.

Weitergehend wurde untersucht, ob sich die Bereiche unterschiedlich über die Zeit entwickeln. Hierzu wurde eine ANOVA mit Messwiederholung gerechnet ($F[1, 166] = 5.6$, $p < .05$). Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Interaktion zwischen den einzelnen Bereichen und der Zeit auf ($\eta^2 = 0.032$). Die Studierenden lernen im symbolischen Teilbereich signifikant mehr im Verlauf des ersten Semesters hinzu als im Ikonischen.
Für die beiden Unterkategorien, das symbolische und ikonische konzeptuelle Verständnis, wurde mittels bivariater Korrelationsanalyse der Zusammenhang zu weiteren Kontrollvariablen identifiziert. Die Ergebnisse sind nachfolgend in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Korrelation der Lernerfähigkeiten auf die unterschiedlichen Teilbereiche der Struktur der Materie zum Postzeitpunkt

	Symbolisches Verständnis der Struktur der Materie		Ikonisches Verständnis der Struktur der Materie	
Kontrollvariable	Pearson-Korrelation (r)	p	Pearson-Korrelation (r)	p
Prätestleistung	**.469**	<.05	**.564**	<.05
Mathematische Fähigkeit	**.374**	<.05	.20	n.s.
Räumliches Vorstellungsvermögen	.185	.n.s.	**.260**	<.05

Zusammenfassung und Ausblick

Individuelle Lernereigenschaften wie die mathematische Fähigkeit und das räumliche Vorstellungsvermögen zeigen unterschiedliche Zusammenhänge auf die Arbeit mit Repräsentationen im symbolischen und ikonischen Teilbereich der Struktur der Materie auf. Erwartungskonform werden hierbei nur die Zusammenhänge zwischen der mathematischen Fähigkeit und dem symbolischen Verständnis sowie zwischen dem räumlichen Vorstellungsvermögen und dem ikonischen Verständnis signifikant. Diese Zusammenhänge werden zurzeit noch weiter analysiert.
Für einen tiefergehenden Einblick in die kognitiven Bearbeitungsprozesse beim Umgang mit Abbildungen variierenden Abstraktionsgrades wurden Extremgruppen in den zu untersuchenden Lernereigenschaften identifiziert. Mit diesen Extremgruppen wurden qualitative Ergänzungsstudien durchgeführt. Zum einen wurde eine Smartpen Thinking-Aloud-Untersuchung zur Erfassung der genauen Bearbeitungsweise der verschiedenen Repräsentationen realisiert. Zum anderen wurde eine Eye-Tracking Studie durchgeführt, welche Aufschluss darüber geben soll, wie sich die individuellen Lernereigenschaften auf die Betrachtungsweise von Abbildungen auswirken. Aus den gewonnenen Gesamtergebnissen soll eine Trainingseinheit für Studierende generiert werden. Diese soll dazu dienen, den Umgang mit Abbildungen variierenden Abstraktionsgrades zu schulen.

Literatur

Dickmann, T., Opfermann, M., Rumann, S., Dammann, E., Lang, M. & Schmuck, C. (2016). Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 392 - 394). Universität Regensburg.

Ekstrom, R. B., French, J. & Harman, H. (1976). Factor-Referenced Cognitive Tests. Priceton, New Jersey: Educational Testing Service.

Freyer, K. (2013) Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 156. Berlin: Logos Berlin.

Gilbert, J.K., Boulter, C.J. & Elmer, R. (2007). Developing models in science education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gilbert, J. K., Reiner, M. & Nakhleh, M. (2008). Visualization: Theory and practice in Science Education. Volume 3. Berlin: Springer Verlag.

Gilbert, J. K. & Treagust, D. (2009). Multiple Representations in Chemical Education. Volume 4. Berlin: Springer Verlag.

Hoeffler, T., Opfermann, M., & Schmeck, A. (2013). Static and dynamic visualizations: Individual differences in processing. In G. Schraw, M. T. Mccrudden, & D. Robinson (Hrsg.), Learning through visual displays (S.133 - 163). Carolina: Information Age Publishing.

Johnstone, A.H. (2000). Teaching of Chemistry – Logical or Psychological? Chemistry Education research and Practice,1 (1), 9.

Kimpel, L. & Sumfleth, E. (2015). Chemieaufgaben - Mathematisierung als schwierigkeitserzeugender Faktor. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 521 - 523). Universität Regensburg

Leutner, D., Opfermann, M. & Schmeck, A. (2015). Lernen mit Medien. In Seidel, T. & Krapp, A. (Hrsg.), Pädagogische Psychologie. Weinheim/Basel: Beltz Verlag.

Mayer, R. E. (2009). Multimedia Learning. Second Edition. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

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.

Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, a., Hupfer, M., & Zobel, A. (2008). Kompendium multimediales Lernen. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag.

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. (Hrsg.), Use of Representations in Reasoning and Problem Solving - Analysis and Improvement (S.11-35). London/New York: Routledge.

Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In Mayer, R. E. (Hrsg). The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press.

Weidenmann, B. (1994) Lernen mit Bildmedien: psychologische und didaktische Grundlagen. (2. Aufl.). Weinheim/Basel: Beltz Verlag.

Thomas Dickmann[1]
Stefan Rumann [1]
Maria Opfermann[2]

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

Visuelles Modellverständnis: Ein Prädiktor für Studienerfolg?!

In nationalen und internationalen Untersuchungen zum Studienabbruch (Chen, 2013; Heublein, 2017) wird die hohe Drop-Out-Quote insbesondere in den MINT-Fächern bemängelt. Diese Befunde waren ein Grund dafür, differentielle Wirkmechanismen von personenbezogenen Variablen sowie fachspezifischen Anforderungen auf Studienerfolg in der Chemie zu untersuchen. Darüber hinaus zeigt die Studienabbruchsforschung auf, dass die Drop-Out-Quote in den ersten beiden Semestern besonders hoch ist, weshalb das vorliegende Projekt die Studieneingangsphase in den Blick nimmt.
Eine zentrale Anforderung im Chemiestudium ist der Umgang mit Visualisierungen in jeglicher Form (Symbole, Molekülmodelle, Diagramme, etc.), da diese essentiell für das Verständnis und damit für den Studien-/Lernerfolg sind (Coll & Lajum, 2011; Harrison & Treagust, 2000; Ramadas, 2009). Daher befasst sich die Studie mit dem visuellen Modellverständnis als einem wichtigen Studienerfolgsprädiktor in der Chemie.

Theoretischer Hintergrund

In der Lehr-Lern-Forschung, speziell im Bereich des multimedialen Lernens, werden Visualisierungen als besonders lernförderlich angesehen und sind aus Lehrmaterialien nicht mehr wegzudenken. So zeigt eine Lehrbuchanalyse zur Studieneingangsliteratur in der Chemie, dass 85% aller Lehrtextseiten Visualisierungen enthalten (Dickmann et al., 2016). Selbst die Frage nach der Lernförderlichkeit spezieller Formen von Visualisierungen, wie z.B. Diagrammen, ist Gegenstand zahlreicher Studien. So zeigt Tippet (2016) in einer Metaanalyse auf, dass allein im Zeitraum von 2000 – 2014 mehr als 80 Publikationen die Verwendung von Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht im Blickpunkt hatten. Visualisierungen und ihre Funktion im Lehr-Lern-Prozess sind somit von einem großen wissenschaftlichen Interesse, welches auch darin begründet liegt, dass Lernen in den Naturwissenschaften, speziell in der Chemie, nur über bzw. durch Visualisierungen stattfinden kann (Larkin & Simon, 1987; Wu & Shah, 2004).
Auch aus psychologischer Perspektive der Lehr-Lern-Forschung wird deutlich, dass Visualisierungen eine zentrale Rolle im Prozess des Lernens innehaben. Die Dual Coding Theory (Paivio, 1986) geht davon aus, dass Lernen durch die gemeinsame Verwendung von Bild und Schrift aufgrund der so im Arbeitsgedächtnis stattfindenden doppelten Kodierung gefördert wird (Mayer, 2014). Den Ansatz der doppelten Kodierung haben Schnotz (2005) und Mayer (2014) im Rahmen der Cognitive Theory of Multimedia Learning aufgenommen und weiter ausdifferenziert (Abb. 1). Demnach werden dargebotene Informationen durch zwei verschiedene Kanäle, einen auditiven und einen visuellen, aufgenommen. Das

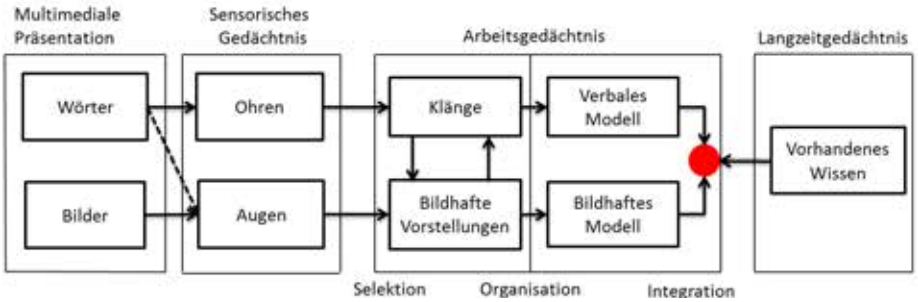


Abbildung 1: Die Verarbeitung von Text-Bild-Materialien nach Mayer (2009)

Arbeitsgedächtnis selektiert nun in einem ersten Schritt die relevanten Informationen, welche daraufhin zu einem verbalen und einem bildhaften Modell organisiert werden, um im letzten Schritt durch die Integration dieser Modelle mit vorhandenem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis ein kohärentes mentales Modell zu formen.
Das bislang noch ungeklärte Problem ist, dass trotz der vielfach nachgewiesenen Lernförderlichkeit von Visualisierungen noch nicht abschließend geklärt werden konnte, welche Arten von Visualisierungen unter welchen Umständen und für welchen Lernertyp geeignet sind (Höffler, Schmeck & Opfermann, 2013). Diesem Forschungsdesiderat geht die vorliegende Studie nach, indem sie sich mit der Rolle des visuellen Modellverständnisses im Hinblick auf den Studienerfolg befasst. Unter visuellem Modellverständnis verstehen wir die Fähigkeit von Lernenden, unter der Berücksichtigung von domänenspezifischen Eigenheiten, relevante Informationen aus den unterschiedlichen Visualisierungen herauszufiltern, zu übersetzen und aufeinander zu beziehen.

Forschungsfragen
Folgende Forschungsfragen werden mit der Studie adressiert:

- Welche individuellen Eigenschaften und Voraussetzungen der Lernenden sagen das visuelle Modellverständnis vorher?
- Inwiefern ist visuelles Modellverständnis ein Prädiktor für Studienerfolg in der Studieneingangsphase der Chemie?

Design & Methode
Ein zentraler Bestandteil der Studie ist, zunächst einen Test zu entwickeln, welcher reliabel und valide das Konstrukt des visuellen Modellverständnisses erfasst. Die Items für diesen Test („Visueller Modellverständnistest"; VMVT) wurden anhand einer vorher durchgeführten Analyse von im Studium gängigen Lehrbüchern und Instruktionsmaterialien entwickelt. Da unsere Studie im Rahmen eines umfassenderen Projektes zu Studienerfolgsprädiktoren in Chemie und Ingenieurwissenschaften durchgeführt wurde, welche auch auf domänenspezifische Unterschiede fokussiert, ist der VMVT wie folgt aufgebaut: Der gesamte Test beinhaltet 33 Items (Cronbach's $\alpha = .853$), die sich wiederum in drei gleich große Subskalen, eine chemiespezifische Skala (Cronbach's $\alpha = .736$), eine allgemeine Skala (Cronbach's $\alpha = .669$) und eine ingenieurspezifische Skala (Cronbach's $\alpha = .751$) mit jeweils 11 Items gliedern. Die allgemeine Subskala wurde eingefügt, um eine Vergleichbarkeit beider Kohorten zu ermöglichen, z.B. indem die betreffenden Items keine fachspezifischen Visualisierungen enthalten. Es ist noch zentral zu erwähnen, dass auch die fachspezifischen Items zwar in chemische und ingenieurspezifische Kontexte eingebettet sind, jedoch bewusst so gestaltet wurden, dass sie grundsätzlich auch ohne domänenspezifisches Vorwissen lösbar sind. Somit ist es für beide Kohorten möglich, alle Teilbereiche des visuellen Modellverständnistests zu bearbeiten. Zudem erlaubt die Dreiteilung des Tests eine Aussage darüber, ob visuelles Modellverständnis als eher allgemeines oder eher domänenspezifisches Konstrukt angesehen werden kann. Anzumerken ist, dass die nachfolgenden Ergebnisse sich ausschließlich auf die Chemiekohorte beziehen, da das Aufbereiten der Bauingenieurdaten noch nicht abgeschlossen ist und somit ein Kohortenvergleich noch nicht leistbar ist.
Erste Ergebnisse einer latenten bivariaten Korrelations- und Dimensionsanalyse zeigen auf, dass die Subfacetten des visuellen Modellverständnisses in einem mittleren bis hohen Maße miteinander korrelieren ($.716 \leq r \leq .768$), dass sie aber anderseits empirisch gut voneinander trennbar sind. Hieraus kann interpretiert werden, dass es je nach Fach ein domänenspezifisches visuelles Modellverständnis gibt, welchem aber gleichzeitig ein allgemeineres abstrakteres visuelles Modellverständnis zugrunde liegt. Die anschließend durchgeführte Studie ist eine Längsschnittstudie. Es wurden 248 Chemiestudierende

(Weiblich: 40,3%; Ø20,9 Jahre) über den gesamten Zeitraum des ersten Semesters begleitet. Von diesen liegen für 135 Chemiestudierende (Weiblich: 48,9%; Ø21,4 Jahre) zusätzlich Daten vom Ende des zweiten Semesters vor. Dabei wurden mehrfach über beide Semester hinweg der VMVT sowie fachspezifische Leistungstests eingesetzt. Während der Semester wurden zudem Begleitvariablen (d.h. potentielle Kovariaten) erhoben, wie kognitive Fähigkeiten (verbal und figural), Motivation, räumliche Fähigkeiten und akademisches Selbstkonzept. Die Studienleistungen (Klausurnoten) wurden am Ende der jeweiligen Semester überprüft.

Ergebnisse

In multiplen Regressionsanalysen wurde überprüft, welche Variablen visuelles Modellverständnis vorhersagen. Die Ergebnisse dieser Analyse zeigen, dass das visuelle Modellverständnis von Chemiestudierenden am stärksten von chemiespezifischen Vorwissen ($\beta = .339$), sowie weniger stark vom sprachlichen Denken ($\beta = .225$), figuralen Denken ($\beta = .186$), räumlichem Vorstellungsvermögen ($\beta = .163$) und von mathematischen Fähigkeiten ($\beta = .125$) vorhergesagt wird.

Weitere Ergebnisse der gerade abgeschlossenen Hauptstudienerhebung zeigen mithilfe von Regressions- und Mediationsanalysen auf, dass visuelles Modellverständnis Studienerfolg (erhoben über Klausurnoten und Fachleistungstests) vorhersagen kann. So ist visuelles Modellverständnis sowohl für die allgemeine Chemie ($\beta = .270$) als auch für die organische Chemie ($\beta = .308$), hinter dem Vorwissen der zweitstärkste Prädiktor. Zudem zeigt sich, dass visuelles Modellverständnis die Klausurnote der allgemeinen Chemie ($\beta = .456$) und der organischen Chemie (Pilotstudie: $\beta = .335$) jeweils signifikant vorhersagt.

Zur Klärung der Frage, ob die Beziehung zwischen Vorwissen und Vorwissen über visuelles Modellverständnis mediiert werden kann, wurden Mediationsanalysen gerechnet. Die Ergebnisse der Mediationsanalysen zeigen auf, dass das Vorwissen, sowohl in der allgemeinen Chemie (direkter Effekt: $\beta = .547$), als auch in der organischen Chemie (direkter Effekt: $\beta = .528$) nicht ausschließlich direkt auf das Fachwissen wirkt, sondern dass die Beziehung zwischen Vorwissen und Fachwissen in der allgemeinen Chemie (indirekter Effekt: $\beta = .143$), sowie in der organischen Chemie (indirekter Effekt: $\beta = .175$) in der Tat partiell über visuelles Modellverständnis mediiert wird. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass visuelles Modellverständnis eine wichtige Rolle in Bezug auf Studienerfolg besitzt.

Fazit & Ausblick

Die vorgestellten Analysen und Resultate stellen einen Auszug aus den Ergebnissen der Hauptstudie dar. Sie geben Indizien und Hinweise auf bestehende Zusammenhänge zwischen visuellem Modellverständnis, seinen Prädiktoren und Studienerfolg. Ein Großteil der Pilotstudienergebnisse (Dickmann et al., 2017) konnte in der Hauptstudie repliziert werden, so dass folgendes Fazit aus der Studie gezogen werden kann: Visuelles Modellverständnis scheint eine notwendige (aber nicht hinreichende) Voraussetzung für akademisches Lernen und somit Studienerfolg zu sein. Darüber hinaus wurde gefunden, dass visuelles Modellverständnis durch fachspezifisches Vorwissen und kognitive Fähigkeiten vorhergesagt werden kann. Ein weiterer erwähnenswerter Befund ist, dass visuelles Modellverständnis die Beziehung zwischen Vor- und Fachwissen partiell mediiert.

In den Analysen konnte aber noch nicht überprüft werden, ob visuelles Modellverständnis ein eher statisches oder dynamisches Konstrukt ist und inwiefern eine Extremgruppenanalyse der Low– und High-Achiever weiteren differenzierten Aufschluss über Studienerfolgskriterien geben kann. Diese Fragen sollen in weiteren Studien geklärt werden.

Literatur

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

Chen, X. (2013). STEM Attrition: College Students' Paths Into and Out of STEM Fields (NCES 2014-001). National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education. Washington, DC.

Coll, R. K. & Lajium, D. (2011). Modeling and the Future of Science Learning. In M. S. Khine & Salhe, I. M. (Eds.), Models and Modeling. Cognitive Tools for Scientific Inquiry (S. 3-21). New York: Springer.

Dickmann, Thomas, Opfermann, Maria, Rumann, Stefan, Dammann, Elmar, Lang, Martin & Schmuck, Carsten (2016). Prädiktoren von visuellem Modellverständnis in der Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 392). Universität Regensburg. Online verfügbar unter: http://www.gdcp.de/images/tb2016/TB2016_392_Dickmann.pdf

Dickmann, Thomas, Opfermann, Maria & Rumann, Stefan (2017). Studienerfolg und visuelles Modellverständnis in der Chemie und den Ingenieurwissenschaften. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 67). Universität Regensburg. Online verfügbar unter: http://www.gdcp.de/images/tb2017/TB2017_67_Dickmann.pdf

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

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., Woisch, A. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. (Forum Hochschule 1|2017). Hannover: DZHW.

Höffler, T., Schmeck, A., & Opfermann, M. (2013). Static and dynamic visualizations: Individual differences in processing. In Schraw, G., M. McCrudden, & D. Robinson (Eds.), Learning through visual displays (pp. 133-163). Charlotte: Information Age Publishing.

Larkin, J. H. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. Cognitive Science, 11, 65-99.

Mayer, Richard E. (Hg.) (2014): The Cambridge handbook of multimedia learning. 2. ed. New York, NY: Cambridge Univ. Press (Multimedia learning).

Pavio, A. (1986). Mental representations: A dual coding approach. Oxford: Oxford University Press.

Ramadas, J. (2009). Visual and spatial models in science learning. International Journal of Science Education, 31, 301-318.

Schnotz, W. (2005). An integrated model of text a picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 49-69). Cambridge: Cambridge University Press.

Tippet, C. D. (2016). What recent research on diagrams suggests about learning with rather than learning from visual representations in science. International Journal of Science Education, 38, 725-746.

Wu, H. K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. Science Education, 88, 465-492.

Nicole Graulich[1]
Ira Caspari[1]
Melissa Weinrich[2]
Hannah Sevian[2]

[1]Universität Gießen

[2]University of Boston Massachusetts

Mechanistisches Denken in der Chemie

Mechanismen sind das Aushängeschild der Organischen Chemie auf dem Hochschulniveau und gleichzeitig die größte Hürde für Studierende. Mechanismen gelten zwar als Erklärung, weshalb und wie ein Phänomen abläuft, es ist jedoch kaum geklärt, was den Umgang damit, das „Mechanistische Denken", ausmacht. Die angloamerikanische Fachdidaktik (Bhattacharyya, 2013) widmet sich der Thematik, hat aber bisher keine pragmatische Definition erarbeiten können, die sich für die Diagnose und Förderung Mechanistischen Denkens bei Studierenden eignet.
Aufgrund der fehlenden domain-spezifischen Definition mechanistischen Denkens in der Organischen Chemie adaptieren wir einen Ansatz aus der Wissenschaftsphilosophy, um daraus eine handlungsfähige Definition für die Organischen Chemie abzuleiten. Dieser Ansatz wurde schon von Arbeitsgruppen aus der Physik- und Biologiedidaktik verwendet (Russ, Scherr, Hammer & Mikeska, 2008; van Mil, Boerwinkel & Waarlo, 2013; Southard, Wince, Meddleton & Bolger, 2016). In vereinfachter Form wurde es bereits für die Analyse von mechanistischen Denkansätzen von Schülern bei Verwendung von Slow-Motion Videos im Chemieunterricht angewendet (Caspari, Graulich, Lieber & Rummel, 2017).

Die Natur von Mechanismen
Die Arbeitsgruppe um Machamer, Darden und Craver (2000) haben sich intensiv dem historischen Wandel, den Begrifflichkeiten und der Verwendung von Mechanismen in der Molekular- und Neurobiologie philosophisch genähert und daraus eine komponenten-basierte Definition eines Mechanismus erarbeitet. Ein regelmäßiges Auftreten eines Mechanismus unter gleichen Voraussetzungen zeigt, dass ein Mechanismus stets von bestimmten Einflussfaktoren, bzw. Komponenten, abhängt und darüber beschrieben werden kann: *Mechanisms are entities and activities organized such that they are productive of regular changes from start or set-up to finish or termination conditions* (Machamer, Darden & Craver, 2000, S. 3). Hierbei stellen die Entitäten alle „Dinge" dar, die während des Prozesses die Akteure sind und durch Eigenschaften charakterisiert werden. Die Aktivitäten beschreiben den Verlauf eines Mechanismus. Ausgehend von einem Startpunkt durchläuft ein Mechanismus mehrere mechanistische Schritte bis zum Abschluss des Phänomens (Machamer, Darden & Craver, 2000).
Darüber hinaus definiert Darden (2002) die Denkstrategie des „Chainings", welche die schlussfolgernde Verknüpfung der Komponenten beschreibt. Allgemein beschreiben Craver und Darden (2013) „Chaining" wie folgt: *(...) first learning something about the mechanism or one of its components and then using that knowledge to make inferences about what came before it or what is likely to come after it* (Craver & Darden, 2013, S. 77). Dies kann, wie im Zitat deutlich wird in unterschiedliche Richtungen verlaufen, zum einen als „Forward Chaining" und zum anderen als „Backward Chaining". Beim „Forward Chaining" schlussfolgert man in Richtung des ablaufenden Mechanismus. Dazu werden Entitäten und ihre Eigenschaften zu Beginn eines Prozesses beobachtet und hieraus Rückschlüsse über andere Entitäten oder Aktivitäten zu einem späteren Zeitpunkt des Mechanismus geschlossen. Analog zum „Forward Chaining" handelt es sich beim „Backward Chaining" um ein Schlussfolgern in entgegengesetzter Richtung zum Ablauf des Mechanismus. Beobachtet man beispielsweise innerhalb eines Mechanismus eine Aktivität in einem Folgeschritt, z.B. die

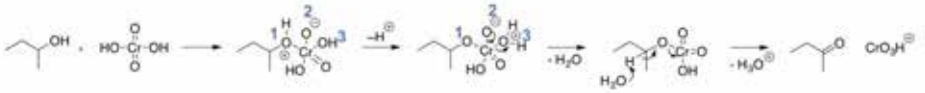
Abspaltung eines Wassermoleküls, lässt sich über „Backward Chaining“ die nötige Aktivität im vorigen Schritt schlussfolgern, hier z.B. die Protonierung einer Alkoholfunktion. Gerade das „Backward Chaining“ ist in der Organischen Chemie eine häufig angewendete Strategie um zwischen möglichen alternativen mechanistischen Schritten denjenigen zu identifizieren, der am häufigsten durchlaufen wird. Kausal begründet ist ein „Backward Chaining“ jedoch erst dann, wenn es die tatsächliche Triebkraft der Reaktion, die Kinetik oder die Thermodynamik des Systems mit einbezieht. Ohne eine solche kausale Begründung bleibt die Strategie des „Backward Chaining“ rein teleologisch. Aus bisherigen Arbeiten ist bekannt, dass besonders Studierende chemische Vorgänge verstärkt teleologisch begründen, d.h. das Produkt eines Vorgangs als Ursache für das Zustandekommen des Vorgangs heranziehen (Talanquer, 2013).

Ziele und Beschreibung der Studie

In einem Kooperationsprojekt mit Melissa Weinrich und Hannah Sevian von der University of Massachusetts Boston haben wir in einer Meta-Analyse von bereits erhobener Daten (Weinrich & Sevian, 2017) untersucht, inwiefern Studierende „Backward Chaining“ Ansätze verwenden und inwiefern diese vergleichbar sind mit denen des Professors des Kurses (Caspari, Weinrich, Sevian & Graulich, 2017). In dieser qualitativen Studie haben 20 Studierenden eines OC II Kurses an einer amerikanischen Universität im Nordosten der vereinigten Staaten und ihr Professor teilgenommen. Der Professor wurde nach für den Kurs typischen mechanistischen Aufgaben gefragt. Diese wurden im Interview den Studierenden gestellt und der Professor wurde gebeten seine Erwartungen an erfolgreiche Studierende beim Lösen der Aufgaben zu im Interview zu schildern. Für die Analyse der „Backward Chaining“ Strategien wurden die Denkansätzen bezogen auf die jeweiligen mechanistischen Schritte zwischen den Studierenden und ihrem Professor verglichen und analysiert ob es sich um teleologisches oder kausales „Backward Chaining“ handelt.

Analyse und Ergebnisse

Die Analyse der Daten ergab, dass die Studierenden in allen Fällen, in denen sich „Backward Chaining“ feststellen ließ, dieses teleologisch verwenden und keine kausale Begründung, die thermodynamische oder kinetische Aspekte des Mechanismus mit einbezieht, verwenden.

„Backward Chaining“ zum Protonentransfer der Jones Oxidation	
	
Beschreibung des Professors	*"and then there is a proton transfer, so in here there's lots of, and I go over this in class [...] the reason why this proton (on O1) goes towards this specific alcohol (O3) is because it is a productive part of the mechanism, and it makes the reaction go forward.* *[..] The reason why I don't put the proton (on O1) on this oxide here (O2), is, even though I can do that, it's not a productive part of the mechanism. It just stays there if I do it. So, I'm going to do it this way (proton transfer to O3)."*
Beschreibung der Studierenden	*"then what I did is I added the hydrogen from the acid (oxonium ion) to make H_2O (on O3)... I am trying to make it because I remember it has to make H_2O in order for it to be able to push it off the structure"* (Student 1) *"I know it's this OH this alcohol group (on O3) becomes an H_2O which makes it leave, so it grabs this hydrogen (on O1) and brings this bond right here."* (Student 2)

Tab.1: Ausschnitte aus dem Coding zum „Backward Chaining“

Das verwendete „Backward Chaining“ des Professors zeigt ebenfalls keine kausale Begründung, sondern begründet den dargestellten Schritt teleologisch. Obwohl der Professor, wie im Zitat (Tab 1.) deutlich wird, erwartet, dass Studierenden alternative mögliche Protonentransfers in diesem Schritt der Jones Oxidation bewusst sind, ist seine Begründung für die Darstellung eines spezifischen Protonentransfers lediglich, dass dies *„the productive part of the mechanism“* ist. In diesem hier gezeigten Kontext wäre kausales „Backward Chaining“ möglich, da die alternativen Protonentransfers vergleichbare Energiebarrieren haben und daher im Gleichgewicht gleichermaßen stattfinden können. Allerdings ermöglicht nur die Protonierung der Alkoholfunktion den Folgeschritt der Wasserabspaltung, welcher dann zu einem energetischen Minimum führt. Diese thermodynamischen Überlegungen bleiben bei den Studierenden und ihrem Professor jedoch außen vor und werden nicht verwendet. Vergleichbare teleologische „Backward Chaining“ Ansätze findet sich auch in den Äußerungen zu anderen typischen Mechanismen wieder.
Obwohl Studierende in der Hälfte der Fälle, vergleichbar wie ihr Professor die mechanistischen Schritte durch „Backward Chaining“ herleiten, geschieht dies, wie auch bei ihrem Professor, ohne eine kausale Begründung. Darüber hinaus findet sich bei den Studierenden keine Beschreibung oder Erwähnung möglicher alternativer Schritte, bei denen sich „Backward Chaining“ zu Unterscheidung der Schritte anbieten würden. In der anderen Hälfte der Fälle verwenden Studierende dasselbe teleologische „Backward Chaining“ in einem Kontext, in dem es kausal nicht anwendbar ist. So möchte beispielsweise eine Studierende für den PCC Mechanismus im Oxidationsschritt Wasser als Base einsetzen und kreiert deshalb im vorherigen mechanistischen Schritt ungeachtet jeglicher chemischer Eigenschaften ein Wassermolekül (Abb. 1).

Abb. 1: Unter Verwendung von “Backward Chaining” vorgeschlagener mechanistischer Schritt einer Studentin für den PCC Mechanismus

Ausblick

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Studierenden beim Lernen und Verstehen von organisch-chemischen Mechanismen meist keine andere Wahl haben, als die Mechanismen telelogisch zu memorieren. Häufig erscheinen die dargestellten mechanistischen Schritte auf Ebene der Lewis-Strukturen, auch wenn dieser Schritt in ein theoretisches Minimum führen, unlogisch (siehe Tab. 1). Wie im obigen Beispiel deutlich ist, kann somit ein Protonentransfer nicht, wie man intuitiv erwarten würde, einen Ausgleich von Ladung herbeiführen. Studierende, die versuchen ihr Vorwissen über Eigenschaften von Entitäten heranzuziehen um sich Schritte vorherzusagen, werden, z.B. bei der Jones Oxidation, diese Schritte falsch vorhersagen. Obwohl bekannt ist, das konzeptuelles „Forward Chaining“ den Erfolg Studierender in Organischer Chemie verbessert (Grove, Cooper & Cox, 2012), wird dieser Aspekt in der Lehre unzureichend kommuniziert.
Die Ergebnisse dieser qualitativen Studie weisen auf grundlegende Defizite in der Kommunikation von domain-spezifischen Denkstrategien in der Lehre der Organischen Chemie hin. Studierenden sollten häufiger die Gelegenheit bekommen alternative Schritte basierend auf ihrem chemisch-konzeptuellen Wissen vorherzusagen, um dann ihr bereits ausgeprägtes „Backward Chaining“ kausal mit thermodynamischen oder kinetischen Abwägungen zu Reaktion zu verknüpfen. Dies erfordert in der Lehre ein Umdenken, weg von kompletten Mechanismen, hin zur verstärkten Betrachtung und Abwägung einzelner Schritte.

Literatur

Caspari, I., Graulich, N., Lieber, L. & Rummel, L. (2017). „Die Flamme geht da runter“ - Prozessbeschreibungen von Lernenden analysieren. NIU - Chemie, 19-24.

Caspari, I., Weinrich, M., Sevian, H. & Graulich, N. (2017). This mechanistic step is "productive": organic chemistry students' backward-oriented reasoning. Chemistry Education Research and Practice, Accepted Manuscript.

Craver, C. F. & Darden, L. (2013). In search of mechanisms: Discoveries across the life sciences. Chicago: University of Chicago Press.

Darden, L. (2002). Strategies for Discovering Mechanisms: Schema Instantiation, Modular Subassembly, Forward/Backward Chaining. Philosophy of Science, 69, 354-S365.

Grove, N. P., Cooper, M. M. & Cox, E. L. (2012). Does Mechanistic Thinking Improve Student Success in Organic Chemistry? J. Chem. Educ., 89, 850-853.

Machamer, P., Darden, L. & Craver, C. F. (2000). Thinking about mechanisms. Philosophy of Science, 67, 1-25.

Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D. & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science. Science Education, 92, 499-525.

Southard, K., Wince, T., Meddleton, S. & Bolger, M. S. (2016). Features of Knowledge Building in Biology: Understanding Undergraduate Students’ Ideas about Molecular Mechanisms. CBE-Life Sciences Education, 15.

Talanquer, V. (2013). When Atoms Want. Journal of Chemical Education, 90, 1419-1424.

van Mil, M. H., Boerwinkel, D. J. & Waarlo, A. J. (2013). Modelling molecular mechanisms: A framework of scientific reasoning to construct molecular-level explanations for cellular behaviour. Science & Education, 22, 93-118.

Weinrich, M. L. & Sevian, H. (2017). Capturing students' abstraction while solving organic reaction mechanism problems across a semester. Chemistry Education Research and Practice, 18, 169-190.

Daniel Laumann Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Stefan Heusler

Entwicklung und Evaluation eines Hochschullehrkonzepts zum Magnetismus

Motivation

Magnetische Phänomene stellen neben elektrischen und optischen Erscheinungen eine bedeutsame Grundlage für die Entwicklung vieler moderner technologischer Anwendungen dar. Aus Sicht der Physikdidaktik erscheint es somit relevant, die Berücksichtigung von Magnetismus in Lehrkonzepten zu analysieren. Es zeigt sich, dass aktuelle Vermittlungsansätze zu diesem Inhaltsgebiet weitestgehend auf Inhalten und Konzepten beruhen, die bereits seit vielen Jahrzehnten die Lehre zum Magnetismus bestimmen. Insbesondere zeichnen sich traditionelle Lehrkonzepte durch die dichotome Unterteilung in „magnetische“ und „nicht magnetische“ Stoffe aus. Diese Reduktion auf ferromagnetische Phänomene (u.a. von Aufschnaiter & Wodzinski, 2013), die in der Regel im weiteren Verlauf nur um elektromagnetische Erscheinungen ergänzt werden, entspricht den typischerweise vorherrschenden Alltagserfahrungen, steht aber im Widerspruch zur tatsächlichen Natur magnetischer Phänomene. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass sämtliche typischerweise als „nicht magnetisch“ klassifizierten Stoffe dem Diamagnetismus, Paramagnetismus oder in wenigen Fällen weiteren Erscheinungsformen von Magnetismus zuzuordnen sind und ausnahmslos jeder Stoff magnetische Eigenschaften besitzt (Laumann & Heusler, 2016).

Zielsetzung

Das Projekt „Magnetismus hoch 4“ strebt die Entwicklung eines neuartigen Lehrkonzeptes zum Inhaltsgebiet Magnetismus an, das die vier magnetischen Erscheinungsformen Ferro- und Elektro-, aber insbesondere auch Dia- und Paramagnetismus berücksichtigt. Innerhalb des Lehrkonzeptes soll es den Lernenden ermöglicht werden ihr Wissen im Inhaltsgebiet Magnetismus von der Sekundarstufe I bis potentiell zur Hochschule konsistent und ohne Brüche, insbesondere im Bereich der Phänomene und Modelle, zu erweitern. Um dieses Ziel zu erreichen erfolgt zunächst die Entwicklung eines Lehrkonzeptes für die Hochschule, das in diesem Beitrag beschrieben wird und nachfolgend für den Einsatz in Sekundarstufe I und II didaktisch reduziert werden soll.

Um die Implementierung des Lehrkonzeptes in universitären Lehrveranstaltungen zu ermöglichen, beinhaltet das Projekt auch die Konzeption von Lehr-Lernmaterialien. Diese ergänzen die fachlich und fachdidaktisch fundierte Sachstruktur um experimentelle Zugänge (Laumann & Heusler, 2015, 2016, 2017; Laumann, 2017) sowie digitale Lehr-Lernmedien, die den Transfer realer Phänomene zum physikalischen Modell ermöglichen sollen.
Das Projekt „Magnetismus hoch 4“ strebt weiterhin die Erzeugung von Bewusstsein für die Sinnhaftigkeit und Möglichkeit der Anwendung dieses neuartigen Lehrkonzeptes an.

Forschungsdesign

Die Entwicklung des Lehrkonzeptes erfolgt nach dem Design-Based Research-Ansatz (Reinmann, 2005), sodass ausgehend von einem theoretisch und empirisch fundierten Design zunächst die praxisbezogene Durchführung des Lehrkonzeptes mit begleitender empirischer Analyse und nachfolgend eine Überarbeitung des Designs (Re-Design) erfolgt. Die nachfolgenden Befunde zur Analyse des Lehrkonzeptes beziehen sich auf die praxisbezogene Durchführung des ursprünglichen Designs und des ersten Re-Designs (WiSe 15/16 und WiSe 16/17, je 2 Seminare, Lehramtsausbildung Haupt-, Real- und Gesamtschule sowie Gymnasium und Gesamtschule) und beschreiben zwei vollständige Designzyklen.

Die praxisbezogene Durchführung umfasste in jedem Seminar drei Sitzungen mit Inhalten zum Magnetismus, siehe Abbildung 1. In den Seminarsitzungen arbeiteten die Studierenden in Kleingruppen mit vorgegebenen Lehr-Lernmaterialien (schriftliche Materialsammlung mit Aufgaben, Informationen und Anleitungen sowie Experimentiermaterialien und digitalen Lehr-Lernmedien) weitestgehend selbsttätig. Zur Objektivierung der begleitenden Untersuchung wurde der Einfluss der Lehrperson auf diese Art und Weise minimiert.

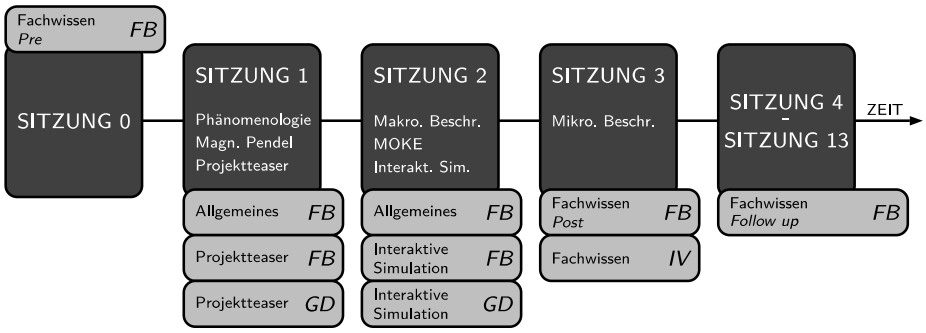


Abb. 1 Verlauf- und Untersuchungsplan zum Praxiseinsatz des Lehrkonzeptes.

Die Analyse bezog sich auf das konzeptuelle Verständnis der Studierenden (Fachwissen), allgemeine Merkmale (Interesse, Einschätzung der Bedeutung) sowie Merkmale der digitalen Medien (Projektteaser, interaktive Simulation). Die nachfolgenden Befunde beziehen sich auf die Analyse der Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses der Studierenden, das in einer Prä-Test- (N=45), Post-Test- (N=36) und Follow-up-Test-Untersuchung (N=9) mithilfe eines Fragebogens insbesondere durch offene Items sowie individuelle problemzentrierte Leitfadeninterviews (N=18) erhoben wurde.

Befunde

Die nachfolgenden Befunde beziehen sich auf die makroskopische Phänomenologie sowie die mikroskopische Beschreibung magnetischer Momente der Erscheinungsformen mit und ohne äußeres Magnetfeld und stellen einen Ausschnitt der gesamten Befunde dar.

Makroskopische Phänomenologie magnetischer Erscheinungsformen

Die Äußerungen der Studierenden zum offenen Fragebogenitem „Weiß Du, was mit den Begriffen Ferro-, Dia- und Paramagnetismus gemeint ist? Wenn ja, versuche die Begriffe zu erklären und zu beschreiben, was Dir zu ihnen einfällt!“, im Prä-Test deuten an, dass vor den Seminarsitzungen Dia- und Paramagnetismus nur von einzelnen (16 % und 13 %) und auch Ferromagnetismus nur von wenigen Studierenden (38 %) angemessen beschrieben wird, siehe Abbildung 2. Post- und Follow-up-Test weisen darauf hin, dass das Fachwissen durch das erarbeitete Lehrkonzept sinnvoll erweitert wird, siehe ebenfalls Abbildung 2. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse des Follow-up-Tests aufgrund der geringen Stichprobengröße (N=9) deutlich eingeschränkte Aussagekraft besitzen. Derselbe Befund ergibt sich auch aus den Analyse der qualitativen Leitfadeninterviews. In diesen äußern 17 von 18 Studierenden fachlich adäquate Beschreibungen der makroskopischen Eigenschaften der drei magnetischen Erscheinungsformen. Weiterhin sind sich 15 von 18 Studierenden der Universalität magnetischer Phänomene bewusst und merken dies u.a. auf folgende Art und Weise an: „Also ‚unmagnetisch’ ist ein schwieriger Begriff, weil es eigentlich verschiedenste Arten von Magnetismus gibt und jeder Körper mindestens eine dieser Arten von Magnetismus aufweist.“

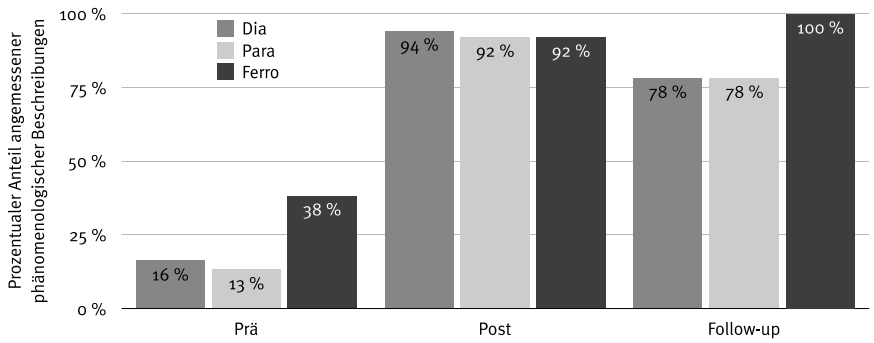


Abb. 2 Befunde zum Fachwissens von Studierenden zur angemessenen Beschreibung der makroskopischen Phänomenologie magnetischer Erscheinungsformen

Mikroskopische Beschreibung der Magnetisierungszustände magnetisches Erscheinungsformen mit und ohne äußeres Magnetfeld

Die Befunde der qualitativen Leitfadeninterviews deuten an, dass die Studierenden nach den Seminarsitzungen den mikroskopischen Magnetisierungszustand in Form der Ausrichtung magnetischer Momente von 15 von 18 Fällen angemessen beschreiben. Komplexer erscheint jedoch die Beschreibung des mikroskopischen Magnetisierungszustandes ohne äußeres Magnetfeld. Wie die Befunde des zugehörigen offenen Fragebogenitems andeuten, siehe Abbildung 3, finden sich für die Beschreibung des diamagnetischen Grundzustandes ohne äußeres Magnetfeld viele unangemessene Beschreibungen. Wie die Ergebnisse der Interviews zeigen, wird eben dieser Zustand für diamagnetische Phänomene mit paramagnetischen Phänomenen gleichgesetzt. Weitere Befunde deuten an, dass dies aus unzureichenden Unterscheidungen der Ursachen magnetischer Momente durch die Lernenden folgt.

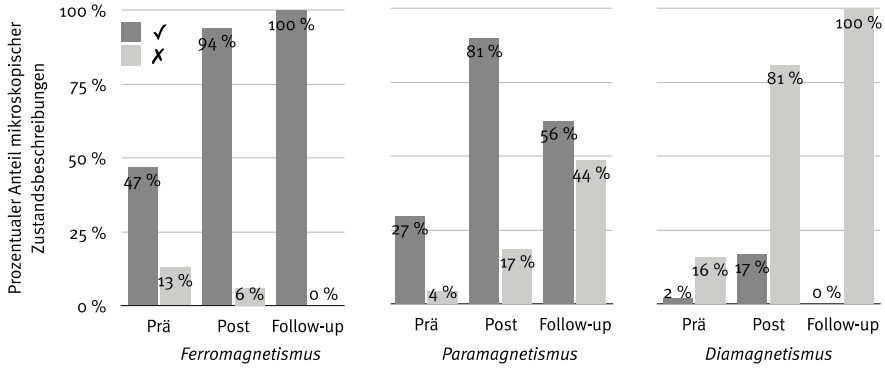


Abb. 3 Befunde zum Fachwissen von Studierenden zur mikroskopischen Beschreibung der Magnetisierungszustände magnetischer Erscheinungsformen ohne äußeres Magnetfeld

Ausblick

Nach der vollständigen Durchführung von zwei Designzyklen zur Entwicklung des Hochschullehrkonzeptes wird neben der Entwicklung des zweiten Re-Designs, das ebenfalls noch im Sinne des Design-Based Research hinsichtlich der praktischen Wirkung zu analysieren ist, insbesondere die Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion des Lehrkonzeptes für die Sekundarstufen I und II angestrebt. Weiterhin ist es notwendig, den Elektromagnetismus in das Lehrkonzept zu integrieren und Bezüge zu den Erscheinungsformen Dia-, Para- und Ferromagnetismus herzustellen.

Literatur

Laumann, D. & Heusler, S. (2015). Magnetismus hoch 3 – Selbstkonsistente Modellierung von Dia-, Para- und Ferromagnetismus. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Wuppertal.

Laumann, D. & Heusler, S. (2016). Welche Stoffe sind „nicht" magnetisch? In C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg, 367-369.

Laumann, D. & Heusler, S. (2017). Determining Magnetic Susceptibilities of Everyday Materials Using an Electronic Balance. American Journal of Physics, 85 (5), 327-332.

Laumann, D. (2017). Is an Apple Magnetic: Magnetic Response of Everyday Materials Supporting Views About the Nature of Science. The Physics Teacher, 55 (3), 142-145.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Resarch-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft, 33 (1), 52-69.

Von Aufschnaiter, C. & Wodzinski, R. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus. Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen: Sekundarbereich (Bd. 3). Seelze: Friedrich.

René Dohrmann Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier

Praxisbezug und Professionalisierung im Lehr-Lern-Labor-Seminar (LLLS) - ausgewählte vorläufige Ergebnisse zur professionsbezogenen Wirksamkeit

Ausgangslage

Fachdidaktisches Wissen gilt als eine der Gelingensbedingungen erfolgreichen Unterrichtshandelns (vgl. Baumert & Kunter, 2006; Borowski et al., 2010). Der Erwerb dieses Wissens wird gestärkt, wenn die angehenden Lehrkräfte bereits im Studium Lerngelegenheiten vorfinden, in denen sie die theoretischen Wissensanteile auch in Praxisphasen umsetzen können (vgl. Fischler, 2008; Nölle, 2002; Gudmundsdottir, 1995).

Die Wirklichkeit an den meisten Hochschulen bietet bisher jedoch nur sehr wenige solcher Lerngelegenheiten (vgl. Fischler, 2008), sodass es „offensichtlich nicht oder nur unzureichend [gelingt], die erwünschten Einstellungen zu sichern und eine tragfähige Handlungskompetenz zu entwickeln“ (Messner, 1999). Dies ist insofern problematisch, als dass sich angehende Lehrkräfte ohne entsprechende praxisorientierte Ausbildungsanteile eher an ihrer schulischen Erfahrung als an wissenschaftlichen Erkenntnissen orientieren (vgl. Niggli, 2002). Überdies bevorzugen viele Berufsanfänger*innen in der zweiten Phase der Lehrkräftebildung die Orientierung an der beruflichen Praxis in der Schule gegenüber universitär ausgeprägten Wissensbestandteilen (vgl. Kraler, 2008).

Darüber hinaus erfährt ein Teil der angehenden Lehrkräfte mit dem Eintritt in die zweite Phase den sogenannten „Praxis- bzw. Realitätsschock“ (vgl. Dicke et al., 2016; Rabe et al., 2013; Merzyn, 2006; Messner, 1999; Tschannen-Moran, 1998). Ein Großteil der Referendar*innen fühlt sich nur unzureichend auf berufliche Anforderungen vorbereitet (vgl. Lersch, 2006). Deshalb fordern nicht nur Studierende (vgl. Weyland, 2014; Makrinus, 2013; Hascher, 2011; Hoppe-Graff et al., 2008), sondern auch Ausbildungslehrkräfte (vgl. Völker & Trefzger, 2010) sowie die Kultusministerkonferenz (vgl. KMK, 2004, 2008) eine verstärkte Praxisorientierung in den lehrkräftebildenden Studiengängen. Will man dieser Forderung sinnstiftend nachkommen, dürfen jedoch nicht nur die Praxisanteile erhöht werden. Praktika müssen theoriegeleitet durchgeführt werden, da sonst sogar die Möglichkeit einer Deprofessionalisierung besteht (vgl. Weyland, 2014; Hascher, 2011). Um darüber hinaus einem „Realitätsschock“ vorzubeugen, ist es förderlich, praktische Ausbildungsanteile in ihrer Komplexität sukzessive zu steigern (vgl. Krofta et al., 2013; Tschannen-Moran, 1998).

Es wird angenommen, dass Lehr-Lern-Labor-Seminare (LLLS) als Orte komplexitätsreduzierter, unterrichtsähnlicher Praxis die o. g. Bedingungsfaktoren erfüllen, d. h. dass sie sowohl der Forderung nach praktischen Ausbildungsanteilen nachkommen, die Ausprägung fachdidaktischen Wissens fördern und dem „Realitätsschock“ vorbeugen (vgl. Dohrmann & Nordmeier, 2017, 2016; Krofta et al., 2013). Zusätzlich kann ein solches Format zur Verbesserung der Lehrkompetenzen der Teilnehmer*innen führen (vgl. Gröschner et al., 2013). Eine entsprechendes Lehrveranstaltungsformat bietet die Freie Universität Berlin den Lehramtsstudierenden des Faches Physik bereits im Bachelorstudiengang an (vgl. Dohrmann & Nordmeier, 2016, 2017). Die Adaption durch weitere Fächer wurde ebenfalls erfolgreich umgesetzt (vgl. Rehfeldt et al. 2017).

Forschungsfragen, Hypothesen und Methodik

Auf Basis der o. g. Ziele der LLLS sowie einer explorativen Vorstudie konnten zur übergeordneten Forschungsfrage (**F1**): *Was bewirkt die Teilnahme an einem Lehr-Lern-Labor und dessen Begleitseminar im Hinblick auf die Professionalisierung der Studierenden?* theorie- und evidenzbasiert verschiedene Hypothesen abgeleitet werden, u. a.:

H1*: In einem „geschützten" LLL-Setting kommt es nicht zum „Praxisschock", sondern zu einer positiven Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartungen.*

H2*: Die Teilnahme am LLL-Seminar (LLLS) bewirkt einen Anstieg des fachdidaktischen Wissens (PCxK)[1] bei den Teilnehmer*innen.*

H3: *Die Teilnahme am LLLS bewirkt eine Verbesserung der (selbsteingeschätzten) Unterrichtskompetenzen bei den Studierenden.*

Als weitere Forschungsfrage wurde formuliert:

F2: *Welche Wahlmotive sind beim Belegen des LLLS ausschlaggebend?*

In der Hauptstudie wurden sowohl eine Fragebogenerhebung im Pre-Post-Design realisiert, als auch leitfadengestützte Interviews im Anschluss an die Veranstaltungen durchgeführt und inhaltsanalytisch ausgewertet. Im Folgenden wird das methodische Vorgehen zu den o. g. Hypothesen und der Forschungsfrage F2 näher erläutert:

H1: Die Skalen zur den Selbstwirksamkeitserwartungen (SWE) sind angelehnt an Weusmann et al. (2017). Zusätzlich wurde ein Teil des Interviews zur qualitativen Erhebung von SWE in Bezug auf das Planen und Durchführen von Unterricht genutzt und anschließend inhaltsanalytisch skalierend über ein dreistufiges Kategoriensystem ausgewertet.

H2: Die Erhebung zum fachdidaktischen Wissen erfolgte über offene Fragen via Fragebogen. Die Fragen sind Übersetzungen der CoRe-Fragen (vgl. Loughran et al., 2004), einem qualitativen Zugang zum fachdidaktischen Wissen. Um der Qualität der gegebenen Antworten gerecht zu werden, wurden die Antworten inhaltsanalytisch skalierend über ein vierstufiges Kategoriensystem ausgewertet. Die Kategorien orientieren sich dabei an der Bloom'schen Taxonomie kognitiver Lernziele (vgl. Krathwohl & Bloom, 1978).

H3: Die Skalen zur Erhebung der (selbsteingeschätzten) Unterrichtskompetenzen entstammen einem Instrument von Gröschner (2008). Der vierskalige Fragebogen beruht auf den von der KMK geforderten Kompetenzen von Lehrkräften, wurde jedoch im hier beschriebenen Kontext um die Skala „Innovieren" gekürzt, da diese Kompetenz nicht im untersuchten LLLS tangiert wird.

F2: Hier wurden die Einstiegsfragen des Interviews induktiv inhaltsanalytisch ausgewertet. Die Fragestellung wurde dabei direkt an das Material gestellt. Es wurden anschließend Kategorien herauspräpariert.

Vorläufige Ergebnisse

Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse sind vorläufiger Natur und sollten vorsichtig interpretiert werden. Sie zeigen jedoch erste Tendenzen in Bezug auf die Wirksamkeit des Lehrveranstaltungsformats LLLS. So scheint der komplexitätsreduzierte und geschützte Rahmen nicht nur zur Stabilisierung der SWE, sondern sogar zu einer leichten Steigerung in Bezug auf die Planung und Durchführung von Unterricht zu führen (siehe Abb. 1). Dieses Ergebnis konnte durch die Auswertung der Interviews bestätigt werden. 87 % der Ratings fallen in die Kategorie „Zunahme der SWE", 13 % entfallen auf „Keine Änderung der SWE" und kein einziges Rating gibt es in der Kategorie „Abnahme der SWE" (Cohen's Kappa: 0.68).

[1] Fachdidaktisches Wissen wird hier als PCxK (professional context knowledge) bezeichnet, da davon ausgegangen wird, dass dieses nicht isoliert erworben wird, sondern im Zusammenspiel von unterrichtlichen und sozialen Kontexten.

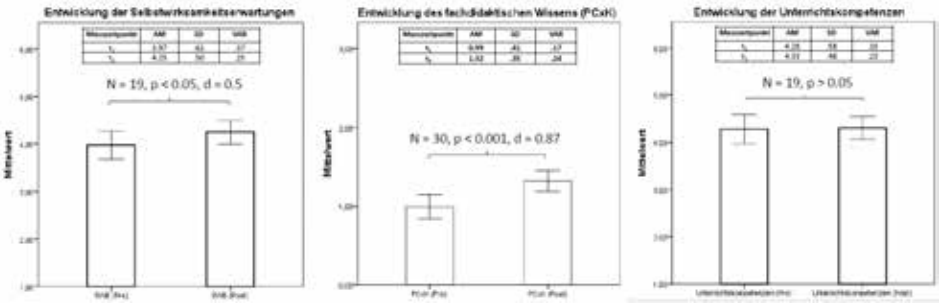


Abb. 1: Entwicklung der SWE, des fachdidaktischen Wissens und der Unterrichtskompetenzen im Pre-Post-Vergleich

Positive Ergebnisse konnten auch bezüglich des fachdidaktischen Wissens in Bezug auf die Veranstaltungsinhalte festgestellt werden. Insgesamt wurden 480 Antworten ausgewertet und mit einer nahezu vollständigen Übereinstimmung bei der Interkoder-Reliabilität kodiert (Cohen's Kappa: 0.91). Der T-Test zeigt einen Mittelwertunterschied von 0.33 bei einer Effektstärke von 0.87 (hoher Effekt). Somit können H1 und H2 als mit hoher Wahrscheinlichkeit bestätigt angesehen werden. Die Selbsteinschätzung der Unterrichtskompetenzen zeigt im Pre-Post-Vergleich einen nicht signifikanten Zuwachs. H3 scheint somit nicht bestätigt zu sein. Da die benutzten Skalen eine hohe Ähnlichkeit zu SWE-Skalen aufweisen (vgl. Gröschner et al., 2013), könnte man die Ergebnisse auch dahingehend interpretieren, dass es keine Abnahme der Selbstwirksamkeitserwartungen über den Verlauf der Veranstaltung gab. Dies stünde jedoch mit den Ergebnissen der SWE-Skalen in Konflikt.
In Bezug auf die Wahlmotive (F1) konnten bisherige Forschungsergebnisse bestätigt werden. Der für die Teilnehmer*innen wichtigste Grund, das LLLS zu belegen, ist der Wunsch nach mehr Praxis, gefolgt von sozial-interpersonellen Gründen (z. B. Empfehlung, Freunde haben sich auch dafür entschieden) und strukturell-organisatorischen Gründen (z. B. zeitliche Passung, Seminarstruktur als Block).

Diskussion und Ausblick

Die vorläufigen Ergebnisse deuten auf erste Professionalisierungsschritte hin und zeigen erste Tendenzen in Bezug auf die Wirksamkeit des Veranstaltungskonzepts auf. Einschränkend ist zu sagen, dass die Stichprobe nicht zufällig bestimmt wurde und sehr klein ist. Hinzu kommt, dass die Intervention sehr kurz ist und die Ergebnisse nur eine geringe Reichweite haben, da sie lediglich Aussagen über den eigenen Standort zulassen. Überdies wäre eine Kontrollgruppe wünschenswert. Durch die Triangulation mit den qualitativen Daten erhalten jedoch auch die hier getroffenen Aussagen ein stärkeres Gewicht. Zwei weitere Erhebungen sind in Planung (N=70).

Literatur

Baumert, Jürgen; Kunter, Mareike (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.

Dicke, Theresa et al. (2016): „Doppelter Praxisschock" auf dem Weg ins Lehramt? - Verlauf und Potentielle Einflussfaktoren emotionaler Erschöpfung während des Vorbereitungsdienstes und nach dem Berufseintritt. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht (PEU), S.244-257.

Dohrmann, René & Nordmeier, Volkhard (2017). Lehr-Lern-Labor und Professionalisierung im Lehramtsstudium Physik. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 560). Universität Regensburg

Dohrmann, René; Nordmeier, Volkhard (2016): Lehr-Lern-Labore (LLL) als Orte komplexitätsreduzierter Praxis: Erste Professionalisierungsschritte im Lehramtsstudium Physik. In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG Frühjahrstagung. Frühjahrstagung. Hannover

Fischler, H. (2008): Physikdidaktisches Wissen und Handlungskompetenz. In: ZfDN 14, S. 27–49.

Gröschner, Alexander; Schmitt, Cordula; Seidel, Tina (2013): Veränderung subjektiver Kompetenzeinschätzungen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 27 (1-2), S. 77–86.

Gröschner, A. (Hg.) (2008): Skalen zur Erfassung von Kompetenzen in der Lehrerausbildung. Ein empirisches Instrument in Anlehnung an die KMK „Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften". Jena: Zentrum für Lehrerbildung und Didaktikforschung.

Gudmundsdottir, Sigrun; Reinhartsen, Anne; Nordtomme, Nils P. (1995): Etwas Kluges, Entscheidendes und Unsichtbares. Über das Wesen des Pädagogischen Wissens über die Unterrichtsinhalte. In: *Zeitschrift für Pädagogik* (33 (Beiheft)), S. 163–174.

Hascher, Tina (2011): Vom "Mythos Praktikum". …und der Gefahr verpasster Lerngelegenheiten. In: *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (3), S. 8–14.

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, Christian (2008): Professionalisierung in der Berufseingangsphase – Berufsbiografie und Kompetenzentwicklung. Entwicklungsaufgaben der ersten Berufsjahre und Unterstützungsmöglichkeiten. In: *SchVw Spezial* (1), S. 4–7.

Krathwohl, David R.; Bloom, Benjamin Samuel; Dreesmann, Helmut; Masia, Bertram B. (1978): Taxonomie von Lernzielen im affektiven Bereich. 2. Aufl. Weinheim [u.a.]: Beltz (Beltz-Studienbuch, 85).

Krofta, Helen; Fandrich, Jörg; Nordmeier, Volkhard (2013): Fördern Praxisseminare im Schülerlabor das Professionswissen und einen reflexiven Habitus bei Lehramtsstudierenden? In: Volkhard Nordmeier und Helmuth Grötzebauch (Hg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Frühjahrstagung. Jena. DPG. Berlin.

KMK (2008): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung.

KMK (2004): Standards für die Lehrerausbildung: Bildungswissenschaften.

Landis, J.R.; Koch, G.G. (1977): The measurement of observer agreement for categorical data. In: Biometrics. 33, 1977, 159–174.

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.

Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. Journal of research in science teaching, 41(4), 370-391.

Makrinus, Livia (2013): Der Wunsch nach mehr Praxis. Zur Bedeutung von Praxisphasen im Lehramtsstudium. Wiesbaden: Springer VS (Studien zur Schul- und Bildungsforschung, 49).Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. 11. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz.

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.

Niggli, Alois (2002): Welche Komponenten reflexiver beruflicher Entwicklung interessieren angehende Lehrerinnen und Lehrer? Faktorenstruktur eines Fragebogens und erste empirische Ergebnisse. In: *Revue suisse des sciences de l'education* 26 (2), S. 343–364.

Nölle, Karin (2002): Probleme der Form und des Erwerbs unterrichtsrelevanten pädagogischen Wissens. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 48 (1), S. 48–67.

Rabe, Thorid; Krey, Olaf; Meinhardt, Claudia (2013): Physikdidaktische Selbstwirksamkeitserwartungen zukünftiger Physiklehrkräfte I. In: Sascha Bernholt (Hg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 33), S. 635–637.

Rehfeldt, Daniel, Klempin, Christiane, Seibert, David, Mehrtens, Tobias & Nordmeier, Volkhard (2017). Fächerübergreifende Wirkungen von Lehr-Lern-Labor-Seminaren: Adaption für die Fächergruppen Englisch, Geschichte und Sachunterricht. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 556). Universität Regensburg

Tschannen-Moran, Megan; Woodfolk Hoy, Anita; Hoy, Wayne K. (1998): Teacher Efficacy: It's Meaning and Measure. In: *Review of Educational Research* 68 (2), S. 202–248.

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.

Weyland, Ulrike (2014): Schulische Praxisphasen im Studium: Professionalisierende oder deprofessionalisierende Wirkung. Fachhochschule Bielefeld (bwp@ Beruf- und Wirtschaftspädagogik - online, Profil 3).

Stefan Sorge[1]
Burkhard Priemer[2]
Irene Neumann[1]
Ilka Parchmann[1]

[1]IPN Kiel
[2]HU Berlin

Lernunterstützung im Lehr-Lern-Labor: Die Perspektive der Studierenden

Damit Lehrkräfte im Unterricht förderliche Lerngelegenheiten gestalten können, benötigen sie adäquates Professionswissen, motivationale Voraussetzungen und situationsspezifische Fähigkeiten (Blömeke, Gustaffson & Shavelson, 2015). In der ersten Phase der deutschen Lehrkräftebildung liegt der Fokus auf dem Erwerb des Professionswissens in Vorlesungen und Seminaren (Kleickmann et al., 2013; Sorge et al., 2017); zur Ausbildung situationsspezifischer Fähigkeiten existieren nur wenige Transfermöglichkeiten in der Form vereinzelter Schulpraktika, das erlernte Wissen bleibt „träge“ (Renkl, 1996). Um Wissen, Einstellungen und Fähigkeiten gleichermaßen zu fördern, werden daher Lehr-Lern-Labore (LLL) als ergänzendes Lehrformat vorgeschlagen (z. B. Steffensky & Parchmann, 2007).

Theoretischer Hintergrund

Um Professionswissen, motivationale Voraussetzungen und situationsspezifische Fähigkeiten gleichermaßen zu fördern, bedarf es Lerngelegenheiten, die eine Kombination aus Theorie, praktischer Anwendung und Reflexion der Theorie ermöglichen (Joyce & Showers, 2002). Formale Lerngelegenheiten (z. B. Vorlesungen und Seminare) für angehende Lehrkräfte fokussieren zunächst jedoch auf die Vermittlung der zentralen Facetten des Professionswissens: Fachwissen, fachdidaktisches Wissen oder pädagogisches Wissen (Baumert & Kunter, 2006).

Zur Kontextualisierung dieses Professionswissens sind komplexitätsreduzierte Micro-Teaching-Ansätze geeignet (Fortune, Cooper & Allen, 1967). Durch den Einsatz von Micro-Teaching-Lerngelegenheiten ist es möglich, die Sicherheit im Umgang mit Schülerinnen und Schülern zu stärken und gezielt spezifisches Lehrverhalten zu fördern (Klinzing, 2002). Bisher existieren jedoch uneindeutige Befunde zur Übertragbarkeit des Lehrverhaltens auf „reale“ Unterrichtssituationen und welche unterstützenden Faktoren des Micro-Teachings die Entwicklung angehender Lehrkräfte unterstützt (MacLeod, 1995).

Im durch die Deutsche Telekom Stiftung geförderten Universitätsverbund „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ wurden in einem ersten Schritt LLL als Micro-Teaching-Lerngelegenheiten etabliert. In diesem Sinne sind LLL „eine spezielle Organisationsform der Lehramtsausbildung, in der Lern- bzw. Förderaktivitäten von Schüler/innen und die berufsbezogene Qualifizierung von Lehramtsstudierenden sinnvoll miteinander verknüpft werden“ (Brüning, 2017). Durch die Einbindung dieser LLL in die Lehrkräftebildung haben die Studierenden die Möglichkeit, ihr erworbenes Professionswissen in Microteaching-Situationen anzuwenden und zu reflektieren (Fried & Trefzger, 2017). Es ist allerdings offen, wie Studierende die Lernunterstützung in Aspekten ihrer professionellen Kompetenz in LLL wahrnehmen. Daher soll der folgenden Frage nachgegangen werden: Wie empfinden Studierende die Lernunterstützung in LLL im Vergleich zu anderen Lehrformaten mit Blick auf die Ausbildung professioneller Kompetenzen?

Methoden
Zur Erfassung der empfundenen Lernunterstützung in LLL im Vergleich zu Vorlesungen und Praktika wurden N = 310 Lehramtsstudierende von sechs verschiedenen Universitäten des von der Deutsche Telekom Stiftung geförderten Verbundprojekts „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“ zu ihren Einschätzungen befragt. Die Studierenden waren im Mittel 24,7 Jahre alt (SD = 4,7 Jahre) und 57% der Befragten waren Bachelorstudierende. Die Befragung umfasste Lehramtsstudierende aller MINT-Fächer.

Zur Erfassung der subjektiven Lernunterstützung wurde ein Fragebogen mit 24 Items eingesetzt. Dieser enthielt je vier Items für die folgenden sechs Zieldimensionen der professionellen Kompetenz: Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Diagnosefähigkeit, Entwicklung von Lernangeboten und Interaktion mit Schülerinnen und Schülern. Eine explorative Faktorenanalyse deutete auf die zwei zentralen Faktoren „Erfahrungen in der Praxis“ (13 Items, α_{LLL}=.90) und „Verständnis der Theorie“ (9 Items, α_{LLL}=.80) hin, bei denen mit Hilfe von hierarchischen Modellen die Einschätzung verschiedener Veranstaltungsformate untersucht wurde. Die folgenden drei Itembeispiele, die auf einer 4-stufigen Likert-Skala bewertet werden sollten, sollen einen weiteren Eindruck vom Messinstrument vermitteln:

- Das LLL hat mir dabei geholfen, mein fachdidaktisches Wissen in der Praxis anzuwenden. *(fachdidaktisches Wissen, Erfahrung in der Praxis)*
- Das LLL hat mir dabei geholfen, verschiedene fachdidaktische Ansätze miteinander zu vergleichen. *(fachdidaktisches Wissen, Verständnis der Theorie)*
- Das LLL hat mir dabei geholfen, adäquat auf Schülerfragen zu antworten. *(Interaktion, Erfahrung in der Praxis)*

Ergebnisse
Die Einschätzung der Lehramtsstudierenden zur Lernunterstützung in LLL, Vorlesungen/ Seminaren und Schulpraktika ist in Abbildung 1 dargestellt.

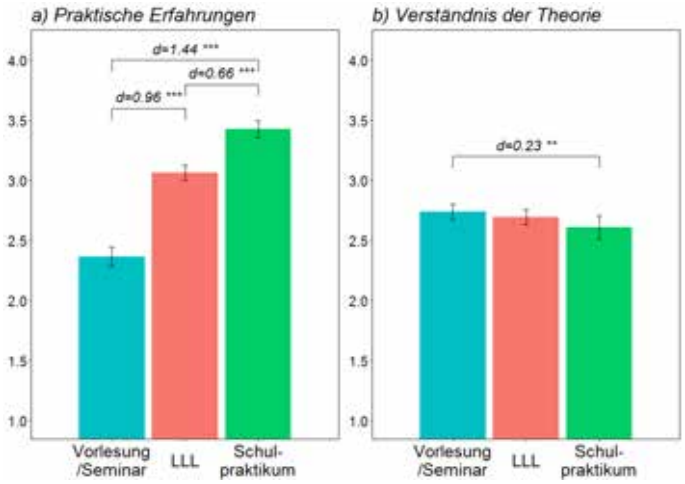


Abb. 1. Mittlere Einschätzung und Standardfehler der Lernunterstützung in verschiedenen Lehrformaten von 1-schwach bis 4-hoch

Nach einem Besuch eines LLL werden die praktischen Erfahrungen in Schulpraktika (M = 3.43, Skala von 1 bis 4) verglichen mit LLL (M = 3.07) und Vorlesungen/Seminaren (M = 2.36) am höchsten bewertet. Dabei zeigt sich, dass die LLL signifikant stärkere praktische

Erfahrungen ermöglichen als Vorlesungen/Seminare (b = -0.70, $t(372)$ = -15.5, $p < .001$, d = 0.96). Im Unterschied dazu wird die Lernunterstützung in Bezug auf das theoretische Verständnis in Vorlesungen am stärksten eingeschätzt (M = 2.74). Der Unterschied zu den LLL ist hier jedoch nicht signifikant (M = 2.69, b = 0.04, $t(372)$ = 1.14, p = .25, d = 0.11).

Diskussion

In der deutschen Lehrkräftebildung besteht ein dringender Bedarf, Lerngelegenheiten zu etablieren, die bereits in der ersten Phase eine Verzahnung des Professionswissens mit tatsächlichen Lehr-Lern-Situationen ermöglichen. Die Anleitung durch Universitätslehrkräfte auf der einen Seite und die wiederholte Lehrerfahrung in komplexitätsreduzierten Lehr-Lern-Situationen im LLL auf der anderen Seite wird von den Studierenden positiv eingeschätzt (Steffensky & Parchmann, 2007). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie unterstützen dieses Bild. Dabei zeigt sich jedoch auch, dass Lehramtsstudierende dem Praktikum in Schulen die umfassendsten Praxiserfahrungen zuschreiben. Andererseits wird Vorlesungen und Seminaren eine bessere Lernunterstützung zur Akquise von theoretischem Wissen als Schulpraktika zugeschrieben. In unseren Ergebnissen finden wir dazu nur kleine Effekte, und zwischen Vorlesungen und LLL gibt es keine signifikanten Unterschiede. Dabei ist jedoch zu betonen, dass es sich bei den Aussagen um Selbsteinschätzungen der Studierenden handelt, die nicht notwendigerweise auch mit den Kompetenzentwicklungen der Studierenden einhergehen müssen. Weitere Studien sind nötig, um die Kompetenzentwicklung und die subjektive Lernunterstützung in Beziehung zu setzen. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass LLL sowohl Praktika in Schulen als auch Vorlesungen/Seminare nicht ersetzen können, sondern geeignet sind, eine Brücke zwischen diesen Lehrformaten zu schlagen.

Literatur

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

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

Brüning, A. 2017. „*Lehr-Lern-Labore in der Lehramtsausbildung - Definition, Profilbildung und Effekte für Studierende*.“ In *Beiträge zum Mathematikunterricht*, herausgegeben von Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. Münster: WTM. [Im Druck]

Fortune, J. C., Cooper, J. W., Allen, D. W. (1967). The Stanford Summer Micro-Teaching Clinic, 1965. *The Journal of Teacher Education, 18*(4), 389-393.

Fried, S. & Trefzger, T. (2017). Eine qualitative Untersuchung zur Anwendung von physikdidaktischem Wissen im Lehr-Lern-Labor. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016* (S. 492-495). Universität Regensburg

Joyce, B. & Showers, B. (2002). *Student Achievement Through Staff Development*. Alexandria, VA: Association for Supervision & Curriculum Development.

Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S., & Baumert, J. (2013). Teachers' Content Knowledge and Pedagogical Content Knowledge: The Role of Structural Differences in Teacher Education. *Journal of Teacher Education, 64*(1), 90–106.

Klinzing, H. G. (2002). Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über fünfunddreißig Jahre Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik, 48*(2), 194-214.

MacLeod, G. (1995). Microteaching in Teacher Education. In: L. W. Anderson (Eds.), *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education. Second Edition* (S. 573-577). Oxford: Elsevier Science.

Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, *47*(2), 78-92.

Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S. & Neumann, K. (2017). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*. DOI: 10.1080/09500693.2017.1346326

Steffensky, M. & Parchmann, I. (2007): The Project CHEMOL. Science education for children - Teacher education for students! *Chemistry Education Research and Practice 8* (2), S. 120–129.

Hilde Köster
Tobias Mehrtens
Martin Brämer
Jan Steger

Freie Universität Berlin

Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor
Entwicklung, Umsetzung und Evaluation

Die Projekte „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore: Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis“ (gefördert durch die Deutsche Telekom Stiftung) und „K2teach: Erprobung von Handlungsstrategien in Lehr-Lern-Laboren“ (gefördert durch das BMBF[1]) dienen der forschungsbasierten Entwicklung, Umsetzung und Evaluation eines Lehr-Lern-Formats zur Integration des Praxisbezugs in das Studium. Der Beitrag stellt den aktuellen Stand der Konzeption, Umsetzung und Evaluation eines naturwissenschaftsbezogenen Lehr-Lern-Labor-Seminars im Bachelorstudiengang Grundschulpädagogik im Fach Sachunterricht vor.

Theoretischer Hintergrund

Im Rahmen der Arbeiten zu den Projekten ‚K2teach’ und ‚Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore’ wird ein Lehr-Lern-Format für angehende Grundschullehrkräfte entwickelt, das, im Studienkonzept als Pflichtveranstaltung verankert, auf eine stärkere Einbindung von Praxiselementen fokussiert und auf der Leitperspektive ‚Forschendes Lernen im zyklischen Prozess’ (Nordmeier et al. 2014) basiert. Die theoretische Rahmung des Formats ‚Lehr-Lern-Labor’ (LLL) bildet einerseits das Modell des Professionswissen (mit den Facetten CK, PCK und PK) nach Shulmann (1986) sowie andererseits das Konzept des Inquiry Based Science Learning (IBSL, vgl. Köster & Galow 2014; Labudde & Börlin 2013).

Lehrer*innenprofessionswissen umfasst nach Shulman (1986) Fachwissen (CK), fachdidaktisches (PCK) und pädagogisches Wissen (PK). Darüber hinaus gilt die Reflexionskompetenz als zentral für die Entwicklung von Lehrer*innenprofessionalität (Artmann et al. 2013). Im Sinne einer Ausprägung dieser Kompetenzfacetten erleben die Studierenden in dem hier beschriebenen Lehr-Lernformat das Forschende Lernen auf drei Ebenen: Erstens als eigene ‚Forschung‘ an einem physikalischen Phänomen und einer diesbezüglichen selbst gewählten Fragestellung im Sinne des IBSL auf dem Level des Open Inquiry (vgl. Köster & Galow 2014; Banchi & Bell 2008) – zum Erwerb von Fachwissen und Methodenkompetenz. Zweitens als Entwicklungsforschung und zum Erwerb fachdidaktischer Kompetenz während der Gestaltung und Optimierung eines Lernarrangements für Kinder. Drittens als Unterrichtsforschung und zum Erwerb pädagogischer Kompetenz während der Beobachtung von Kindern im Prozess der Erprobung der Lernumgebungen in komplexitätsreduzierten Lehr-Lern-Labor-Settings. Das eigene Handeln und Lernen wird durch zyklische Reflexionsphasen gerahmt und begleitet.

Die Konzeption und praktische Umsetzung des Lehr-Lern-Labor-Seminars folgt dem Leitbild des Forschenden Lernens, welches vorsieht, dass die Studierenden alle Phasen eines Forschungsprozesses, wie beispielsweise die Formulierung einer Forschungsfrage, die Entwicklung eines methodischen Designs, die Umsetzung sowie die Diskussion der Ergebnisse selbst vollziehen (vgl. Reitinger 2013, S. 187). Die Studierenden arbeiten hierzu

[1] BMBF: https://www.bmbf.de/files/bund_laender_vereinbarung_qualitaetsoffensive_lehrerbildung.pdf

in einer konstruktiv-unterstützenden Lernumgebung, die forscherisches Handeln sowohl bezogen auf geeignete Medien und Materialien als auch auf den Zeitrahmen und die Unterstützung durch die Dozierenden ermöglichen (vgl. Reitinger 2016, S. 42).

Forschungsfragen

Im Rahmen beider Projekte wird u.a. folgenden Fragen nachgegangen: Inwieweit

- sind die Studierenden in der Lage, ein selbst gewähltes naturwissenschaftsbezogenes Phänomen eigenständig zu erforschen und sich dabei relevantes Fachwissen anzueignen?
- gelingt es den Studierenden durch die Transformation des Gelernten auf eine zu gestaltende und ggf. zu optimierende Lernumgebung fachdidaktische Kompetenzen im Hinblick auf das Forschende Lernen zu erwerben?
- erwerben die Studierenden durch die Beobachtung der Aktivitäten von Kindern in der Lernumgebung pädagogische und Reflexions-Kompetenzen, auch bezüglich des eigenen Lernens?

Design und Stichprobenbeschreibung

Die Entwicklung und Evaluation des Lehr-Lern-Labor-Seminars (LLLS) folgt dem Ansatz des Design Based Research (DBR; Reinmann, 2005). Der Aufbau des Seminars gliedert sich grob in fünf Abschnitte, wobei die letzten drei Abschnitte mehrmals durchlaufen werden:

- Vermittlung didaktischer Grundlagen zum Forschenden Lernen (IBSL)
- Eigene fachbezogene Forschung an einem exemplarischen Phänomen im Open Inquiry Setting
- Planung und Gestaltung einer auf das eigene Themenfeld bezogenen Lernumgebung für Grundschulkinder (bzw. Optimierung und Anpassung der Lernumgebung)
- Durchführen eines Praxis-Tests zur Evaluation der Lernumgebung in Hinblick auf die Kriterien des Forschenden Lernens unter Beobachtung der Denk- und Lernprozesse der Kinder (bzw. iterative Erprobung der Lernumgebung)
- Theoriegeleitete Reflexion der Lehr-Lern-Prozesse der Kinder sowie der eigenen Lehrer*innen-Rolle im Hinblick auf gelingendes Forschendes Lernen (bzw. abschließende Reflexionen)

Das Fachwissen wird im Pre-Post-Design erhoben. Hierzu erstellen die Studierenden zu Beginn und zum Ende des eigenen Forschungsprozesses jeweils eine Concept-Map des offenen Typs (Graf, 2014, S. 330). Concept Maps werden als geeignet Methode zur Erfassung individueller Wissensstrukturen sowie deren Veränderungen im Laufe des Wissenserwerbs angesehen (Stracke, 2004, S. 25f). Für die Auswertung wird die qualitative Analyse der Concept Maps nach Kinchin und Hay (2000) angewandt, die auch eine Untersuchung der Qualität der Wissensstrukturen ermöglicht (ebd.; Stracke, 2004, S. 39). Parallel zum Verlauf des LLLS erstellen die Studierenden Portfolios, die die Darstellung des Forschungsprozesses der Studierenden, die didaktische Begründung für sowie die Beschreibung der konzipierten Lernumgebung, die didaktisch begründete Überarbeitung dieser sowie ein Reflexionsessay umfassen (Ziegelbauer et al., 2013). Anhand der Portfolios werden die Entwicklung der fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen bezüglich des IBSL sowie die Ausprägung der Stufen der Reflexionsfähigkeit (nach Abels, 2011, S. 131f) erfasst. Die Auswertung der Portfolios erfolgt mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016).

Ergebnisse:
Die Auswertung erster Concept Maps (N = 12) zeigt, dass eine Weiterentwicklung der fachlichen Wissensstrukturen der Studierenden stattfindet. Wird anfänglich vor allem deklaratives Wissen dargestellt, zeichnen sich zur Post-Erhebung auch konzeptuelles und auch prozedurales Wissen ab. In Hinblick auf den (exemplarischen) Erwerb von Fachwissen scheint das LLLS-Format grundsätzlich wirksam zu sein. Allerdings zeigten einige der im ersten Durchgang angefertigten Portfolios, dass einige Studierende nur schwer Zugang zu den selbst gewählten Forschungsfeldern bzw. zur Untersuchung einer eigenen Fragestellung finden und deshalb z.T. zu wenig Zeit für eine effektive Aneignung des Fachwissens zur Verfügung steht. Aus diesem Grund wurde im nächsten Durchgang im Sinne des DBR-Ansatzes eine Optimierung erprobt, indem die möglichen Wahl-Themenfelder reduziert und zu diesen Themenfeldern bereits zu Beginn des Seminars umfangreiches Material und vielfältige Medien zur Verfügung gestellt werden, sodass die Studierenden direkt mit Explorationen und der Entwicklung von Forschungsfragen beginnen können. Die Erfahrungen zeigen, dass diese Optimierung die Prozesse stark beschleunigt und daher mehr Zeit für effektives Arbeiten gewonnen werden konnte. Erste Analysen der Portfolios führen zu der Annahme, dass die von den Studierenden genannten Begründungen für die von ihnen durchgeführte Optimierung der Lernumgebungen Aufschluss über die Vernetztheit des Fachwissens mit dem fachdidaktischen Wissen sowie über das fachdidaktische Handlungsrepertoire selbst geben können.

Literatur

Abels, S. (2011). LehrerInnen als „Reflective Practitioner“. Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften: Springer

Artmann, M., Herzmann, P., Hoffmann, M. & Proske, M. (2013). Wissen über Unterricht. Zur Reflexionskompetenz von Studierenden in der ersten Phase der Lehrerbildung. In: A. Gehrmann (Hrsg.), B. Kranz, S. Pelzmann & A. Reinartz (Hrsg.): Formation und Transformation der Lehrerbildung. Entwicklungstrends und Forschungsbefunde. Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag, 134-150

Banchi, H., Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. Science and Children, 46 (2), 26-29

Graf, D. (2014): Concept Mapping als Diagnosewerkzeug. In: Krüger, D.; Parchmann, I; Schecker, H. (Hrsg.) (2014). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer Verlag

Kinchin, I. & Hay, D. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. In Educational Research Vol. 42, No.1, 43- 57.

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 3., überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz Juventa

Köster, H. & Galow, P. (2014). Forschendes Lernen initiieren. Hintergründe und Modelle offenen Experimentierens. In: Unterricht Physik 144/2014, 24-26

Labudde, P. & Börlin, J. (2013). Inquiry-Based Learning: Versuch einer Einordnung zwischen Bildungsstandards, Forschungsfeldern und PROFILES. In: S. Bernholt (Hrsg.): Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Jahrestagung in Hannover 2012. Bd. 33. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik. Nordmeier, V., Käpnick, F., Komorek, M., Leuchter, M., Neumann, K., Priemer, B., Risch, B., Roth, J., Schulte, C., Schwanewedel, J., Upmeier zu Belzen, A. & Weusmann, B. (2014): Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore: Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. Unveröffentlichter Projektantrag

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft 33 (2005) 1, 52-69

Reitinger, J. (2013). Forschendes Lernen. Theorie, Evaluation und Praxis in naturwissenschaftlichen Lernarrangements, Immenhausen: Prolog-Verlag

Reitinger, J. (2016). Die Lern- bzw. Studienwerkstatt als Raum für selbstbestimmtes forschendes Lernen. In: S. Schude, D. Bosse & J. Klusmeyer (Hrsg.) (2016). Studienwerkstätten in der Lehrerbildung. Theoriebasierte Praxislernorte an der Hochschule. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, Springer Verlag, 37-53

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

Stracke, I. (2004). Einsatz computerbasierter Concept Maps zur Wissensdiagnose in der Chemie. Empirische Untersuchungen am Beispiel des chemischen Gleichgewichts. Münster: Waxmann Verlag

Ziegelbauer, S., Ziegelbauer, C., Limprecht, S. & Gläser-Zikuda, M. (2013). Bedingungen für gelingende Portfolioarbeit in der Lehrerbildung – Entwicklung eines adaptiven Portfoliokonzepts. In: B. Koch-Priewe (Hrsg.), Portfolio in der LehrerInnenbildung. Konzepte und empirische Befunde. Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag, 112–121

Steffen Smoor Universität Oldenburg
Michael Komorek

Zyklisches Forschendes Lernen im Lehr-Lern-Labor empirisch untersuchen

Die Prozesse Studierender in Lehr-Lern-Laboren sowie die dabei antizipierte Verknüpfung von theoretischen Inhalten aus den fachdidaktischen Veranstaltungen mit praktischen Erfahrungen sind bis dato wenig untersucht. Dennoch eignen sich diese Umgebungen, um die Studierenden zu dem oft geforderten „switch from teaching to learning“ (z.B. Guskin, 1994; KMK, 2014) zu bewegen, da sich Studierende in einer Doppelrolle befinden. Einerseits übernehmen sie gegenüber den Schüler*innen die Funktion einer Lehrkraft. Andererseits sind sie Lerner, und zwar bezogen auf das Verhalten und Denken ihrer Schüler*innen und ihr eigenes Verhalten als Lehrkraft. Die Aufgaben, die sich ihnen stellen, umfassen die Reflexion des eigenen Lehrerhandelns sowie die Verarbeitung der Reaktionen, Handlungen und Kognitionen der Schüler*innen. Durch diese Doppelrolle werden die Studierenden in ihrer Professionalisierung (vgl. Modell von Baumert & Kunter, 2006) unterstützt, die vor allem die Möglichkeit der Anpassung auf die Bedarfe der Schüler*innen beinhaltet.

Adaptive Lehrkompetenz

Diese Adaption des eigenen Lehrerhandelns an die Potentiale der Schüler*innen ist zentral, um erfolgreich Experimentiersituationen im Lehr-Lern-Labor zu planen und durchzuführen. Adaptiv bezieht sich auf die Anpassung der Lehrimpulse an erkannte Lernmöglichkeiten und Lernschwierigkeiten der Schüler*innen. Um sich ideal auf die Lernenden einzulassen, bedarf es dabei Kompetenzen bezüglich des fachlichen Verständnisses, der methodischen Umsetzung einer Erhebung von Lernprozessen und Leistungsständen, der Reflexion der Durchführung und Diagnose sowie der Führung des Unterrichtsgeschehens im Sinne des Classroom-Managements (Beck et al., 2008). Die entwickelte Lehr-Lern-Situation bietet den Studierenden bei reduzierter Komplexität des Classroom-Managements die Freiheit, auf die Prozesse ihrer Schüler*innen zu achten und adressatenorientiert zu reagieren. Dies ist ein wichtiger Aspekt der Professionalisierung (Nordmeier et al., 2014).

Die vorliegende Studie ist Teil eines Verbundprojektes zur Integration von Lehr-Lern-Laboren in die MINT-Lehrerbildung, gefördert durch die Deutsche Telekom Stiftung. Am Oldenburger Standort wird untersucht, inwiefern durch die Nutzung von Lehr-Lern-Laboren das Forschende Lernen der Studierenden entwickelt und kultiviert werden kann. Zu diesem Zweck gestalten Studierende im Lehr-Lern-Labor physiXS Lernumgebungen, die Schüler*innen der Sekundarstufe I dazu anregen, zu experimentieren und die angebotenen Inhalte zu reflektieren. Die Begleitung der Studierenden findet in einem Seminar statt, das durch die gesammelten Erfahrungen deskriptiv-narrativ sowie mit evaluativen Methoden weiterentwickelt wird (Reinmann, 2005). Das Design-Based-Research (Hußmann et al., 2013) erstreckt sich über zwei Forschungszyklen und liefert als Ergebnisse neben denen der empirischen Daten auch ein ausgereiftes Modulkonzept.

Problemstellung der Untersuchung

Studien im Projekt (Komorek, 2015; Mansholt & Komorek, 2016; Smoor & Komorek, 2016; Smoor & Komorek, 2017) zeigen, dass in praxisnahen Studienmodulen Diskrepanzen zwischen den Erwartungen der Lehrenden und der Performanz der Studierenden zu erkennen sind. Die Gründe dafür werden hier diskutiert.

Forschungsmotivation und Entwicklungsaufgaben
Aus der beobachteten Diskrepanz heraus und dem empirischen Desiderat, Lehr-Lern-Labore in ihrer Funktion zu untersuchen, leitet sich der Forschungsbedarf der vorliegenden Studie ab. Die Studierenden strukturieren ihre Lernangebote nicht vorwiegend auf Basis ihres fachdidaktischen Wissens, sondern zu weiten Teilen auf Grundlage ihrer persönlichen Überzeugungen (Mansholt & Komorek, 2015). Basierend auf dem Modell zur professionellen Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006) werden die Forschungsgegenstände hier so gewählt, dass die subjektiven Lerntheorien der Studierenden, die erwartete Struktur ihrer Wissensbestände sowie die Erwartung an ihre Lehrprozesse erfasst werden können. Probleme der Studierenden in dem hier umgesetzten Setting können dadurch entstehen, dass sie zuvor noch nahezu keine Erfahrungen im Umgang mit der Diagnose von Lernprozessen gesammelt haben und somit Schwierigkeiten ausgesetzt sind, den „Forschungsmodus" während der Lehr-Lern-Laborsituation einzunehmen. Dazu werden ihre Forschungshandlungen reflektiert und es wird eruiert, an welchen Stellen die Studierenden den „Lehrmodus" verlassen und in den „Forschungsmodus" gelangen.

Forschungsfragen und Instrumente
Diese Anforderungen an das Forschungsdesign lassen sich in den drei Forschungsfragen bündeln (vgl. Abb. 1):

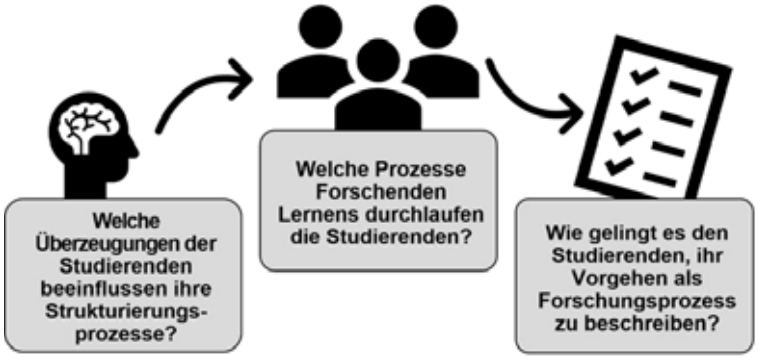


Abb.1: Forschungsfragen der Studie im Lehr-Lern-Labor

Die Studie setzt ein Multi-Method-Design um, worin Interviews, Frage- und Protokollbögen sowie Abschlussberichte zum Einsatz kommen. Dabei ist darauf geachtet worden, dass die qualitativen Datenquellen zu den Erhebungsgegenständen optimale Passung aufweisen. Die Merkmale der Studierenden bezüglich ihrer Lernvorstellungen und der Rolle von Strukturierungen im Lehr-Lern-Labor werden sowohl vor als auch nach der Lehr-Lern-Labor-Situation durch Fragebögen erhoben. In den mit einem Teil der 24 Studienteilnehmer*innen des Master of Education durchgeführten Interviews wird unter anderem auf die Fragebogenitems eingegangen. Um die Prozesse des Forschenden Lernens der Studierenden zu analysieren, wird diese Teilgruppe mit Interviews über mehrere Wochen im Lehr-Lern-Labor begleitet. Bereits während ihrer Planung zuvor haben die Studierenden ihre Entscheidungen mittels Protokollbögen festgehalten. Die Abschlussberichte aller Studierenden bilden Datenmaterial, auf dessen Grundlage die Prozesse der Teilgruppe abgeglichen werden kann. Sie dienen vor allem dem Zweck, zu klären, ob die Studierenden gemäß der dritten Forschungsfrage ihren Prozess als Forschungsprozess gestalten und begreifen können. Hierfür wird die Reflexionstiefe der Abschlussberichte (Abels, 2011) mittels Dokumentenanalyse bestimmt.

Ergebnisse

Bei der Auswertung der Fragebögen zeigt sich, dass einige Studierende kognitive Prozesse ihrer Schüler*innen während der Experimentierphasen nicht erwarten und deswegen auch nicht aktiv unterstützen. Ihre Einstellung korrespondiert damit, dass diese Studierenden den Sinn von Diagnoseaktivitäten nicht nachvollziehen und dadurch diese ertraglos sind oder gänzlich ausbleiben. Außerdem ergibt sich, dass transmissive Vorstellungen vom Lernen, wonach Wissen übergeben und übernommen werden kann, oftmals leitend sind, obgleich die Studierenden explizit angeben, nach konstruktivistischen Sichtweisen zu handeln. Die Untersuchung der Teilprozesse Zyklischen Forschenden Lernens, also die Planung, Durchführung, Diagnose, Reflexion und Adaption von Lernangeboten haben folgende Ergebnisse geliefert: Das vorgeschlagene Planungsraster, das explizit Schülerkognitionen und -handlungen fokussiert, nutzen die Studierenden größtenteils nicht. Während der Durchführung steht ihr eigenes Lehrerhandeln im Fokus. Die bereitgestellten Diagnosetools nutzen sie ausschließlich, um die Leistungsstände ihrer Schüler*innen festzustellen, nicht aber, um die ablaufenden Prozesse der Schüler*innen zu erkennen. Bei der Analyse der Reflexionsprozesse wird deutlich, dass die Studierenden in erster Linie nicht das Problem bei ihren Lernmaterialien oder ihrer Strukturierung des Lernangebots suchen, wenn etwas nicht in beabsichtigter Weise funktioniert. Vielmehr sondieren sie Erklärungen dafür in den Eigenschaften der Schüler*innen, wie ihrem Alter oder ihrer Leistungsfähigkeit. Anpassungen ihres Materials oder Konzepts finden vorwiegend bezogen auf das Zeitmanagement statt und nur selten berücksichtigen sie dabei das Denken, Lernen und Handeln ihrer Schüler*innen. Bezogen auf die dritte Forschungsfrage ist festzustellen, dass die Studierenden große Probleme bei der Rekonstruktion ihrer Erfahrungen als Forschungsprozess haben. Das bedeutet, dass sie wenig Nutzen darin erkennen, mit einer selbstkritischen distanzierten Weise Beobachter*innen der Schüler*innen und der eigenen Person zu sein. Das Hinterfragen von Problemen mit einer Offenheit, die Ursachen nicht allein bei den Schüler*innen sucht, scheint kein leicht erreichbares Ziel zu sein und ist auf keinen Fall trivial.

Konsequenzen für die Curriculumentwicklung

Obwohl der Einsatz von Lehr-Lern-Laboren nicht automatisch Forschendes Lernen hervorruft, sind doch viele Aspekte zu beobachten, die die Professionalisierung von Studierenden in Lehr-Lern-Laboren unterstützen. Einmalige Aktionen führen nicht sehr weit. Vielmehr ist es notwendig und aussichtsreich, Lehr-Lern-Labore an verschiedenen Stellen im Curriculum zu verankern (vgl. Abb. 2). Die Sensibilisierung für Schülerprozesse benötigt Zeit. Sowohl innerhalb eines Moduls muss darauf hingeführt werden, welchen Nutzen es haben kann, sich mit dem Denken von Schüler*innen zu befassen, als auch innerhalb eines Curriculums muss das Lehr-Lern-Labor unterschiedliche Funktionen haben. In einer frühen Phase kann mit kleinen Übungen versucht werden, das Denken und Lernen von Schüler*innen überhaupt wahrzunehmen. In späteren Phasen können Interventionen erprobt und Hypothesen getestet werden. Somit ist ein systematischer Kompetenzaufbau über das Studium hinweg wesentliches Merkmal gut unterstützter Professionalisierung.

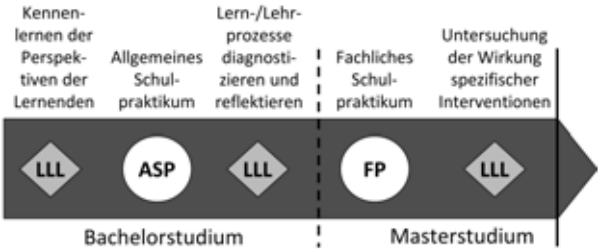


Abb.2: Lehr-Lern-Labor-Curriculum

Literatur

Abels, S. (2011). *LehrerInnen als „Reflective Practitioner“*. Springer Fachmedien.

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

Guskin, A. E. (1994). *Reducing student costs & enhancing student learning part II: Restructuring the role of faculty*. Change: The Magazine of Higher Learning, 26(5), S. 16-25.

Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013) *Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen - Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell*. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.). Der lange Weg zu Unterrichtsdesign – Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Münster: Waxmann.

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 [10.10.2017]

Komorek, M. (2015*)*. Schülerlabore als dynamischer Lernort eines praxisnahmen Lehrerbildung. In: O. Haupt (Hrsg.). *Festschrift 10 Jahr 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, S. 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.

Smoor, S. & Komorek, M. (2016). *Forschendes Lernen von Lehramt Physik-Studierenden im Lehr-Lern-Labor*. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg. S. 494-497.

Smoor, S. & Komorek, M. (2017). *Einfluss epistemischer Überzeugung auf Planungsprozesse im Lern-Labor*. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg. S. 260-263.

Raphael Weß[1]
Burkhard Priemer[1]
Birgit Weusmann[2]
Stefan Sorge[3]
Irene Neumann[3]

[1]Humboldt-Universität Berlin
[2]Universität Oldenburg
[3]IPN Kiel

Veränderung von Lehr-bezogenen SWE im MINT-Lehramtsstudium

Einleitung

Die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) von Lehrkräften wird als wichtiger Einflussfaktor des Unterrichts und damit als bedeutsame Zieldimension der Lehrkräftebildung gesehen (vgl. Bandura, 1977; Tschannen-Moran, Woolfok Hoy & Hoy, 1998). Gerade Praxisphasen (z.B. Praktika) stellen als *mastery experiences* wichtige Elemente in der Professionalisierung von Lehramtsstudierenden dar (Seethaler, 2012; Schwarzer & Jerusalem, 2002; Bandura, 1977). Doch obwohl mittlerweile einiges über die positiven Einflüsse der SWE von Lehrkräften auf den Unterricht bekannt ist, weiß man auch heute relativ wenig über die Entwicklung und Förderung von SWE im Lehramtsstudium (vgl. Klassen, Tze, Betts & Gordon, 2011). Darüber hinaus sind die verfügbaren Messinstrumente nicht auf die Zielgruppe der Studierenden passgenau zugeschnitten (vgl. Klassen et al., 2011). Dies führte zu einer Vielzahl von uneinheitlichen Ergebnissen zur Entwicklung der SWE im Lehramtsstudium (vgl. Schüle et al., 2016; Krofta & Nordmeier, 2014; Woolfolk Hoy & Spero, 2005). Zum anderen liegen nur wenige Befunde zum Zusammenhang zwischen SWE und Lehre mit Praxisphasen vor (vgl. Gröschner et al., 2015).

Die vorliegende Studie untersucht daher die Veränderung der Lehr-bezogenen SWE im Verlauf der universitären MINT-Lehrkräftebildung unter Einfluss von Praxisphasen in einem realen und einem Quasilängsschnitt.

Forschungsfragen

- Wie entwickeln sich die lehr-bezogenen SWE MINT-Lehramts-Studierender über die Studienjahre (Quasilängsschnitt von Beginn bis Ende des Studiums)?

- Welchen Einfluss hat die Absolvierung mindestens eines Schulpraktikums auf die lehr-bezogenen SWE?

- Wie verändern sich die lehr-bezogenen SWE durch die (unmittelbare) Teilnahme an einem praxisbezogenen Seminar (Quasi- und realer Längsschnitt)?

Methoden

Zu Beginn des Sommersemesters 2016 wurden an sechs Universitäten (aus dem von der Deutsche Telekom Stiftung geförderten Entwicklungsverbund „Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore“) N = 1165 Studierende eines MINT-Lehramts zu verschiedenen Zeitpunkten des Bachelor- und Masterstudiums zu ihren SWE für einen Quasilängsschnitt befragt. Für den realen Längsschnitt, bei dem der Fragebogen in den Lehrveranstaltungen dreier Schülerlabore eingesetzt wurde, konnte eine Fallzahl von N = 56 erreicht werden.

Die SWE wurden mit einem Fragebogen erhoben, der drei SWE-Skalen in den Unterrichtsbereichen *Planung* [PL] (7 Items, $\alpha = .72$), *Durchführung* [DU] (8 Items, $\alpha = .74$) und *Reflexion* [RE] (10 Items, $\alpha = .79$) enthielt. Die Annahme des dreifaktoriellen Modells gegenüber einem einfaktoriellen Modell der SWE wurde mit Hilfe einer konfirmatorischen

Faktorenanalyse (CFA) untersucht (Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2013; Brown, 2006; Henson & Roberts, 2006). Das einfaktorielle Modell zeigt nach den Kriterien von Scherer keinen akzeptablen Modellfit, das dreifaktorielle Modell hingegen weist einen akzeptablen Fit auf (vgl. Scherer, 2011; siehe Tab. 1). Dies wird als Beleg für die empirische Trennbarkeit der drei Subskalen angenommen.

Tab. 1: Vergleich des einfaktoriellen und dreifaktoriellen Modells mittels CFA

Modell	χ^2	**df**	**p**	**CFI**	**RMSEA**	**SRMR**
Einfaktoriell	1453.9	275	<.001	.700	.064	.063
Dreifaktoriell	707.5	267	<.001	.902	.037	.038

Ebenfalls wurde die Messinvarianz bezüglich der beiden Teilgruppen Bachelor- und Master-Studierende überprüft, wobei diese nur bei der Teilskala *Planung* gegeben ist. Sowohl für die Teilskala *Durchführung* als auch die Teilskala *Reflexion* ist die Messinvarianz verletzt.

Ergebnisse

Hinsichtlich der ersten Forschungsfrage lässt sich feststellen, dass Studierende in den drei erhobenen Bereichen ihre SWE zuversichtlich einschätzen (siehe Abb. 1). Bezogen auf die Planung lässt sich keine signifikante Veränderung im Studienverlauf feststellen. Die anderen beiden Skalen wurden aufgrund der Verletzung der Messinvarianz nicht auf Veränderungen hin geprüft.

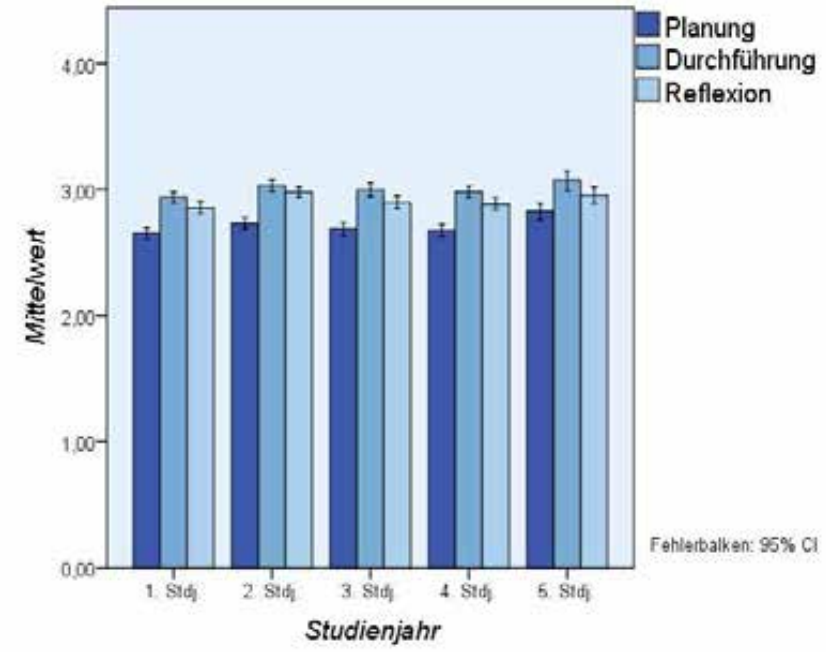


Abb. 1: Verlauf der SWE in Abhängigkeit vom Studienjahr (N = 1165)

In Bezug auf die zweite Forschungsfrage lässt sich feststellen, dass Studierende mit Praktikumserfahrung ihre SWE in den drei Bereichen nicht signifikant höher einschätzen als Studierende ohne Praktikumserfahrung (siehe Tab. 2). Lediglich die SWE zur *Reflexion* steigen nach der Absolvierung mindestens eines Praktikums signifikant an, aber hier lässt sich nach Cohen kein bedeutsamer Effekt (d = .19) nachweisen.

Tab. 2: Einschätzung SWE in Abhängigkeit von der Absolvierung mind. eines Praktikums

Modell	$M_{MitPrak}$	$M_{OhnePrak}$	**t**	**df**	**p**
Planung	2.71	2.66	- 1.66	1174	.097
Durchführung	3.01	2.96	- 1.87	1166	.061
Reflexion	2.93	2.86	- 2.64	1168	.008

Bei der Beantwortung der dritten Forschungsfrage zeigte sich im Quasilängsschnitt, dass Studierende welche mind. ein praxisbezogenes Seminar besucht haben, ihre SWE in den drei Bereichen nicht signifikant höher einschätzen als Studierende, die ein solches Seminar noch nicht besucht haben. Jedoch zeigt sich im realen Längsschnitt ein anderes Bild: Die SWE von Seminarteilnehmer*innen eines Lehr-Lern-Labors steigen im Prä-Post-Vergleich (ein Semester) bei *Planung* (M_{PL-1} = 2.71; M_{PL-2} = 2.91; t(54) = - 3.11, p = .003) und *Reflexion* (Md_{RE-1} = 2.80; Md_{RE-2} = 2.95; asympt. Wilcoxon-Test: U = - .196, p = .05, N = 56) signifikant an mit mittleren Effekten (d_{PL} = .41; r_{RE} = .26).

Diskussion

Eine erste Auffälligkeit stellt die durchweg positive Einschätzung der Studierenden ihrer SWE über alle drei Unterrichtsbereiche dar. Studierende neigen dazu, ihre eigenen Fähigkeiten als hoch einzuschätzen, wie auch schon in der Theorie für andere Kompetenzen in Praxissituationen vermutet wurde (vgl. Hascher, 2012). Mit Blick auf die SWE ist es generell als gut zu bewerten, wenn Studierende ihre Kompetenzen etwas höher einschätzen, als sie tatsächlich sind (vgl. Schwarzer & Jerusalem, 2002). Jedoch muss man berücksichtigen, dass eine Überschätzung auch nicht sinnvoll ist (vgl. Schulte, 2008). Die tatsächlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten hinsichtlich der Durchführung, Planung und Reflexion von Lernsequenzen wurden in diesem Fragebogen aber nicht erhoben, so dass keine Aussagen zur Angemessenheit der SWE möglich sind.

Hinsichtlich der SWE im Bereich *Planung von Lernsequenzen* lässt sich kein signifikanter Unterschied im Studienverlauf feststellen. Durch die Verletzung der Messinvarianz bei den Skalen *Durchführung* und *Reflexion* ist hier ein Vergleich der SWE zwischen den Studienjahren nur unter Einschränkungen möglich. Wir können daraus aber folgern, dass sich die erhobenen latenten Konstrukte im Studienverlauf ändern. Eine Identifizierung der kritischen Items, die als Quelle der Verletzung der Messinvarianz vorliegen, und die Herstellung einer partiellen Messinvarianz der Skalen stehen noch aus.

Durch den realen Längsschnitt konnte gezeigt werden, dass die Lehrveranstaltungen in Schülerlaboren positive Effekte auf die SWE hinsichtlich der Planung und Reflexion haben. Dass diese Effekte im Quasilängsschnitt nicht reproduziert werden konnten, lässt sich vermutlich durch einen unterschiedlichen Bezugsrahmen der Studierenden begründen: Während im realen Längsschnitt bezogen auf das spezifische Lehr-Lern-Labor eine situationsbezogene Selbsteinschätzung von SWE erhoben wurde, weicht diese bei einem Quasi-Längsschnitt einer allgemeineren Selbsteinschätzung. Durch einen Blick in Curricula und die konkrete Ausgestaltung der einzelnen Veranstaltungen kann es darüber hinaus möglich werden Handlungsoptionen zur Förderung der SWE in den drei Bereichen *Planung*, *Durchführung* und *Reflexion* zu generieren.

Literatur

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. Psychological Review, 84(2), 191–215.

Brown, T.A. (2006). Confirmatory Factor Analysis for Applied Research. New York: Guilford Press.

Eid, M., Gollwitzer, M., & Schmitt, M. (2013). Statistik und Forschungsmethoden (3. Auflage). Weinheim: Beltz.

Gröschner, A. et al. (2015). Praxisphasen in der Lehrerausbildung – Eine Strukturanalyse am Beispiel des gymnasialen Lehramtsstudiums in Deutschland. Erziehungswissenschaft, 18, 639–665. doi:10.1007/s11618-015-0636-4.

Hascher, T. (2012). Lernfeld Praktikum – Evidenzbasierte Entwicklungen in der Lehrer/innenbildung. Zeitschrift für Bildungsforschung, 2, 109–129.

Henson, R.K., & Roberts, J.K. (2006). Use of Exploratory Factor Analysis in Published Research. Common Errors and some comment on improved practice. Educational and Psychological Measurement, 66(3), 393–416. doi: 10.1177/0013164405282485

Klassen, R., Tze, V. C., Betts, S., & Gordon, K. (2011). Teacher efficacy research 1998 – 2009: signs of progress or unfulfilled promise? Educational Psychology Review, 23, 21–43.

Krofta, H. & Nordmeier, V. (2014). Bewirken Praxisseminare im Lehr-Lern-Labor Änderungen der Lehrerselbstwirksamkeitserwartung bei Studierenden? In PhyDidB, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Frankfurt 2014. Zuletzt aufgerufen am 04.07.2017 unter http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/584

Scherer, R. (2011). Analyse der Struktur, Messinvarianz und Ausprägung komplexer Problemlösekompetenz im Fach Chemie. Humboldt-Universität Berlin. 281.

Schulte, K. (2008). Selbstwirksamkeitserwartungen in der Lehrerbildung. Georg-August Universität zu Göttingen. 115.

Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 44, 28–53.

Schüle, C., Besa, K.S., Schriek, J., Arnold, K.H. (2016). Die Veränderung der Lehrerselbstwirksamkeitsüberzeugung in Schulpraktika. Zeitschrift für Bildungsforschung. 1-18. doi: 10.1007/s35834-016-0177-9

Seethaler, E. (2012). Selbstwirksamkeit und Klassenführung. Eine empirische Untersuchung bei Lehramtsstudierenden. Universität Passau. 215.

Tschannen-Moran, M, Woolfolk-Hoy, A. & Hoy, W. K. (1998). Teacher Efficacy: Its Meaning and Measure. Review of Educational Research, 68, 202–248.

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, 343-356

Daniel Rehfeldt Freie Universität Berlin
Christiane Klempin
Volkhard Nordmeier

Ergebnisse fächerübergreifender Praxisrelevanz und Reflexionskompetenz in Lehr-Lern-Laboren

Hintergrund: wahrgenommene Praxisrelevanz und Reflexionskompetenz

Lehramtsstudierende sehen oftmals die theoretischen Studieninhalte als zu wenig praxisrelevant für ihre spätere Tätigkeit als Lehrer*in an (Makrinus, 2013, S. 13). Die wahrgenommene Praxisrelevanz steht allerdings in einem starken Zusammenhang mit intrinsischer Motivation (Prenzel & Drechsel, 1996). Die oftmals bei Studierenden beobachtete »Praxisfixierung« (Hascher, 2005) steht zudem im Widerspruch dazu, dass Studierende die Erkenntnisse fachdidaktischer Theorien wertschätzen, um sie dann auch in ihre didaktischen Überlegungen und Lehrhandlungen zu implementieren.

Reflexionskompetenz wird als Schlüsselqualifikation für Lehramtsstudierende und zukünftige Lehrer*innen angesehen (GFD, 2004, S. 4). In Anbindung an Schädlich (2015) zeigt sich reflexive Handlungskompetenz daran, »dass Studierende in der Lage sind, vor dem Hintergrund fachdidaktischer und curricularer Texte (Theorien) zu planen und durchzuführen sowie dabei die Relevanz dieser Texte für die individuellen und komplexen Erfahrungen in der Handlungssituation (Praxis) explizierend diskutieren zu können. Erkennbar wird reflexive Handlungskompetenz in der Performanz rückblickend versprachlichter Handlungslogiken […]« (ebd., S. 258).

Vor diesem Hintergrund wird im Rahmen einer Studie im Projekt K2teach sowohl die wahrgenommene Praxisrelevanz der theoretischen Inhalte in fachdidaktischen Anteilen des Lehramtsstudiums untersucht als auch die Entwicklung der Reflexionskompetenz durch den Besuch fachdidaktischer Lehrformate empirisch nachvollzogen.

Besonderer Fokus liegt hierbei auf den in den Fächern Physik, Geschichte, Englisch und Sachunterricht implementierten sog. Lehr-Lern-Labor-Seminaren (Rehfeldt et al., 2017). Dieses Lehrformat weist einen eindeutigen theoretischen Fokus auf, ist aber angereichert mit reflektierter Praxis in einem (iterativen) Lehr- und Lernsetting.

Das Konzeptionsmodell (Rehfeldt et al., 2017) für die fächerübergreifend gleichartig gestalteten Lehr-Lern-Labor-Seminare (kurz: LLLS) bildete hierbei die Blaupause für das Seminarkonzept. Somit lassen sich die Erhebungsdaten aus den vier LLLS kumulieren, um auch fächerübergreifende Aussagen zur Güte des Seminarkonzepts bzw. zur Wirkung desselben treffen zu können.

Bedeutung von Reflexivität für die Lehramtsausbildung und Forschungskonzeptualisierung von didaktischer Reflexionstiefe

Ein reflexiver Lehrhabitus kann dazu führen, dass zukünftige Lehrer*innen im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses ihre eigene Lehrrealität stets immer wieder neu hinterfragen und optimieren. Dabei kann u. U. Nichtwissen durch Reflexion kompensiert werden (Schüßler, 2008, S. 1). Das »Handwerkszeug« (ebd.) für einen erfolgreichen Reflexionsprozess werde im Studium (bislang) allerdings meist nur implizit erlernt.

Aufgrund der Verschiedenheit der Untersuchungsgruppen, der fachdidaktischen Inhaltsdimensionen, der Erhebungsinstrumente sowie der Intervention, mussten von den Verfassern an den Abel‘schen Stufenmodellierungen (2011) Adaptionen vorgenommen werden. So liegt der Erfassung didaktischer Reflexionstiefe bisher eine vierstufige Modellierung zugrunde, die die folgenden Reflexionsstufen differenziert: (1) Impulsive

Reflexion, (2) Investigatives Problemlösen, (3) Produktives Problemlösen und (4) Kognitivierte Reflexion.

Forschungsfragen

1. Wie beurteilen Lehramtsstudierende die Praxisrelevanz der Lehr-Lern-Labor-Seminare im Vergleich zu anderen universitären Lehrformaten?
2. Wie entwickelt sich die Reflexionskompetenz von Lehramtsstudierenden durch den Besuch eines nach dem Konzeptionsmodell erstellten Lehr-Lern-Labor-Seminars?

Methode

Die von den Studierenden wahrgenommene Relevanz der theoretischen, fachdidaktischen Inhalte der LLLS für die Praxis konnte über eine adaptierte Ratingskala nach Prenzel & Drechsel (1996) erhoben werden. Diese wurde für den neuen Kontext zuvor mit adaptierten Formulierungen versehen und mittels kognitiver Interviews zusätzlich validiert. Die Skala enthält Aussagen zur Relevanz der Inhalte für die spätere Lehrpraxis, für praktische Studienanteile und auch für die Planung von Unterricht.

Die PRE-Erhebung fand je in der ersten Semesterwoche (Sommersemester 2016 und Wintersemester 2017/18) der LLLS statt. Hierbei wurden die Items der oben beschriebenen Skala auf das »bisherige Studium« bezogen, um später eine Kontrastierung der Praxisrelevanz vornehmen zu können. Die POST-Erhebung fand jeweils in der vorletzten oder letzten Semesterwoche statt. Hierbei lag der Fokus dann auf dem erlebten LLLS.

Für die Auswertung der Daten wurden fehlende Werte durch multiple Imputation (.R: mice) ersetzt. Auf Grund der bisher noch zu geringen Stichprobe für eine adäquate Kovarianzanalyse im Rahmen von latenten Strukturgleichungsmodellen ($N << 300$) wurde als erste Auswertungsmethode forschungspragmatisch der t-Test für verbundene Stichproben gewählt. Die vorläufigen Ergebnisse sind vor dem Hintergrund etwaiger Auswirkungen des quasi-experimentellen Designs vorsichtig zu interpretieren.

Das Datenmaterial zur Erfassung von Reflexionskompetenz wurde über schriftliche, offene Diskursvignetten (Rehm, 2016) zum fachspezifischen, fachdidaktischen Schwerpunkt gewonnen. In der Englischdidaktik handelte es sich um die Reflexion eines Sprechförderkontextes in englischer Sprache, Studierende in physikdidaktischen LLLS erhielten die Aufgabe, eine Situation mit Schülervorstellungen zu reflektieren.

Zunächst wurden die schriftlichen Vignettenprodukte der Studierenden im double-blind-Verfahren inhaltsanalytisch (Kuckartz, 2017) kodiert. Die didaktische Reflexionstiefe wurde dann über das vierstufige Reflexionsmodell (s. o.) durch Stufenzuordnung der Vignetten erfasst. Dabei wurden die Stufen 1–4 vergeben. Da die Stufen reflexiven Schreibens unabhängig von der Fachdisziplin vergeben werden, wurde lediglich die didaktische Reflexionstiefe (und bisher noch nicht die Reflexionsbreite, vgl. Leonhard et al., 2010) erfasst. Die weitere Auswertung erfolgte auf Grundlage der qualitativ vergebenen Reflexionsstufe quantitativ durch Mittelwertbildung. Daran schloss die Exploration mittels t-Test für verbundene Stichproben an.

Ergebnisse und Interpretation

Abbildung 1 (links) zeigt die Ergebnisse für die wahrgenommene Relevanz der theoretischen Lerninhalte der LLLS für die Praxis ($N = 160$). Es zeigt sich, dass die Praxisrelevanz des bisherigen Studiums ($M = 3.69$, $SE = 0.07$) als signifikant geringer bewertet wird als die Praxisrelevanz der LLLS ($M = 4.58$, $SE = 0.06$). Dies entspricht mit Cohens $d = 1.05$ [CI: 0.86; 1.24] einem auch im Rahmen des Konfidenzintervalls großen Effekt.

Der Vergleich der Entwicklung der Reflexionstiefe ($N_{LLLS} = 50$, $N_{Control} = 31$) in Abbildung 1 (rechts) zeigt, dass sowohl LLLS ($M_{PRE} = 2.28(0.09)$, $M_{POST} = 3.26(0.10)$), als auch die betreffende Kontrollgruppe ($M_{PRE} = 1.97(0.09)$, $M_{POST} = 2.32(0.14)$) einen Zuwachs an

Reflexionstiefe durch das von ihnen besuchte Seminar verzeichnen können. Der Zuwachs ist für LLLS mit d = 1.07 [CI: 0.65; 1.50] im Mittel allerdings höher als für das Theorieseminar der Kontrollgruppe (d = 0.50 [CI: 0.02; 1.02]). Im Rahmen der Konfidenzintervalle überlappen allerdings die Effektstärken. Die dargestellten Daten betreffen zunächst nur die Englischdidaktik, Daten der Physikdidaktik aus dem Sommersemester 2017 befinden sich noch in Auswertung.
Beide Ergebnisse zeigen, unter Vorbehalt einer Analyse der Kovariaten, dass das Lehrformat LLLS nach dem Konzeptionsmodell nach Rehfeldt et al. (2017) die gesetzten Ziele erfüllt. Die von Studierenden geforderte Praxisrelevanz der theoretischen Inhalte erreicht für LLLS deutlich höhere Ausprägungen als für die bisherige Studienerfahrung der teilnehmenden Lehramtsstudierenden.

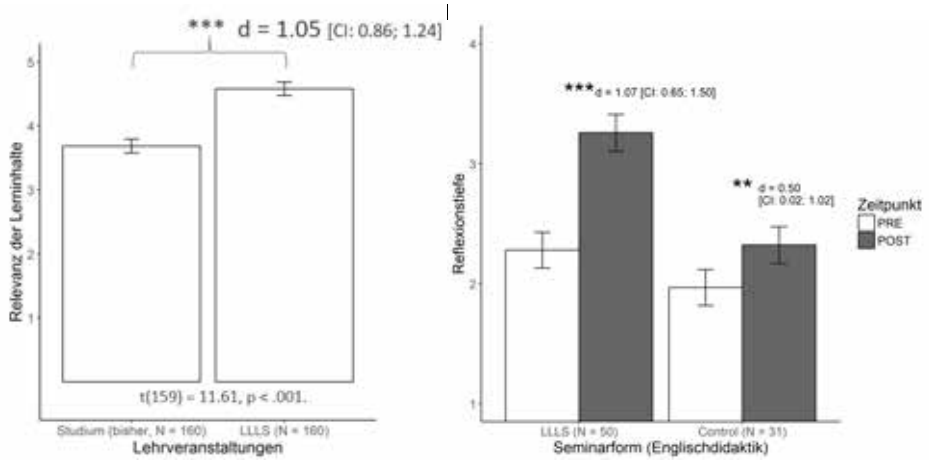


Abb. 1:
***links**: Praxisrelevanz der Inhalte von Lehr-Lern-Labor-Seminaren, kontrastiert mit dem bisherigen Studium. Die Skala reicht von 1 – trifft gar nicht zu bis 6 – trifft völlig zu.*
***rechts**: Erhöhung der Reflexionstiefe (aufsteigend von 1 bis 4) der Studierenden. Die Untersuchungsgruppe besuchte das LLLS, die Kontrollgruppe ein Theorieseminar gleichen Inhalts und Zielsetzung bei einer praxiserfahrenen Lehrkraft.*

Die von der GFD (2004) geforderte Fähigkeit zur Unterrichtsreflexion wird durch die LLLS ebenso positiv gefördert und erreicht hohe Zuwächse, auch im Vergleich zu regulären Theorieseminaren der Fachdidaktik Englisch. Die Forschungsfragen können demnach mit obig genannter Vorsicht beantwortet werden:

1. Die Praxisrelevanz der theoretischen Inhalte der LLLS übertrifft die Praxisrelevanz bisheriger Lehrformate bei weitem.
2. Die Reflexionstiefe der Lehramtsstudierenden wird stark gefördert.

Ausblick
Bis zum Sommersemester 2018 werden weitere LLLS-Durchläufe in den verschiedenen Fachdidaktiken durchgeführt, sodass die Daten weiter kumuliert werden können, um gegen Ende 2018 ein umfassendes Bild der Zusammenhänge und Wirkungen des Besuchs eines LLLS nach unserem Konzeptionsmodell zu erhalten.

Das Projekt *K2teach* wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Abels, S. (2011). LehrerInnen als „Reflective Practitioner“. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

GFD e.V. (2004). KERNCURRICULUM FACHDIDAKTIK. Orientierungsrahmen für alle Fachdidaktiken. Kassel.

Hascher, T. (2005). Die Erfahrungsfalle. Journal für LehrerInnenbildung, 5 (1), 39–45.

Leonhard, T. (2013). Portfolioarbeit zwischen Reflexion und Leistungsbewertung. Empirische Befunde zur Messbarkeit von Reflexionskompetenz. In B. Koch-Priewe, T. Leonhard, A. Pieneker & J.C. Störtländer (Hrsg.), Portfolio in der LehrerInnenbildung. Konzepte und empirische Befunde (S. 180–192). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Makrinus, L. (2013). Der Wunsch nach mehr Praxis: zur Bedeutung von Praxisphasen im Lehramtsstudium (Studien zur Schul- und Bildungsforschung). Wiesbaden: Springer.

Rehfeldt, D., Klempin, C., Seibert, D., Mehrtens, T. & Nordmeier, V. (2017). Fächerübergreifende Wirkungen von Lehr-Lern-Labor-Seminaren: Adaption für die Fächergruppen Englisch, Geschichte und Sachunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung 2016. Kiel: IPN.

Rehm, M. (2016): Vortrag in den »Lauben Lectures«: Vortragsreihe K2teach - Qualitätsoffensive Lehrerbildung an der Freien Universität Berlin zum Thema »Professionalisierung naturwissenschaftlicher Lehrkräfte. Der Einsatz von Unterrichtsvignetten im Bereich der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung«.

Prenzel, M. & Drechsel, B. (1996). Ein Jahr kaufmännische Erstausbildung: Veränderungen in Lernmotivation und Interesse. Unterrichtswissenschaft, 24 (3), 217–234.

Schädlich, B. (2015). Fachpraktika im Master of Education Französisch aus der Perspektive der Studierenden: Ein Beitrag zur Entwicklung reflexiver Handlungskompetenz? Zeitschrift für Fremdsprachenforschung, 26 (2), 255–285.

Schüßler, I. (2008). Reflexives Lernen in der Erwachsenenbildung – zwischen Irritation und Kohärenz. Bildungsforschung, 5 (2), 1–23.

Jenny Meßinger-Koppelt[1]
Sascha Schanze[2]
Jorge Groß[3]

[1]Joachim Herz Stiftung
[2]Leibniz Universität Hannover
[3]Otto-Friedrich-Universität Bamberg

Digitalisierung und Bildung in der Naturwissenschaftsdidaktik

Digitale Ressourcen wie Computer, interaktive Whiteboards, Smartphones oder Tablets bieten großes Potenzial, um den naturwissenschaftlichen Unterricht zu bereichern. Zudem besitzen Lernende aus der alltäglichen Anwendung zunehmend Vertrautheit mit Smartphones und Tablets. Trotzdem rangiert Deutschland nach Studien wie z. B. ICILS im Vergleich zu anderen Ländern deutlich im Hinterfeld, wenn nach dem Einsatz von Computern im Schulunterricht gefragt wird (Bos et al., 2014). Das bloße Wissen um die Bedienung digitaler Medien allein und ein alltäglicher Umgang in lebensweltlichen Situationen ist für einen kompetenten Einsatz zu Lern- und Erkenntniszwecken nicht ausreichend (z. B. Mühling & Allert, in Druck).

Welcher Mehrwert kann mit digitalen Werkzeugen in einem naturwissenschaftlichen Unterricht wirklich erzielt werden? Welche Erfahrungen und Ergebnisse liegen aus den Fachdidaktiken naturwissenschaftlicher Fächer vor? Warum fließen diese Erkenntnisse nicht stärker in die Praxis? Und kann ein verbesserter Austausch und eine Bündelung von vielversprechenden Vorhaben diesen Fluss verbessern? Diese und weitere Fragen waren Ausgangspunkt für einen intensiven Erfahrungsaustausch im Rahmen einer gemeinsamen Schwerpunkttagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) und der Fachgesellschaft der Didaktik der Biologie (FDdB) im November 2016 an der Universität Hannover. Am Abschluss der Tagung stand der Wunsch der Teilnehmenden die verschiedenen theoriebasierte Zugänge und Beispiele guter Praxis zur Digitalisierung und Bildung in der Naturwissenschaftsdidaktik einem breiten Fachpublikum vorzustellen – im Rahmen eines Postersymposiums der GDCP-Jahrestagung 2017 in Regensburg. Nachfolgend werden die dort vorgestellten Projekte und Vorhaben kurz umrissen. Die ausführlichen Beiträge finden sich in den nachfolgenden Kapiteln in diesem Tagungsband

Die einzelnen Beiträge lassen sich zu drei Schwerpunkten bündeln:
- Einsatz digitaler Werkzeuge in der Lehramtsausbildung
- Unterstützung von Lernprozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht
- Studien zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterricht

Einsatz in der Lehramtsausbildung
Mit der KMK-Forderung an die Ausbildungsstätten, sich den Herausforderungen einer Bildung in der digitalen Welt zu stellen (KMK, 2016) wird auch die Bedeutung geeigneter Module für die Lehrerbildung immer wichtiger. Digitale Werkzeuge können dabei in der Ausbildung angehender (Naturwissenschafts-)Lehrkräfte sowohl Vermittlungswerkzeug sein und so neue Lehr- und Lernformen schaffen als auch selbst zum Lerngegenstand werden. Entsprechend vielfältig sind die einzelnen hier vorgestellten Beiträge. So zeigen Fleischer und Nerdel, wie die eigenständige Erstellung von Videotutorials zur Stoff- und Teilchenebene einerseits bei der Erklärung thematischer Zusammenhängen helfen und andererseits beispielsweise das Einhalten von Gestaltungsprinzipien lehren soll. Mahler, Arnold und Mühling stellen eine fächerübergreifende Lerngelegenheit vor. Hier entwickeln Studierende des Lehramts Biologie und Informatik gemeinsam eine App zu Fragstellungen aus der Biologie. Wie digitale, multimediale Materialien die Methode des Inverted Classroom im Lehramtsstudium Chemie bereichern können, wird im Beitrag von Borchert,

Egthessad und Höner dargelegt. Ulrich und Schanze zeigen mit ihrem Beitrag „Chemiedidaktik im digitalen Klassenzimmer“, wie der reflektierte Einsatz von Tablets angehenden Lehrkräften erfolgreich nähergebracht werden kann. Zudem stellen Kuhn, Klein, Gröber und Müller ein Konzept zum Einsatz von videobasierten Aufgaben in einer Lehrveranstaltung zur Experimentalphysik sowie dessen Lernwirksamkeit vor. Hoyer und Girwidz beschreiben die physikspezifische Umsetzung verschiedener multimedialer Gestaltungsrichtlinien. Den Mehrwert im Lernprozess erläutern sie anhand verschiedene konkreter Beispiele.

Unterstützung von Lernprozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Untersuchung der Frage, wie digitale Werkzeuge gewinnbringend im (naturwissenschaftlichen) Unterricht eingesetzt werden und wie dadurch Lernprozesse unterstützt werden können, ist Gegenstand verschiedener Projekte in der fachdidaktischen Forschung. Greinert und Weßnigk beschäftigen sich beispielsweise mit dem Einsatz von Infrarotkameras im Kontext von Energieentwertungsprozessen. Hier wird untersucht, welchen Einfluss der Einsatz dieser Geräte auf den Lernerfolg hat. Meier und Kastaun stellen in ihrem Beitrag DiVox vor, eine interdisziplinäre App für den experimentellen Unterricht, die Schülerinnen und Schülern als Lern-/ Arbeitsinstrument dient und von Lehrkräften als Planungsinstrument verwendet werden kann. Wie Tablet-PCs als Lernwerkzeug zur Bewegungsanalyse im Mechanikunterricht der Sekundarstufe II eingesetzt werden können, zeigen Becker, Klein, Gößling und Kuhn. Zusätzlich bieten digitale Medien auch eine Reihe von Einsatzszenarien, die über rein fachspezifische Anwendungen hinausgehen, beispielweise zu Feedback und Guidance. Richtberg und Girwidz analysieren in ihrem Beitrag das Potential für den naturwissenschaftlichen Unterricht aus didaktischer Sicht, bieten einen Überblick über aktuell verfügbare Tools und zeigen konkrete Einsatzmöglichkeiten die illustrieren, wie Erkenntnisse kognitivistischer Theorien multimedialen Lernens in die Gestaltung digitaler Lernmaterialien münden.

Studien zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterricht

Viele nationale und internationale Studien zu digitalen Medien im Unterricht fragen nach Ausstattung von Schulen, Einsatzhäufigkeiten oder der Akzeptanz der Medien bei Lehrkräften. Die Frage nach der Funktion der Medien im Lernprozess steht nicht im Fokus. Hier setzt des Vorhaben von Ostermann und KollegInnen an: Sie untersuchen, welche Medien Lehrkräfte nutzen und wofür – mit Fokus auf den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht. Einblicke, wie und wofür Schülerinnen und Schüler bzw. Lehrkräfte das Physik-Portal LEIFIphysik nutzen, geben die Ergebnisse einer Nutzerbefragung, die Meßinger-Koppelt und Richtberg in ihrem Beitrag vorstellen.

Die im Rahmen dieses Symposiums vorgestellten Beiträge spannen mit Beispielen guter Praxis einen Bogen der Vielfalt auf, in dem das Thema Digitalisierung im naturwissenschaftlichen Unterricht gesehen werden kann und muss. Sie decken aber auch in vielen Bereichen nach wie vor bestehende Desiderate auf, die es für die Zukunft notwendig machen, interdisziplinär den Prozess der Digitalisierung zu intensivieren. Die Schwerpunkttagung, die in Meßinger-Koppelt, Schanze und Groß (2017) dokumentiert wurde, und das aus der Tagung resultierende Postersymposium sehen wir dafür als einen sehr guten Beitrag über die naturwissenschaftsdidaktischen Gesellschaften hinweg.

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: Waxmann.

Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S. & Groß, J. (Hrsg.). (2017). *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer.* Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

KMK (2016). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz 8.12.2016

Mühling, A. & Allert, H. (in Druck). *Medienbedienung gleich Mediennutzung?!* In M. Ropohl, A. Lindmeier, H. Härtig, L. Kampschulte, A. Mühling & J. Schwanewedel (Hrsg.). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Timo Fleischer Technische Universität München
Claudia Nerdel

Videotutorials als Lehr-Lernmedium in der Chemiedidaktik

Theoretischer Hintergrund

Die Digitalisierung in Form von Internet und Tablet hat mittlerweile fast alle Lebensbereiche erreicht. Um in Beruf und Alltag bestehen zu können, müssen insbesondere (angehende) Lehrkräfte den Umgang mit diesen digitalen Medien beherrschen (Hanekamp, 2014; Monitor Lehrerbildung, 2016). Die Basis für das Arbeiten mit diesen Medien wird unter anderem an den Schulen und Universitäten gelegt. Das bedeutet, dass die digitale Medienbildung an Schulen und somit auch in der Lehrerbildung immer bedeutsamer wird. Zu beachten ist dabei allerdings, dass der Einsatz dieser innovativen Medien nur in Kombination mit guten fachdidaktischen Konzepten erfolgreich sein kann (Hanekamp, 2014; Monitor Lehrerbildung, 2016).

Mit Blick auf das Unterrichtsfach Chemie, bereitet vielen Lernenden der Übergang von der Stoff- zur Teilchenebene große Schwierigkeiten (Talanquer, 2011). Damit dieser Ebenenwechsel plausibel wird, können Lernvideos erstellt werden. Gemäß Johnstone (1993) gibt es in der Chemie drei verschiedene Ebenen. Die Stoffebene (makroskopische Ebene), die Teilchenebene (submikroskopische Ebene) und die Repräsentationsebene (symbolische Ebene) (Johnstone, 2000, 2006). Jedoch wird in der Forschung die Existenz einer eigenen Repräsentationsebene kontrovers diskutiert, da sich diese auch in die Teilchenebene integrieren lässt (Hoffmann & Laszlo, 1991; Talanquer, 2011). Da dieser Ansatz auch von den Autoren dieses Beitrags favorisiert wird, wird im Folgenden nur noch von der Stoff- und Teilchenebene gesprochen. Makroskopische Phänomene der Stoffebene (z.B. chemische Reaktionen) werden mit Hilfe der Teilchenebene erklärt. Weil die zur Erklärung erforderlichen Teilchen (z. B. Moleküle, Protonen, Elektronen) nicht sichtbar sind, werden diese durch chemische Modelle bzw. Repräsentationen dieser Modelle visualisiert, damit die Phänomene der Stoffebene mithilfe der Repräsentationen erklärt werden können (Talanquer 2011; Treagust et al., 2003). Durch die Existenz dieser verschiedenen Ebenen, gilt insbesondere die Chemie als schwieriges und eher abstraktes Unterrichtsfach. Häufig liegt dies an der fehlenden Abstraktionsfähigkeit, die aber erforderlich ist, um chemische Phänomene mit Hilfe der nicht sichtbaren Teilchenebene zu erklären (Urbanger & Kometz, 2016; Talanquer 2011). Diese Fähigkeit aufzubauen, ist daher eine zentrale Aufgabe der Lehrenden sowohl an den Schulen als auch an den Universitäten. Neben den bereits erwähnten Modellen werden hierzu auch Medien eingesetzt. Mit den klassischen Medien (Bücher, Arbeitsblätter, Tafelanschrieb) kann die Teilchenebene nur statisch abgebildet werden. Zu diesen statischen Abbildungen zählen symbolische und ikonische Repräsentationen. Mit digitalen Medien hat man die Möglichkeit, bewegte bzw. animierte Repräsentationen und Audioformate in Lernvideos und Simulationen zu nutzen, um insbesondere die Visualisierung von Prozessen in den Naturwissenschaften abbilden zu können (Mayer, 2014a). In Bezug auf die Lernwirksamkeit ist die Annahme weit verbreitet, dass bewegte Bilder in Form von Videos oder Animationen das Lernen besser fördern als statische Repräsentationen, da sie eher der Alltagswahrnehmung entsprechen als Texte oder Bilder. So zeigte die Metaanalyse von Höffler und Leutner (2007), dass Animationen im Durchschnitt statischen Darstellungen, im Hinblick auf den Lernerfolg, überlegen sein können. Kognitionspsychologische und fachdidaktische Lehr-Lern-Forschung deutet zudem darauf hin, dass die Lernwirksamkeit von Lernvideos auch von deren Gestaltung sowie von zentralen Lernmerkmalen abhängt (Horz, 2009). Aus diesem Grund sollten Medien so

gestaltet sein, dass die Lernenden nicht durch zu viele gleichzeitig präsentierte Informationen kognitiv überlastet werden. Für das multimediale Lernen existieren daher mehrere Gestaltprinzipien, welche nachfolgend beschrieben werden (Mayer, 2014b; Seery & O'Connor, 2015).

Multimedia-Prinzip. Texte in Kombination mit Bildern, die sich auf den Text beziehen, sind lernwirksamer als Texte allein (Mayer, 2014a,b). Dieses Prinzip lässt sich in Lernvideos umsetzen.

Modalitäts-Prinzip. Medien sind lernwirksamer, wenn Bilder mit gesprochenem anstatt geschriebenem Text ergänzt werden, da der auditive und visuelle Kanal, zur Informationsverarbeitung aktiviert werden (Mayer, 2014a,b). Auch dieses Prinzip lässt sich mit Lernvideos leicht umsetzen.

Kontiguitätsprinzip. Text-Bild-Kombinationen sind lernwirksamer, wenn beide Repräsentationen in zeitlicher und räumlicher Nähe integriert dargestellt werden. Die zeitliche Nähe sollte insbesondere bei der Kombination von gesprochenem Text in Kombination mit Bildern eingehalten werden (Mayer, 2014a,b). Auch dieses Prinzip lässt sich gut mit Lernvideos realisieren.

Kohärenz-Prinzip. Überschüssige Details in Texten und Bildern sollte man aus dem Lernmaterial entfernen (Mayer, 2014a,b).

Alle genannten Prinzipien lassen sich mit Lernvideos umsetzen, sodass Lernschwierigkeiten abgebaut werden können.

iPads in der universitären Lehre

Zur Implementation und Gestaltung der Lernvideos wird das iPad von Apple als digitales Medium eingesetzt. Da in vielen Schulen bereits die sogenannten iPad-Klassen existieren, sollte auch in der Lehrerausbildung zur angemessenen Vorbereitung der Schulpraxis schon mit der gleichen Technologie gearbeitet werden (Krause & Eilks, 2014; Scheiter, 2015).

Konkret bietet das iPad den Vorteil, dass hier die Schritte Filmen, Schneiden und Vertonen mit nur einem einzigen Gerät möglich sind und somit effektiv gearbeitet werden kann, ohne umständlichen Software- oder Gerätewechsel.

In einem neuen Lehrkonzept, das erstmals im WS 2016/2017 erprobt wurde, sollten Studierende des beruflichen Lehramts Chemie eigenständig und praxisbezogen Experimente auf der Stoffebene durchführen und dazu passende Modelle herstellen, um die Abläufe auch auf Teilchenebene zu visualisieren. Die Verknüpfung beider Ebenen erfolgt durch das selbstständige Erstellen von Lernvideos, in denen die Abläufe beider Ebenen dargestellt und deren Zusammenhang erklärt wird (Fleischer & Nerdel, 2017). Hierzu werden curricular valide Experimente aus den Themengebieten Säure-Base-Reaktionen und Redox-Reaktionen ausgewählt, durchgeführt und mit dem iPad aufgenommen. Passend zu den Experimenten werden materielle Modelle gebaut. Für das Erstellen des Lernvideos müssen die Modelle mit Hilfe des Tablets digitalisiert werden. So können beispielsweise Fotos, Videos und/ oder Stop-Motion-Filme von den Modellen generiert werden. Zudem können chemischen Symbole (z.B. Elementsymbole, Reaktionsgleichungen), Strukturformeln und bildhafte Repräsentationen in das Lernvideo integriert werden. Das Erstellen und Bearbeiten der einzelnen Elemente der Lernvideos sowie des gesamten Lernvideos erfolgt mit Hilfe von Apps. So können drei bis fünfminütige Lernvideos erstellt werden, in denen der Zusammenhang von Stoff- und Teilchenebene verdeutlicht wird (Fleischer & Nerdel, 2017). Im Folgenden werden daher wichtige Apps für das Erstellen von Lernvideos kurz beschrieben.

iMovie. Videos und Bilder können bearbeitet werden. Es ist möglich diese Medien zu schneiden und Ton zum Lernvideo zu sprechen. Das Gesamtvideo kann mit dieser App produziert werden.

Explain Everything. Kurze Videosequenzen können erstellt werden. Reaktionsgleichungen können formuliert und erklärt werden.

iMotion. Stop-Motion Filme können erstellt werden, um Teilchenbewegungen darzustellen.

TextVideo. Hinzufügen von Texten zum Video. Diese können für eine bestimmte Zeit eingeblendet werden.

Tellagami. Inhalte mit Hilfe einer animierten Person erklären. Beispielsweise kann explizit der Übergang von der Stoff- zur Teilchenebene angekündigt werden (Fleischer & Nerdel, 2017).

Das Konzept wurde im SoSe 2017 für das Gymnasiale Lehramt adaptiert.

Design und Ergebnisse

Am Ende der Seminare wurde erhoben, inwieweit das Erstellen der Lernvideos einen Einfluss auf das Experimentieren, das Modellieren sowie die Anwendung einer adäquaten Fachsprache hat. Die Ergebnisse sind im Profildiagramm dargestellt (siehe Abb. 1). Aus den Ergebnissen kann gefolgert werden, dass selbsterstellte Lernvideos, mit denen der Zusammenhang von Stoff- und Teilchenebene dargestellt und erklärt wird, zum Erkenntnisgewinn in der Chemie beitragen können. Darüber hinaus können die eigenständig erstellten Lernvideos das Anwenden einer korrekten chemischen Fachsprache fördern (siehe auch Fleischer & Nerdel, 2017).

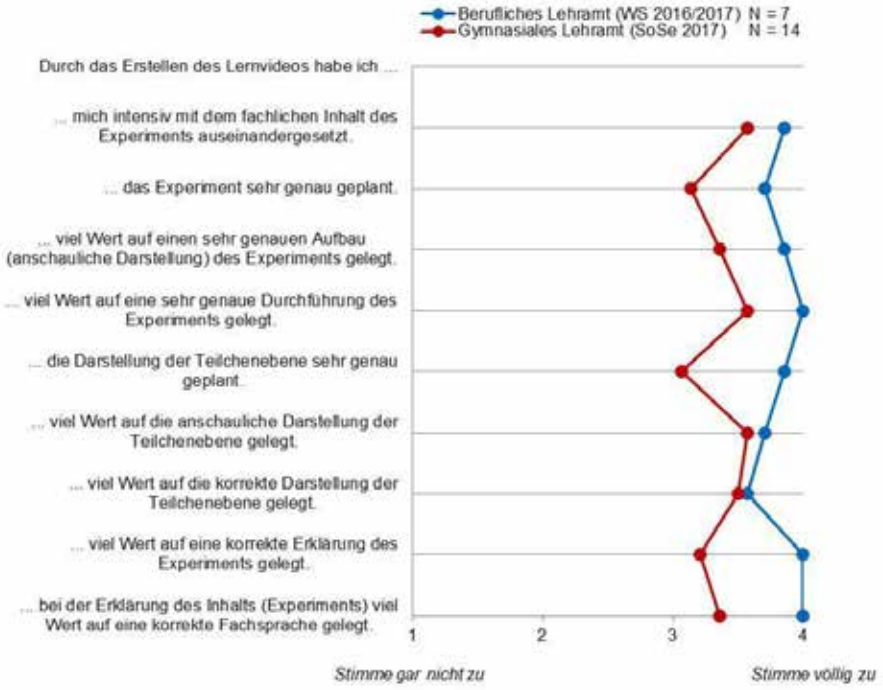


Abb. 1Profildiagramm zum Einfluss von Lernvideos auf das Experimentieren, Modellieren und die Fachsprache

Literatur

Fleischer, T. & Nerdel, C. (2017). Lernvideos in der Chemiedidaktik – der Zusammenhang von Stoff- und Teilchenebene. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & Jorge Groß (Hrsg.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer (S. 207 - 219). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Hanekamp, G. (2014). Zahlen und Fakten: Allensbach-Studie 2013 der Deutsche Telekom Stiftung. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), Digitale Medien im Naturwissenschaftlichen Unterricht (pp. 21-28). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Höffler, T. N. und Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A metaanalysis. Learning and Instruction 17, 722-738.

Hoffmann, R. & Laszlo, P. (1991). Darstellungen in der Chemie – die Sprache der Chemiker. Angewandte Chemie 103(1), 1-16. doi: 10.1002/ange.19911030104

Horz, H. (2009). Medien. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie (104-133). Heidelberg: Medizin Verlag Springer.

Johnstone, A. H. (1993). The Development of Chemistry Teaching. A Changing Respond to a Changing Demand. Journal of Chemical Education 70(9), 701-705. doi: 10.1021/ed070p701

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry – Logical or Psychological? Chemistry Education Research and Practice 1(1), 9-15. doi: 10.1039/A9RP90001B

Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. Chemistry Education Research in Practice 7(2), 49-63. doi: 10.1039/B5RP90021B

Krause & Eilks (2014). Tablet-Computer im Chemieunterricht. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 63(4), 17-21.

Mayer, R. E. (2014a). Introduction to Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (pp. 1-14). Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2014b). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (pp. 43-71). Cambridge University Press.

Monitor Lehrerbildung (2016). Qualitätsoffensive Lehrerbildung – zielgerichtet und nachhaltig?! Bertelsmann Stiftung, CHE Zentrum für Hochschulentwicklung gGmbH, Deutsche Telekom Stiftung & Stifterverband (Hrsg.)

Scheiter, K. (2015). Besser lernen mit dem Tablet? Praktische und didaktische Potenziale sowie Anwendungsbedingungen von Tablets im Unterricht. In H. Buchen, L. Horster, & H.-G. Rolff (Hrsg.), Schulleitung und Schulentwicklung (3. Aufl., S. 1-14). Stuttgart: Raabe-Verlag.

Seery, M. K. & O'Connor, C. (2015). E-Learning and Blended Learning in Chemistry Education. In J. Garcia-Martinez, & E. Serrano-Torregrosa (Eds.), Chemistry education: Best practices, opportunities and trends (651-669). John Wiley & Sons.

Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry ''triplet''. *International Journal of Science Education* 33(2), 179-195. doi: 10.1080/09500690903386435

Treagust, D., Chittleborough, G. & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. International Journal of Science Education 25(11), 1353-1368. doi: 10.1080/0950069032000070306

Urbanger, M. & Kometz, A. (2016). Mobiles Lernen im Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015 (S. 401). Regensburg: Universität Regensburg 2016, 610 S. - (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik; 36) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-121254

Julia Arnold[1]
Daniela Mahler[2]
Andreas Mühling[3]

[1]Pädagogische Hochschule FHNW, Basel
[2]Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN), Kiel
[3]Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

„AppLaus“: App-Entwicklung in der Lehramtsausbildung

Naturwissenschaftlicher Unterricht profitiert vom Einsatz digitaler Technologien (bspw. Kuhn, Ropohl & Groß, 2017). Um digitale Technologien aber gewinnbringend nutzen zu können und ihre Potentiale auszuschöpfen, benötigen Lehrkräfte ein breites Repertoire an Wissen. Lehrkräfte fühlen sich jedoch unsicher und nicht ausreichend qualifiziert (Chai, Koh, & Tsai, 2013). Tatsächlich fehlt häufig das Wissen, um digitale Technologien lernförderlich im Unterricht einzusetzen (Koehler, Mishra, Kereluik, Shin, & Graham, 2014). Eine systematische Förderung von Kompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte im Studium wird vielerorts noch nicht adäquat berücksichtigt.

Das Lehrvorhaben “AppLaus” hat das Ziel, eine fächerverbindende Lerngelegenheit für Studierende des Lehramts der Biologie bzw. der Informatik zu schaffen. Im Rahmen der Veranstaltung sollen die Studierenden gemeinsam eine App zu einem aktuellen biologischen Lerninhalt entwickeln und dabei von der Expertise des jeweils anderen Fachs profitieren. Inwiefern diese Lerngelegenheit sich auf das technologiebezogene Professionswissen der Studierenden auswirkt, ist dabei die Frage der Begleitforschung zu diesem Projekt. Der Studie liegen dabei theoretische Annahmen zugrunde, die im Folgenden ausgeführt werden.

Technologiebezogenes Professionswissen

Zur Beschreibung des notwendigen Wissens für den effektiven Einsatz digitaler Medien sind unterschiedliche Wissensmodelle entstanden, die letztlich alle auf dem Modell von Shulman (1986) bezüglich des Professionswissens von Lehrkräften fußen. Ein besonders prominentes Beispiel ist hier das TPACK-Modell von Mishra und Koehler (2006). Zu den „klassischen“, schon von Shulman beschriebenen Wissensbereichen, die für jeden erfolgreichen Unterricht eine Rolle spielen (Fachwissen (CK), pädagogisches Wissen (PK) und fachdidaktisches Wissen (PCK)), kommen im TPACK vier weitere Wissensbereiche hinzu, denen ein Bezug zu Technologien gemeinsam ist (Mishra & Koehler, 2006). Das Wissen über Technologien (Mishra & Koehler, 2006) wird als *technological knowledge* (TK) bezeichnet. Dieser Wissensbereich ist losgelöst von einem fachlichen Gegenstand sowie vom Unterricht. Das *technological content knowledge* (TCK) bezieht sich auf das Wissen über Technologien zu bestimmten fachlichen Inhalten (Mishra & Koehler, 2006) und hat - anders als das vorher beschriebene TK - einen Bezug zum fachlichen Gegenstand, bleibt aber losgelöst vom Unterricht. Einen weiteren Wissensbereich stellt das *technological pedagogical knowledge* (TPK) dar. Es umfasst das Wissen, das notwendig ist, um Technologien für die Förderung von Lernprozessen zu nutzen. TPK steht in Zusammenhang mit dem Unterricht, nicht aber mit dem fachlichen Gegenstand. Das *technological pedagogical content knowledge* (TPCK) schließlich hat sowohl einen Bezug zum Unterricht als auch zum fachlichen Gegenstand. Es umfasst das Wissen, das notwendig ist, um Technologien zur Förderung von Lernprozessen zu bestimmten fachlichen Inhalten effektiv auswählen und nutzen zu können.

Das technologiebezogene Professionswissen stellt die Basis des gewinnbringenden Einsatzes digitaler Technologien im Unterricht dar, reicht allein jedoch nicht zum konkreten Unterrichtshandeln aus. Wie sich das technologiebezogene Professionswissen auf die Intention, digitale Medien im Unterricht tatsächlich einzusetzen, auswirken kann, kann aus

der Theorie abgeleitet und in folgendem Modell dargestellt werden (Mahler & Arnold, 2017). Dabei wird davon ausgegangen, dass sich das vorhandene Wissen auf das Selbstkonzept auswirkt und dieses wiederum motivationale Faktoren beeinflusst, die sich schließlich in der Einstellung und der Intention zur Nutzung niederschlagen (Abb. 1).

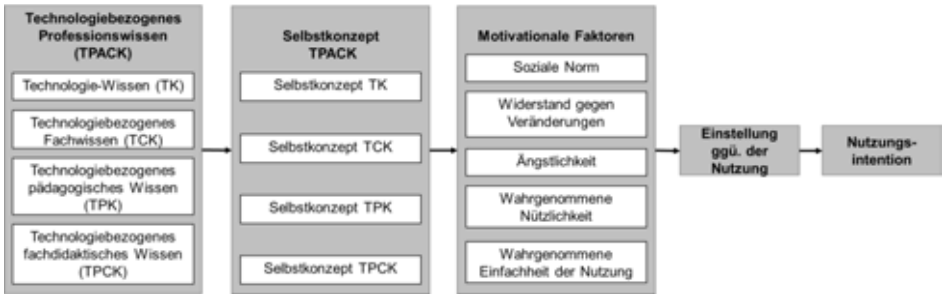


Abb. 1: Angenommene Wirkzusammenhänge - Vom Wissen zur Nutzungsintention (Mahler & Arnold, 2017).

Förderbedarfe im Bereich TPACK

In einer Vorstudie (Nazaruk, unveröffentlicht) wurden 20 Studierende des Lehramts für das Fach Biologie interviewt. U. a. wurde nach Förderbedarfen in Bezug auf die TPACK-Aspekte gefragt. Dabei wurden vor allem folgende Förderdesiderate geäußert: Ca. 20% der Befragten wünschen sich mehr Wissen hinsichtlich der Programmierung von Anwendungen, um die Funktionsweise von Apps besser zu verstehen (TK). Etwa die Hälfte der Befragten wünschen sich Informationen über Einsatzmöglichkeiten von Tablets in biologischen Kontexten bzgl. Hardware und Software (TCK) und ca. 80% wünschen sich Einsatzmöglichkeiten zur Anwendung im Unterricht (TPK). Hinweise darüber, welche Einsatzmöglichkeiten Tablets und entsprechende Apps in konkreten Unterrichtseinheiten haben und wie diese beurteilt und ausgewählt werden können (TPCK), wünschten sich 65% der Befragten.

Fragestellung

In diesem Beitrag stehen angehende Biologie-Lehrkräfte im Zentrum und es stellt sich die Frage, inwiefern sich eine Lerngelegenheit mit besonderem Fokus auf das technologiebezogene Professionswissen (TPACK) auf das Selbstkonzept, die motivationalen Faktoren sowie die Nutzungsintention auswirkt. Dazu wurde in Kooperation mit der Informatik-Didaktik ein interdisziplinäres Lehrvorhaben geplant, das entsprechend evaluiert werden soll.

Methodik

Das Lehrvorhaben basiert auf der Kombination zweier Pflicht-Module für Lehramtsstudierende mit dem Fach Informatik (5. Bachelor-Semester) bzw. mit dem Fach Biologie (3. Master-Semester). Für die Studierenden aus der Informatik ist das praktische Durchführen von komplexen Software-Entwicklungsprozessen Teil der Ausbildung. Die Herausforderung, gleichzeitig realistische Softwareentwicklung erfahrbar zu machen und dabei den Blick auf die Unterrichtsrealität nicht zu verlieren, ist bisher aber nur unbefriedigend gelöst – etwa durch Aufgabenstellungen, die auch Unterrichtsinhalt sein könnten aber dann nicht die nötige Komplexität und Offenheit eines realistischen Software-Entwicklungsprojekts besitzen. Die Lehramtsstudierenden mit dem Fach Biologie fühlen sich häufig nicht ausreichend qualifiziert, um digitale Medien im Unterricht effektiv einzusetzen (s.o.). Daher sollten sie bereits in der Ausbildung Kompetenzen zum Einsatz

digitaler Medien im Unterricht erwerben. Derzeit wird dies noch nicht systematisch im Studium berücksichtigt. Das Projekt setzt hier an, indem es in den Einsatz digitaler Medien im Unterricht einführt und Einblicke in den Entwicklungsprozess von Lernsoftware gibt. In interdisziplinären Teams sollen Lern-Apps für den Biologieunterricht entwickelt werden. Die App-Entwicklung wird zunächst nach Fächern getrennt vorbereitet (Fokus TCK, TPCK) und anschließend in gemeinsamer Seminarzeit umgesetzt (Fokus TK). Dabei ist ein Lernziel für die Studierenden mit dem Fach Biologie, nicht nur die Handhabung und den Einsatz digitaler Medien im Unterricht aus Sicht der Anwender zu erlernen, sondern zudem durch die Beteiligung an der Software-Entwicklung wichtiges Technologie-Wissen zu erwerben. So können Nutzungshemmungen abgebaut werden. Darüber hinaus erproben die Studierenden die App in einem selbst geplanten Lernarrangement und reflektieren den Medieneinsatz (Fokus TPK). Der Ablauf des Seminars und der Evaluationsstudie ist in Abb. 2 dargestellt.

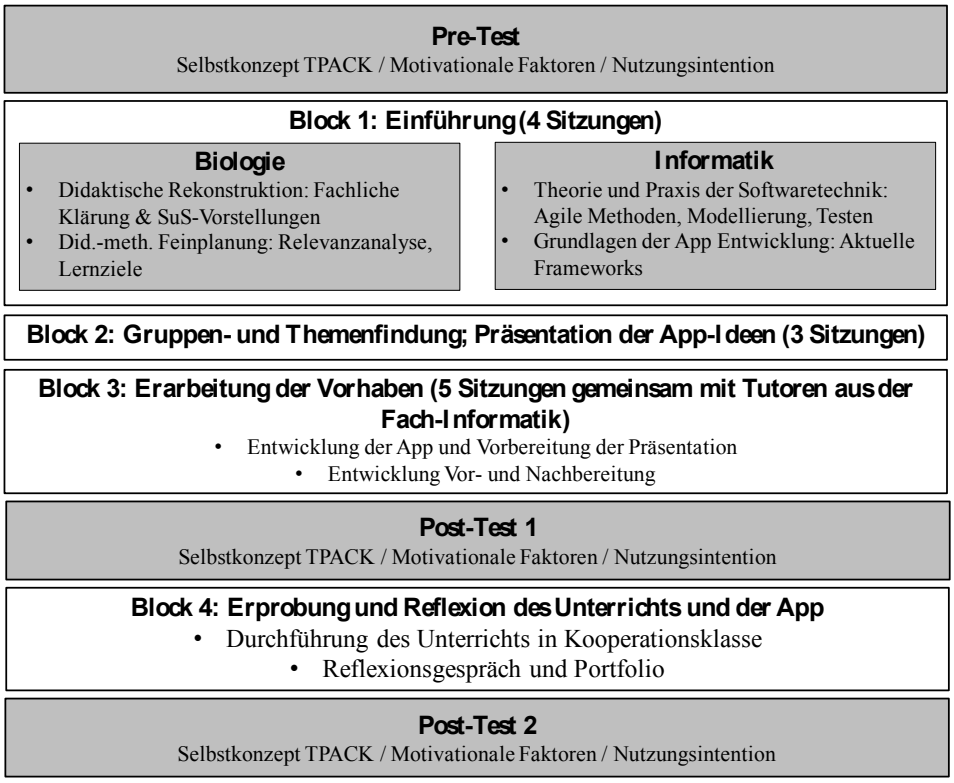


Abb. 2: Seminarablauf und Erhebungen.

Zur Evaluation der Wirksamkeit des Lehrvorhabens wurden bereits bestehende Instrumente übersetzt, angepasst und pilotiert (Mahler & Arnold, 2017). Für den Bereich des TPACK-Selbstkonzepts wurde auf das Instrument von Schmidt und Kollegen (2009) und für die motivationalen Faktoren auf Instrumente von Teo (2012) und Sachchez-Prieto und Kollegen (2016) zurückgegriffen.

Das Vorhaben wurde durch den PerLe-Fonds für Lehrinnovation aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01PL17068 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Literatur

Chai, C. S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Educational Technology & Society, 16*(2), 31-51.

Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 101-111). New York: Springer Science+Business Media.

Kuhn, J., Ropohl, M. & Groß, J. (2017). Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Eds.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer (pp. 11-32). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Mahler, D., & Arnold, J. (2017). Wissen und Motivation von Lehrkräften im Umgang mit digitalen Technologien. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Eds.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer (pp. 264-277). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054.

Nazaruk, F. (2017). Das Selbstkonzept angehender Lehrkräfte zum Umgang mit Tabletcomputern im Biologieunterricht: Eine Interviewstudie. Unveröffentlichte Master-Arbeit. CAU Kiel.

Sánchez-Prieto, J. C., Olmos-Migueláñez, S., & García-Peñalvo, F. J. (2016). Informal tools in formal contexts: Development of a model to assess the acceptance of mobile technologies among teachers. *Computers in Human Behavior, 55*, 519-528.

Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers. *Journal of Research on Technology in Education, 42*(2), 123-149.

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

Teo, T. (2012). Examining the intention to use technology among pre-service teachers: an integration of the Technology Acceptance Model and Theory of Planned Behavior. *Interactive Learning Environments, 20*(1), 3-18.

Nina Ulrich Universität Hannover
Sascha Schanze

Chemiedidaktik im digitalen Klassenzimmer
Reflektierter iPad-Einsatz in der Lehrerbildung

Dieser Beitrag stellt ein Lehrprojekt an der Leibniz Universität Hannover zum Einsatz digitaler Endgeräte am Beispiel des iPads vor. Das Lehrprojekt ist Teil des Junior Fellowships des Kollegs Didaktik:digital der Joachim Herz Stiftung und gliedert sich in eine Schulung zum Aufbau eines pädagogisch-technologischen Wissens und Seminareinsatz mit Reflexion des Medieneinsatzes. Zum Abschluss wird ein Ausblick auf die Implementierung des Tablets in die Lehrerbildung an der Leibniz Universität Hannover (LUH) gegeben und die Erfahrungen aus dem Projekt dargelegt.

Schulungskonzept

Ziel der Tabletschulung ist es, dass die Studierenden die grundlegende Bedienung der Geräte beherrschen. Dazu gehören die Knöpfe und Bedienungsgesten des Tablets, aber auch die wichtigsten Apps für den Einsatz im Seminar. Durch diese Schulung wird das Fachdidaktikseminar, in dem die Tablets eingesetzt werden, vorentlastet, sodass in dem Fachdidaktikseminar die Geräte als Werkzeug genutzt werden können und nicht im Mittelpunkt stehen. Neben den inhaltlichen Zielen gibt es zusätzliche Anforderungen an die Schulung, die bei der Entwicklung der Schulung berücksichtigt wurden:

- Anpassung der Schulung an die verschiedenen Vorkenntnisse
- Bezug zum Studienziel Lehramt
- Berücksichtigung der verschiedenen Interessen
- hoher Anteil aktiver Arbeit mit dem Tablet
- Nachhaltigkeit der Schulung
- mit bis zu 30 Studierenden gleichzeitig durchführbar

Zur methodischen Umsetzung der Ziele wurde ein Stationenlernen mit Wahl- und Pflichtstationen ausgewählt (Chrissou, 2010; Revermann, Georgieff, & Kimpeler, 2007). Diese offene Methode erlaubt eine Passung (Zehetmeyer, 2010) der Schulung an die Zeilgruppe, indem die Studierenden die Inhalte entsprechend ihrer Interessen, Vorkenntnisse und Ziele auswählen. Das Stationenlernen wird in leistungshomogenen Tandems bearbeitet. Die Einteilung der Zweiergruppen basiert auf der Selbsteinschätzung der Teilnehmenden anhand einer vierstufigen Skala, wobei die Teilnehmenden selbstständig ihren Lernpartner oder ihre Lernpartnerin aus der gleichen Leistungsgruppe auswählen.

Die technische Umsetzung der Schulung erfolgt mit Hilfe eines Multitouch Learning Books (Ulrich & Huwer, 2017), das mit Hilfe des Programms iBooks Author erstellt wurde. Das E-Book „Unterrichten mit iPads“ (Ulrich, 2017b) unterstützt, neben Texten und Bildern, auch die Einbindung von Videos, Präsentationen (Keynote), Links und HTML-Widgets. Besonders hilfreich ist dabei der Einsatz von Präsentationen als Schritt-für-Schritt-Anleitung, die die Lernenden bei Bedarf in ihrem eigenen Tempo nutzen können.
Die Stationen des Stationenlernens sind eingeteilt in drei Blöcke. Block A zeigt die grundlegende Bedienung des Tablets mit den Knöpfen und Gesten und wird von den Teilnehmenden bearbeitet, die noch keine iPad-Erfahrung haben. Die Stationen des Blocks B sind Pflichtstationen und thematisieren die wichtigsten Programme und Lernumgebungen für den Seminaralltag. Die Stationen im Block C gehen über die Standardbenutzung hinaus und beinhalten verschiedene fachspezifische Einsatzszenarien, von der digitalen Messwerterfassung im naturwissenschaftlichen Unterricht bis zur Erstellung einer

Nachrichtensendung im Politikunterricht. Aus diesem Block können die Studierenden je nach Interesse Stationen auswählen.
Jede Stationsseite (siehe Abb. 1) in dem E-Book besteht aus den gleichen Elementen: Arbeitsauftrag, Ziele der Station, benötigte Programme, Hilfen und ggf. Zusatzmaterialien. Die Arbeitsaufträge leiten die Studierenden durch die Station. Bei Problemen bei der Bearbeitung können sie zunächst auf die Hilfen zurückgreifen, was die Belastung der Lehrperson reduziert und zusätzlich die weitere Bearbeitung des Stationenlernens außerhalb der betreuten Schulung ermöglicht. Der Umfang des Stationenlernens ist so angelegt, dass alle Studierende alle Stationen des Blocks B bearbeiten können und bei unterschiedlichem Arbeitstempo ausreichend Stationen im Wahlpflichtbereich verbleiben. Durch die Kombination der methodischen und technischen Aufbereitung passt sich die Schulung den sehr unterschiedlichen Vorkenntnissen der Lernenden an (Ulrich, 2017a).
Zur Mitte und zum Abschluss werden die Erfahrungen aus dem Workshop gemeinsam im Plenum reflektiert (Farmer, Gerretson, & Lassak, 2003).

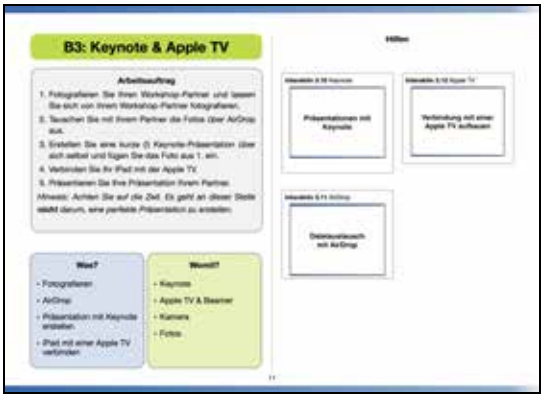


Abb. 1 Beispielseite einer Station

Tableteinsatz im Seminar
In den Fachdidaktikseminaren steht die Vermittlung der fachdidaktischen Inhalte im Vordergrund, sodass die Tablets nur als Werkzeug dienen, um die Seminarsitzungen zu unterstützen. Schwerpunkte des Tableteinsatzes sind die Unterstützung kollaborativer Prozesse, wie z. B. die gemeinsame Bearbeitung eines Dokuments, die Präsentation und der Austausch von Ergebnissen sowie die Erstellung von Lernprodukten, wie Erklärvideos, Concept Maps oder Fotodokumentationen. Arbeitsblätter werde zum Teil durch digitale Lernumgebungen ersetzt, die durch adaptive Hilfen, Videos und Links im Vergleich zum Arbeitsblatt erweitert werden können.
Im Modul Fachdidaktik Chemie 1 (FC 1) wird der Tableteinsatz seitens der Studierenden in der Lernerrolle wahrgenommen und aus verschiedenen Perspektiven reflektiert. Im anschließenden Modul FC 2 planen die Studierenden eigene Seminarsitzungen und können hierbei die Erfahrungen aus FC 1 in der Lehrerrolle erproben.

Implementierung in die Lehrerbildung
In den verschiedenen lehrerbildenden Instituten gibt es eine Vielfalt an Erfahrungen und Ideen zum Einsatz von digitalen Medien in der Lehre. Diese Erfahrungen und Ideen werden im Rahmen eines von der Leibniz School of Education der LUH geförderten Projektes in Forentreffen ausgetauscht und weiterentwickelt. Die Einsatzszenarien werden in den Lehrveranstaltungen erprobt und mit Hilfe von Pedagogical Pattern dokumentiert.

Lessons learned – Erfahrungen aus der Implementierung
Bei der Implementierung der Tablets in die Lehre konnten einige Erfahrungen gesammelt werden. Dazu gehören organisatorische Aufgaben, wie die Verwaltung der Geräte, technische Infrastruktur, Auswahl der Geräte und selbstverständlich der Einsatz in Lehre und Forschung.

Die zentrale Verwaltung der iPads durch ein sogenanntes Mobile Device Management (MDM) erleichtert die Verwaltung und Wartung größerer Geräteanzahlen, da viele Aufgaben, wie die Installation einer App, ohne physischen Zugang zu den Geräten erledigt werden können. Auch die Einrichtung des Geräts kann bereits vor dem ersten Anschalten der Geräte vorbereitet werden, sodass für die Einrichtung der Geräte bei der Nutzung des Device Enrollment Programms (DEP) nur eine Internetverbindung notwendig ist. Pseudo-Apple-IDs können anonymisiert im Apple School Manager erstellt werden. Die Verwaltung benötigt eine gewisse Einarbeitung, setzt aber kein spezielles Informatikwissen voraus. Wegen der Einarbeitungszeit sollte möglichst auf langfristige Lösungen bei der Personenauswahl gesetzt werden. Je nach Anzahl der Geräte kann die vorhandene Infrastruktur an ihre Grenzen kommen, so dass eventuell Veränderungen im WLAN-Netzwerk notwendig sind. Des Weiteren muss abgeklärt werden, wie die Geräte in das WLAN der Universität kommen. Bei der Auswahl der Geräte soll an dieser Stelle nicht die Diskussion über das beste Betriebssystem geführt werden. Wichtige Entscheidungskriterien waren für das beschriebene Lehrprojekt die eigene Erfahrung, die Einbindung in die vorhandene Infrastruktur sowie die Verbreitung in den Schulen. Bei der Auswahl des Modells muss zusätzlich bedacht werden, welche Anforderungen es erfüllen muss. Zu diesen Anforderungen gehören u.a. Stiftunterstützung, z. B. für die Erstellung von Zeichnungen, Displaygröße, Speicherplatz und Leistungsvermögen.

Beim Einsatz in der Lehre wurden zwei Szenarien getestet. Im Pilotseminar wurde eine Mischung aus Bring your own Device und Ausleihe verwendet, so dass jeder Studierende über ein Tablet verfügte. Vorteil war hierbei, dass die Studierenden ihre eigenen Geräte verwenden konnten. Nachteilig war hierbei, dass die Ausstattung sehr heterogen war, was die Seminarplanung sehr einschränkte und dass die verliehenen Tablets anderen Lehrveranstaltungen nicht zur Verfügung standen. Der erwartete Vorteil, dass die Studierenden mit ihren eigenen Geräten gut umgehen können, konnte nicht bestätigt werden. Als Konsequenz wird seitdem auf eine Ausleihe verzichtet, so dass in allen Seminaren ein Klassensatz iPads bereitsteht, der bei Bedarf genutzt werden kann. Wenn keine speziellen Apps benötigt werden, können die Studierenden auch ihre eigenen Geräte verwenden. Als Dozent hat man dadurch die Gewissheit, dass die geplante Sitzung aus technischer Sicht durchführbar ist und ist freier in der Planung. Nachteil dabei ist, dass die Studierenden die digital erstellten Ergebnisse nicht direkt mitnehmen können, sondern die Ergebnisse zunächst bei der E-Learning-Plattform hochladen müssen.

Die Auswahl der (Web-)Apps sollte sorgfältig erfolgen und der Erfüllung der didaktischen Ziele dienen. Erfahrungsgemäß werden hierfür nur sehr wenige Programme benötigt. In dem Lehrprojekt werden am häufigsten folgende Ressourcen verwendet: „Keynote“ für Präsentationen und vorbereitete Lernumgebungen mit Hilfen und Videos, „Safari“ zur Internetrecherche und bei HTML-basierten Lernumgebungen, „Kamera“ für Fotos, Videos (auch Zeitlupe) und QR-Codes, „Explain Everything“ für Zeichnungen und Erklärvideos, die App „BaiBoard 3“ als Whiteboard-Ersatz und für kollaboratives Schreiben bzw. für kollaboratives Schreiben von Fließtexten „Only Office“. Auf dem Dozenten-Tablet wird außerdem die App „Classroom“ verwendet, die eine Bildschirmübertragung ermöglicht und auch zur Steuerung und Navigation der „Schülergeräte“ verwendet werden kann.

Literatur

Chrissou, M. (2010). *Technologiegestützte Lernwerkzeuge im konstruktivistisch orientierten Fremdsprachenunterricht. Zum Lernpotenzial von Autoren- und Konkordanzsoftware*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.

Farmer, J. D., Gerretson, H., & Lassak, M. (2003). What teachers take from professional development: cases and implications. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *6*(4), 331–360. http://doi.org/10.1023/A:1026318709074

Revermann, C., Georgieff, P., & Kimpeler, S. (2007). *Mediennutzung und eLearning in Schulen*. *Sachstandsbericht zum Monitoring »eLearning«*. Berlin.

Ulrich, N. (2017a). E-Books - Potenziale für den Umgang mit Diversität. In J. Meßinger-Koppelt, J. Groß, & S. Schanze (Eds.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Ulrich, N. (2017b). *Unterrichten mit iPads*. Hannover: IDN digital (Apple iBook Store). https://itunes.apple.com/de/book/unterrichten-mit-ipads/id1211255786?mt=11

Ulrich, N., & Huwer, J. (2017). Digitale (Schul-) Bücher - Vom E-Book zum Multitouch Learning Book. In J. Meßinger-Koppelt, J. Groß, & S. Schanze (Eds.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen-Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Zehetmeyer, S. (2010). Aktionsforschung in der Lehrerfortbildung: Was bleibt? In F. H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, & J. Mayr (Eds.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (1st ed., pp. 197–212). Münster/New York/München/Berlin: Waxmann Verlag.

Anje Ostermann[1]
Hendrik Härtig[2]
Lorenz Kampschulte[1]
Anke Lindmeier[1]
Mathias Ropohl[2]
Julia Schwanewedel[3]

[1]IPN Kiel
[2]Universität Duisburg-Essen
[3]Humboldt-Universität zu Berlin

Welche Medien nutzen Lehrkräfte? Und wofür? Eine Befragung

Motivation

Die Ausstattung mit und die Nutzung von Medien im schulischen Kontext sind Gegenstand verschiedener Untersuchungen. Im Rahmen groß angelegter Studien wird die Medienausstattung und -nutzung im Unterricht über Fächer hinweg untersucht (z. B. ICILS, 2013; Initiative D21, 2016; BITKOM, 2015; DTS Länderindikator, 2016). Aus Sicht der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken ist der Forschungsstand zum Lernen mit Medien speziell im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht bisher wenig homogen und schwer zu fassen.

Übergeordnetes Forschungsziel

Das Projekt „MiU – Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht“ verfolgt das übergeordnete Ziel, den Einsatz von Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachunterricht zu beschreiben und zu charakterisieren. Zur Beschreibung des Mediums und des Medieneinsatzes schlägt die Projektgruppe eine Unterscheidung der jeweiligen Merkmale auf Sicht- und Tiefenstrukturebene entsprechend Abbildung 1 vor. Der empirische Nachweis der Bedeutsamkeit der vier Merkmalsbereiche in der Praxis mediengestützten Unterrichtens steht aus.

	Eigenschaft des Mediums (Was?)	**Eigenschaft des Medieneinsatzes (Wie?)**
Sichtstruktur-merkmale	**Medienart** Leitfrage: Welches Medium wird eingesetzt? Wie kann man es charakterisieren? (z. B. digital-analog, statisch-dynamisch)	**Methodische Merkmale des Medieneinsatzes** Leitfrage: Welche Rahmenbedingungen des Einsatzes liegen vor? (z. B. allgemeine medienpädagogische und mediendidaktische Aspekte wie Steuerung und Sozialform)
Tiefenstruktur-merkmale	**Potenzial des Mediums vor dem fachlichen Hintergrund** Leitfrage: Worin besteht der fachliche Gehalt? (z B. fachliche Adäquatheit, curriculare Anschlussfähigkeit)	**Funktion des Medieneinsatzes im fachlichen Lernprozess** Leitfrage: Welche Rolle spielt das Medium im fachlichen Lernprozess? (z. B. Passung von fachlichem Lernziel und Merkmalen des Einsatzes)

Abb. 1: Merkmale des Medieneinsatzes (Ropohl et al., im Druck)

Meilensteine des Projektes sind zum einen eine Expertentagung zum Austausch von Erkenntnissen zum Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht und

zum anderen eine Befragung von Lehrkräften zur Untersuchung der aktuellen Angebots-Nutzungs-Struktur und der Funktionen im Lernprozess, die Medien erfüllen.

Expertentagung zum Erkenntnisstand

Die Expertentagung stellt den ersten Meilenstein des Projektes dar. Ziel der Tagung war es, den Austausch von Vertretenden der Fachdidaktiken für Naturwissenschaften, Mathematik und Informatik, der Bildungsforschung sowie der Bildungsadministration zum Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen. Neben (Best-Practice-)Beispielen für den Einsatz von Medien im Fachunterricht waren auch Untersuchungen aus der Sicht des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts Gegenstand des Austausches. Allgemein zeigte sich dabei eine große Heterogenität in Bezug auf die theoretische Anknüpfung von Arbeiten zum Medieneinsatz im Unterricht, nicht zuletzt dadurch, dass Forschungsergebnisse multidisziplinär verortet sind. Trotzdem finden sich Aspekte der Nutzung von Medien, die über alle Fachdidaktiken hinweg diskutiert werden und neben anderen folgende, von den Experten als „hot topics“ bezeichnete Kernthemen beinhalten:

1. Funktionen des Medieneinsatzes,
2. Werkzeugcharakter von Medien,
3. Gelingensbedingungen für den Medieneinsatz,
4. Voraussetzungen auf Seiten der Lehrenden und Lernenden.

Die Kernthemen wurden im Anschluss an die Tagung aufgegriffen und weiter diskutiert (Ropohl et al., im Druck).

Befragung von Lehrkräften zum Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachunterricht

Der zweite Meilenstein, eine Befragung von Lehrkräften, soll die tatsächliche Nutzung von Medien in der Praxis des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts untersuchen sowie klären, welche Funktionen dem Medieneinsatz zugeschrieben werden. Die Konzeption der Befragung wird im Folgenden vorgestellt.

Fragestellungen der Befragung

Für die Befragung ergeben sich vor dem Hintergrund der auf der Expertentagung aufgeworfenen Diskussionspunkte folgende Fragestellungen:

(A) In welchem Umfang werden vorhandene Medien genutzt? (zur Vorbereitung der Untersuchung der Kernthemen 1–4)

(B) Welche Funktionen schreiben Lehrkräfte dem Medieneinsatz zu? (adressiert die Kernthemen 1 und 2)

(C) Inwiefern sind schulische Rahmenbedingungen und Merkmale der Lehrperson als Einflussfaktoren erkennbar? (adressiert die Kernthemen 3 und 4)

Angestrebte Stichprobe

Für die Beantwortung dieser Fragen sollen $N = 400$ Lehrkräfte allgemeinbildender Schulen in Deutschland, welche die Fächer Biologie, Chemie, Mathematik, Physik und Naturwissenschaften integriert in der Sekundarstufe I unterrichten, befragt werden. Die Befragung erfolgt zur Hälfte postalisch und zur Hälfte online. Die Lehrkräfte werden über Anschreiben an Schulen und direkte Ansprache von Lehrkräften auf Tagungen (z. B. MNU-Bundeskongress) sowie der Platzierung des Links zur Befragung in Newslettern rekrutiert.

Fragebogen

Der Fragebogen gliedert sich in einen allgemeinen und einen fachspezifischen Teil für die Fächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik.

Allgemeiner Teil
In diesem Teil werden im Hinblick auf die Fragestellung (C) Hintergrundvariablen zu Person und Lehrtätigkeit sowie Berufserfahrung und Bundesland, in dem unterrichtet wird, erfragt. Daneben werden auch die Selbstwirksamkeitserwartung und die Einstellungen bzgl. Medien und deren Einsatz im Unterricht erhoben.

Fachspezifischer Teil
Der fachspezifische Teil unterscheidet sich für die Fächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik, folgt jedoch einem vergleichenden Paradigma, sodass Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Fächern herausgearbeitet werden können. Erfragt wird neben der Verfügbarkeit und der Nutzungshäufigkeit verschiedener Medien zur Beantwortung der Fragestellung (A) auch der Bekanntheitsgrad des Mediums als weiterer Indikator zur Beantwortung der Fragestellung (C).

Die Erhebung der Funktionen von Medien im Lehr-Lernprozess zur Beantwortung der Fragestellung (B) wird jeweils anhand zweier fachspezifischer Beispiele vorgenommen, indem gemäß Abbildung 1 das Medium beispielhaft vorgegeben wird und die Lernaktivitäten, welche Lernende im Umgang mit dem Medium durchführen, erfragt werden. In den Naturwissenschaften sind die fachspezifischen Beispiele Modelle bzw. Modellexperimente und digitale Lernumgebungen, in der Mathematik werden die Medieneinsätze von Computer-Algebra-Systemen und dynamischer Geometrie-Software untersucht. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel zur Erhebung der Funktionen von Modellen und Modellexperimenten im Chemieunterricht. Hinter den jeweiligen Aktivitäten kommen unterschiedliche funktionale Aspekte wie der Werkzeugcharakter von Medien („…zum Erheben von Daten.“), die Visualisierung von Sachverhalten („…zum Veranschaulichen und Erklären chemischer Sachverhalte.“) oder die Reflexion des Mediums und seiner Nutzung („…zum Bewerten der Grenzen des Modells.“) zum Tragen.

Wie oft führen Ihre Schülerinnen und Schüler folgende Lernaktivitäten bei der Nutzung von Modellexperimenten im Chemieunterricht typischerweise durch? Denken Sie dabei an eine **konkrete** Klasse, die Sie in Chemie unterrichten. Meine Schülerinnen und Schüler nutzen Modelle oder Modellexperimente im Chemieunterricht …	in keiner oder fast keiner Unterrichtsstunde	in weniger als der Hälfte der Unterrichtsstunden	in mindestens der Hälfte der Unterrichtsstunden	in jeder oder fast jeder Unterrichtsstunde
...zum Erheben von Daten.				
...zum Veranschaulichen und Erklären chemischer Sachverhalte.				
...zum Bewerten der Grenzen des Modells.				

Abb. 2: Item zur Erfassung der Funktionen des Medieneinsatzes im Chemieunterricht am Beispiel von Modellen und Modellexperimenten.

Zeitplan und Ausblick
Im Anschluss an die Expertentagung im Juni 2016 finden seit Mitte 2017 die Stichprobenrekrutierung, die Befragung und die Auswertung der Befragung statt. .Die Erkenntnisse sollen bei der Entwicklung von passgenauen Angeboten zur Weiterentwicklung von Kompetenzen für mediengestützten Fachunterricht in der Lehrerfort- und -weiterbildung genutzt werden.

Literatur

BITKOM (2015). *Digitale Schule – vernetztes Lernen. Ergebnisse repräsentativer Schüler- und Lehrerbefragungen zum Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht*. https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2015/Studien/Digitale-SchulevernetztesLernen/BITKOM-Studie-Digitale-Schule-2015.pdf (13.10.2017).

Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K. & Wendt, H. (2014). *ICILS 2013. Computer-und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.

Bos, W., Lorenz, R., Endberg, M., Eickelmann, B., Kammerl, R. & Welling, S. (Hrsg.). (2016). *Schule digital – Der Länderindikator 2016. Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Umgang mit digitalen Medien im Bundesländervergleich*. Münster: Waxmann.

Initiative D21 (2016). *Sonderstudie „Schule Digital". Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen–Eltern–Lehrkräfte*. O. O.: Kantar TNS. http://initiatived21.de/app/uploads/2017/01/d21_schule_digital2016.pdf (13.10.2017).

Ropohl, M., Lindmeier, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Mühling, A. & Schwanewedel, J. (Hrsg.) (im Druck). *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fächerübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Stefan Richtberg LMU München
Raimund Girwidz

Feedback und Guidance - neues Potential durch neue Werkzeuge

Feedback ist einer der wichtigsten Einflussfaktoren auf das Lernen im Schulunterricht. Dabei beinhaltet Feedback jedoch zwei unterschiedliche Teilaspekte. Zum einen klassisches Feedback durch Informationen, die dem Lerner mit dem Ziel sein Lernen zu optimieren und sein Denken oder Verhalten zu verändern, dargeboten werden (Shute, 2008). Hierbei sind häufig Lehrende Feedbackgeber und Lerner Feedbackempfänger. Insbesondere in den USA ist die strukturierte Genese von Feedback durch den Einsatz von Clicker-Fragen verbreitet und ausgiebig erforscht. Ihr Einsatz fördert u. a. über Aktivierung und Feedback die Motivation und den Lernzuwachs (Hunsu, Adesope, & Bayly, 2016). Zum anderen umfasst Feedback aber auch Rückmeldungen der Lernenden an die Lehrenden über Qualität und Wirkung des durchgeführten Unterrichtes. Dieses Feedback kann zur Synchronisation des Lehrens und Lernens genutzt und Unterricht somit effizienter gestaltet werde (Hattie, 2008).

Clicker nutzen Potential für Feedback und Aktivierung nur teilweise
Klassische Clicker-Systeme nutzen die Möglichkeiten von Multimedia im Bereich Feedback und Aktivierung jedoch nur begrenzt. So ist die Rückmeldung an Lerner häufig auf Feedback der Form knowledge of correct result (das korrekte Ergebnis wird gezeigt) begrenzt. Inhaltliches Feedback mit dessen Hilfe aktive Fehlerkorrekturen und weiteres Lernen möglich sind, können nicht realisiert werden. Weiter sind Clicker auf Single-Choice-Aufgaben beschränkt, können nur im Präsenzunterricht genutzt werden und erlauben keine individuellen Bearbeitungszeiträume. In Deutschland werden entsprechende Clicker-Systeme, darüber hinaus kaum genutzt, da hierfür zusätzliche Investitionen in die Abstimmungsgeräte notwendig sind und zusätzlicher Arbeitsaufwand für Einrichtung, Verwaltung und Betreuung der Systeme entsteht.

Studie zu neuen, digitalen Werkzeugen mit erweiterten Möglichkeiten
Da diese Defizite durch den Einsatz mobiler Endgeräte gegebenenfalls behoben werden können, wurde eine entsprechende Studie zur Identifizierung geeigneter digitaler Werkzeuge durchgeführt. Dabei wurde zunächst eine Angebotsrecherche durchgeführt und anschließend in Bezug auf einfache Nutzung, neue Aufgabenformate, erweitertes Feedback bzw. Guidance durch die Lehrkraft potentiell gewinnbringende Werkzeuge im Rahmen einer Lehrveranstaltung eingesetzt und getestet. Im Folgenden werden Werkzeuge dargestellt, mit denen in Bezug auf Verfügbarkeit, Vielfalt der Aufgabenformate, erweiterte Rückmeldungen oder Guidance für den Lerner besonders potentialträchtige Unterrichtsszenarien gestaltet werden können.

Werkzeuge mit vereinfachtem Handling und geringem Geräteaufwand
Zunächst konnte mit Plickers eine Alternative zu klassischen Clicker-Systemen identifiziert werden. Anstelle eines Clickers erhält hier jeder Lerner eine DIN-A5 große Stimmkarte, die mit einem QR-Code bedruckt ist. Die Beantwortung von Fragen erfolgt durch Hochhalten des QR-Codes. Dabei steht der Code, je nachdem welche der vier Seiten des Codes nach oben gehalten wird, für A, B, C oder D. Der Lehrende registriert die Antworten durch einen Schwenk mit der Kamera seines Smartphones oder Tablet-PCs über das Plenum. Die entsprechende App erkennt dabei die Codes, in denen neben der Antwort auch eine Nummerierung der Nutzer gespeichert ist und visualisiert die Abstimmungsergebnisse in Echtzeit. Somit kann mir Plickers die Funktionalität typischer Clicker-Systeme vollständig ersetzt werden, ohne das komplizierte Technik, teure Endgeräte und ein Internetzugang zur Verfü-

gung stehen müssen. Es bestehen jedoch weiter die Defizite in den Bereichen Aufgabenformate und Feedback. Wenn die individuellen Lerner über ein mobiles Endgerät und Internetzugriff verfügen, so ist eine Reihe weiterer Werkzeug einfach, flexibel und schnell einsetzbar, ohne dass der mit Clicker-Systemen verbundene Verwaltungsaufwand entsteht. Dabei liegt die Hürde aktuell vor allem im Bereich des Internetzugriffs im Unterricht, während die Verfügbarkeit von mobilen Endgeräten bei den Lernenden mit über 95% bereits sehr hoch ist (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2016).
Grundsätzlich sind unter diesen Voraussetzungen viele sog. internetgestützte Audience-Responce-Systeme wie Poll Everywhere, Socrative oder Acadly gut einsetzbar. Darüber hinaus bieten diese häufig ein erweitertes Funktions- und Aufgabenspektrum an, welches deutlich über die Beantwortung einfacher Single-Choice-Fragen hinausgeht. Ebenso können diese Werkzeuge auch bei Hausaufgaben eingesetzt werden, da durch die Nutzung des Internets keine räumlich-lokale Anwesenheit erforderlich ist. Weiter können einmal erstellte Aufgaben geringem Aufwand zwischen Lehrkräften geteilt werden. Dies erleichtert die Arbeit mit diesen Werkzeugen zusätzlich.

Neue Aufgaben- und Übungsformate

Nahezu alle identifizierten internetgestützten Werkzeuge bieten neben Aufgaben im Single-Choice Format bei beliebig vielen Antwortmöglichkeiten auch Multiple-Choice Aufgaben, bei denen mehrere Antworten als korrekt markiert werden können. Die Antwortmöglichkeiten können dabei aus Texten, Bildern oder Formeln in LaTeX bestehen. Für die naturwissenschaftliche Lehre von besonderem Interesse sind sog. Clickable Images, die mit Poll Everywhere realisiert werden können. Hier müssen bestimmte Orte auf einer Grafik markiert werden (Abb. 1). Damit kann insbesondere die komplexe Arbeit mit Diagrammen (vgl. Ballstaedt, 1997) gefördert, trainiert und geprüft werden. In den Quiz-Modulen gängiger Lern-Management-Systemen wie Moodle sind auch Lückentexte oder Aufgaben mit Zahleingaben möglich und können automatisiert ausgewertet werden. Aufgrund der kaum für Smartphones geeigneten Darstellungen sind diese Werkzeuge aktuell jedoch nur am PC oder Tablet-PC problemlos nutzbar und bieten daher im vorwiegend im Rahmen von Hausaufgaben Potential.

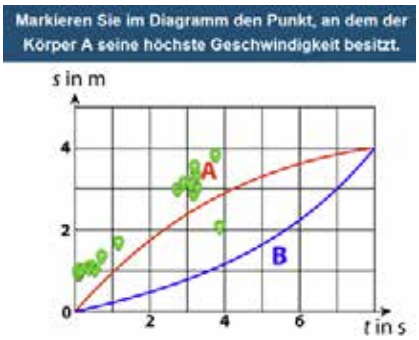


Abb. 1: Ergebniss einer Clickable Image Aufgabe mit Poll Everywhere

Auch Begriffszuordnungsaufgaben (Abb. 2) sind mit neuen Werkzeugen (z.B. Learningapps) oder durch einfache HTML5 und JavaScript Programmierung realisierbar. Hierbei können insbesondere zentrale Elemente von Versuchsaufbauten angesprochen und Begriffe oder Funktionsbeschreibungen eingeübt werden. An touch-gesteuerten Endgeräten oder Smartboards bieten Aufgaben, bei denen Begriffe an vorgegebene Positionen verschoben werden müssen durch das „Anfassen“ der Begriffe eine besondere Lerngelegenheit. Zusätzlich können Audience-Responce-Systeme durch die verfügbare Texteingabe auch zur Ideensammlung, Hypothesengenese oder für ein Brainstorming genutzt werden. Die Lerneingaben können dabei anonymisiert, in Echtzeit und auf verschiedene Art und Weise visua-

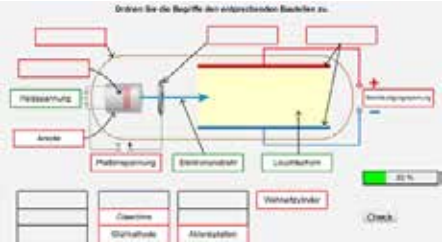


Abb. 2: Zuordnungsaufgabe zum Aufbau einer Elektronenablenkröhre

lisiert werden. Beispiele hierfür sind Word Clouds, bei denen häufig genannte Begriffe größer dargestellt werden, oder Textwalls, bei denen alle Antworten gemeinsam präsentiert werden.

Feedback für Lernende und Lehrende

Die Werkzeuge Socrative, Poll Everywhere, Moodle und Acadly bieten Lernern zunächst Feedback von einer neutralen Instanz. Dieses kann meist auch elaboriert sein und direkt nach Bearbeitung einer Aufgabe oder am Ende einer Fragenserie erfolgen. Durch die Präsentation der anonymisierten Antworten und Ergebnisse der Peer-Group kann mit den Werkzeugen auch ein Feedback auf Basis sozialer Bezugsnorm erzeugt werden. Für Lehrende bieten die Werkzeuge die Möglichkeit einer detaillierten Verfolgung der Lernprozesse. Dies gilt sowohl in Bezug auf die gesamte Lerngruppe als auch auf einzelne Lerner. Durch die automatische Auswertung vieler Aufgabentypen entfällt hierbei der hohe Korrekturaufwand, der bei klassischen Hausaufgabenkontrollen notwendig ist. Auf Basis der automatisierten Auswertung werden Reports erstellt, die dem Lehrenden Lernfortschritte übersichtlich anzeigen (Abb. 3) und so Basis für eine evidenzbasierte Beurteilung der Wirkung des eigenen Unterrichtes sein können.

Name	Progress (%)	#1	#2	#3
Christiane	100%	C	False	9,81
TB12	100%	B	True	9,81
Theresa	100%	C	True	9,81
Theresa z	100%	A	False	9,82
Class Total		50%	50%	0%

Abb. 3: Feedback Report in Socrative

Guidance und Scaffolding für Lerner

Socrative und SparkVue von Pasco bieten darüber hinaus der Lehrkraft die Möglichkeit den Arbeitsprozess der Lerner direkt zu steuern. Das Fortschreiten durch verschiedene Aufgaben kann für die ganze Lerngruppe zentral reguliert werden. Somit sind mit diesen Werkzeugen auch eine intensive Führung der Lerner und ein entsprechendes Zeitmanagement möglich. Weiter ist SparkVue nicht rein auf eine Abfolge von Frage und Antwort begrenzt, sondern ermöglicht Lehrkräften, beliebiges Instruktionsmaterial auf die Endgeräte der Lerner zu transportieren. Auch Messwerte gemeinsam durchgeführter Experimente können so in Echtzeit, ohne Umwege über Cloud-Lösungen direkt an alle Lerner verteilt werden (Abb. 4). Dies bietet weiteres Potential, welches deutlich über das von einfachen Clicker-System hinausgeht.

Abb. 4: Messwertverteilung in Echtzeit in SparkVue

Fazit und Ausblick

Die Studie zeigt, dass eine Vielzahl an Werkzeugen verfügbar ist, mit denen Clicker-Systeme vollständig ersetzt werden können. In mehreren Bereichen bieten die identifizierten Werkzeuge dabei weitere Vorteile: Sie sind kostengünstiger verfügbar, einfacher einsetzbar, mit ihnen können weitere Fragenformate und Einsatzszenarien realisiert werden und sie bieten ein erweitertes Feedback, sowohl für Lernende als auch für Lehrende. Allerdings gibt es aktuell kein Werkzeug, mit dem sich alle aufgezeigten Einsatzszenarien realisieren lassen. Alle Werkzeuge besitzen spezifische Stärken und Schwächen. Aus Forschungsperspektive ist daher eine genauere Untersuchung notwendig, welche Feedbackelemente, Fragenformate und Einsatzszenarien besonders lernwirksam sind, um hieraus weitere Implikationen für die effiziente Nutzung der Werkzeuge in Schule und universitärer Lehre zu gewinnen.

Literatur

Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung: Die Gestaltung von Lernmaterial*: Beltz, PsychologieVerlags-Union.

Hattie, J. A. C. (2008). *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. New York: Routledge.

Hunsu, N. J., Adesope, O., & Bayly, D. J. (2016). A meta-analysis of the effects of audience response systems (clicker-based technologies) on cognition and affect. *Computers & Education, 94,* 102–119. doi:10.1016/j.compedu.2015.11.013

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2016). *JIM 2016: Jugend, Information, (Multi-) Media*. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Verfügbar unter https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2016/JIM_Studie_2016.pdf

Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. *Review of Educational Research, 78*(1), 153–189. doi:10.3102/0034654307313795

Jenny Meßinger-Koppelt[1]
Stefan Richtberg[2]
Ingolf Sauer[1]

[1]Joachim Herz Stiftung
[2]LMU München

Nutzung und Bedarf: Ergebnisse der 2. LEIFIphysik-Nutzerbefragung

LEIFIphysik umfasst altersgerechte Materialien für den Physikunterricht von der Klasse 5 bis zum Abitur. In 12 Teilgebieten mit ca. 100 Themenbereichen werden physikalische Fragestellungen von der Lichtbrechung bis hin zum deterministischen Chaos besprochen. Insgesamt zählt das Portal über 8.300 einzelne Seiten und beinhaltet 1.150 Animationen und Simulationen sowie etwa 4.000 Aufgaben mit Lösungen. Mit in der Spitze über 950.000 Besuchern pro Monat gehört es im deutschsprachigen Raum zu den großen Internet-Lernportalen im Bereich der Naturwissenschaften.
Zur Evaluation und Weiterentwicklung des Projektes werden auf LEIFIphysik u.a. Tools zur Webseiten-Analyse wie Google Analytics eingesetzt und onlinebasierte Nutzerbefragungen durchgeführt. Aufgrund der großen Reichweite und hohen Nutzerzahl können auf Basis dieser Daten nicht nur die Nutzungsweisen des internetbasierten Lernangebotes beschrieben, sondern hieraus auch Implikationen für Bedarf, Hinweise auf den Anspruch an solche Lerngelegenheiten und bedeutsame Fragestellungen für fachdidaktische Forschung mit Bezug zum Lernen mit Internetangeboten abgeleitet werden.

Datenbasis: Die erste Nutzerumfrage wurde im Jahr 2013 durchgeführt (Joachim Herz Stiftung, 2014). Im Herbst 2016 wurde erneut eine Nutzerbefragung durchgeführt (Joachim Herz Stiftung, 2017), die neben Teilen des Fragebogens aus 2013 insbesondere Aspekte zur Nutzung von LEIFIphysik und der Erwartungen an ein modernes Lernangebot im Internet abfragte. An der anonymen Online-Befragung nahmen N=3.942 Nutzer teil, wobei 3.234 den Fragebogen vollständig ausfüllten. Zusätzlich stehen für die letzten vier Schuljahre Daten von Google Analytics für die gesamte Webseite zur Verfügung.

Teilnehmer an der Nutzerumfrage: Für die Auswertung wurden nur die n = 3.234 vollständigen Fragebögen berücksichtigt. Dabei entfielen 36 % der Rückmeldungen auf Lehrkräfte einschließlich solcher in der zweiten Ausbildungsphase, 50 % auf Schülerinnen und Schüler, 8 % auf Studierende und der Rest auf sonstige Nutzergruppen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass dies keine direkten Rückschlüsse auf die realen Nutzeranteile erlaubt, sondern stark von der Neigung zur Teilnahme an der Umfrage abhängt.
Die Verteilung bzgl. Geschlecht ist dabei sowohl bei Lehrenden als auch bei Lernenden mit etwa 60 % männlich und 40 % weiblich leicht in Richtung männlich verschoben. In Bezug auf das Alter zeigen sich bei den Lehrkräften keine starken Unterschiede der Nutzerzahlen. Von den Schülerinnen und Schülern, die an der Umfrage teilgenommen haben, besuchen mit 67 % etwa zwei Drittel die Klassenstufen 11 bis 13.

Simulationen und Aufgaben – besonders beliebt: Vor allem bei außerunterrichtlichen Lernaktivitäten sollte das Inhaltsangebot einer Lernplattform aus motivationalen Aspekten an die Bedürfnisse und Wünsche der Nutzer angepasst sein. Bei den hierauf fokussierenden Teilen der Umfrage wurde deutlich, dass neben den Angeboten zum Grundwissen vor allem Simulationen und Aufgaben genutzt und nachgefragt werden (vgl. Abb. 1). Dies trifft sowohl auf Lehrende als auch auf Lernende zu. Geschichtliche Informationen werden hingegen insb. von Schülerinnen und Schülern weniger genutzt, was Ergebnissen der Interessensforschung, bspw. den ROSE-Studien (Schreiner & Sjøberg, 2004) entspricht.

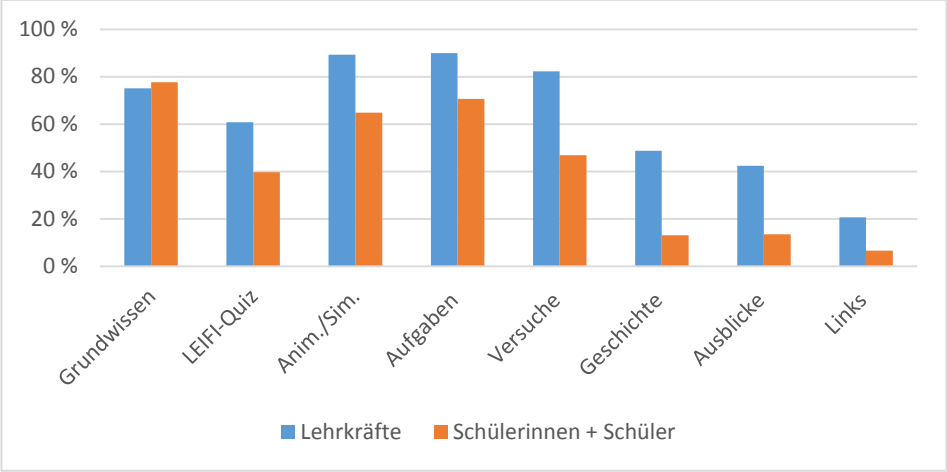


Abb. 1: Nutzung der einzelnen Angebote durch Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler (Mehrfachnennung möglich)

Weiter ist, sowohl von Lehrenden als auch Lernenden, in den Bereichen Simulationen und Aufgaben der Wunsch nach weiteren Inhalten ausgeprägt. Etwa 50 % der Lehrenden und 40 % der Lernenden bringen dies zum Ausdruck. Besonders überraschend ist dieses Ergebnis, da LEIFIphysik bereits etwa 4.000 Aufgaben und über 1.000 Simulationen und Animationen enthält.

Lernvideos - ein Muss? Der Wunsch nach mehr Videos ist mit etwa 42 % bei Lehrenden und 33 % bei Lernenden geringer, obwohl LEIFIphysik hier aktuell deutlich weniger Angebote bereithält als in den anderen Bereichen. Dabei sind entsprechende YouTube-Kanäle wie TheSimplePhysics sehr erfolgreich und auch öffentlich-rechtliche Medien sind hier bspw. mit ihrem Kanal musstewissen aktiv. Um diesen scheinbaren Widerspruch aufzulösen, sind weitere Forschungsarbeiten und Nutzerbefragungen notwendig. Hierbei sollte verstärkt in den Blick genommen werden, welche Erwartungen Lerner an Videos stellen und mit welchen Zielen und Absichten sie Videos mit Bezug zum Schulunterricht ansehen.
Gestützt wird die Forderung nach weiterer Forschung im Bereich Videos durch die Ergebnisse der vertiefenden Frage, welche Videoarten (Einführungs-, Erklär- oder Versuchsvideos) angeboten werden sollen (vgl. Abb. 2). Hier zeigte sich ein gemischtes Bild. Während sich Lerner mit 29 % am häufigsten Erklärvideos wünschen, besteht auf Seiten der Lehrkräfte mit 38 % der höchste Bedarf nach Videos zu Versuchen aus dem Schulunterricht. Insgesamt werden jedoch alle drei Videoarten bei möglicher Mehrfachnennung in nicht zu vernachlässigender Größenordnung genannt, sodass hier ebenfalls ergänzende Forschungen notwendig sind, um eine zielgerichtete Entwicklung von Videos zu ermöglichen.

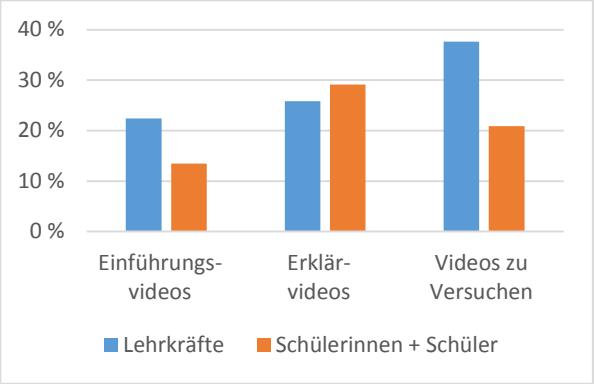


Abb. 2: Gewünschte Videoformate nach Nutzergruppen

Mobile Nutzung von Lernangeboten: Aufgrund der guten Versorgungslage mit internetfähigen Smartphones und den langen Nutzungszeiten hiervon bei Schülerinnen und Schülern, wie sie u. a. in der JIM-Studie (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2016) dokumentiert sind, rücken zugehörige Fragestellungen zunehmend auch in den Fokus der Naturwissenschaftsdidaktiken. Die steigende Nutzung von Smartphones zeigt sich auch in

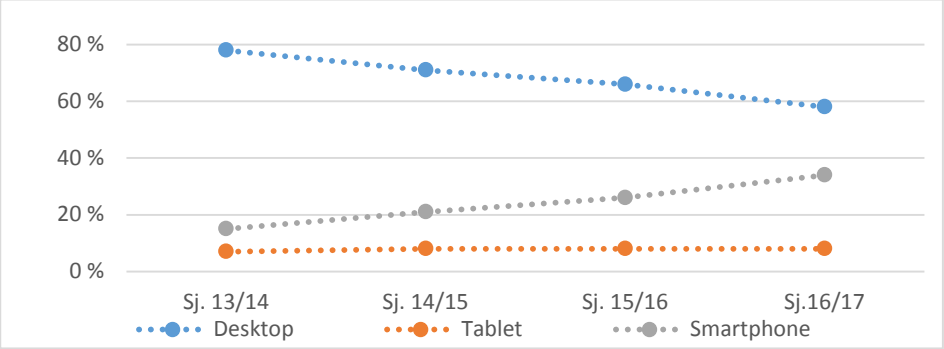


Abb. 3: Anteile der Nutzung nach Endgerät im zeitlichen Verlauf

den Nutzungsdaten für LEIFIphysik.
Wie in Abb. 3 dargestellt, ist der Anteil der Nutzer, die die Webseite per Smartphone besuchen, von 15 % im Schuljahr 2013/2014 auf 34 % im Schuljahr 2016/2017 angewachsen. Im Gegenzug nahm der Anteil der Aufrufe über Desktop-PCs in nahezu gleichem Maße von 78 % auf 58 % ab. Für Tablet-PCs kann, trotz der propagierten Tablet-Klassen, bei LEIFIphysik bisher keine Veränderung festgestellt werden.
Die Bedeutung des Smartphones unterstreichen auch die Daten aus der Nutzerbefragung. So nutzen nur ein Drittel der Schülerinnen und Schüler LEIFIphysik nie mit dem Smartphone. Selbst bei Lehrkräften sind diejenigen, die die Seite nie auf mobilen Endgeräten nutzen in der Minderheit. Hierbei konnte in den Daten auch kein signifikanter Einfluss des Alters der Lehrkräfte auf die mobile Nutzung nachgewiesen werden.

Implikationen für Forschung und Entwicklung: Neben den offenen Fragen zum Lernen mit Videos ergeben sich aus den Ergebnissen zur Smartphonenutzung weitere Ansatzpunkte für didaktische Forschungen. Dabei sollte u. a. der Aspekt thematisiert werden, wie komplexe naturwissenschaftliche Inhalte im Web aufbereitet, strukturiert und visuell dargestellt werden müssen, sodass ein effizientes Lernen hiermit speziell bei der Nutzung von Smartphones gefördert wird. Dabei erscheint es wünschenswert auch die häufig genutzten Inhaltskategorien Aufgaben und Simulationen zu berücksichtigen. Weiter bieten Aufgaben, die an einem mobilen Endgerät bearbeitet und gelöst werden können, sowohl aus Forschungs- als auch aus Entwicklungsperspektive vielfältige neue Möglichkeiten, die auch auf LEIFIphysik verstärkt berücksichtigt werden sollen. So können bspw. neue Aufgabenformate realisiert und automatisiertes Feedback angeboten werden. In einem weiteren Schritt ist auch eine Individualisierung der Aufgaben an den aktuellen Lernstand eines Nutzers denkbar.

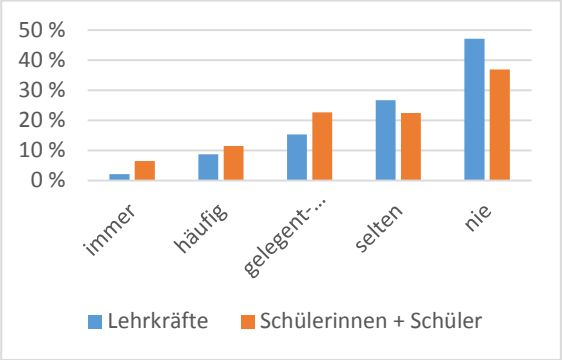


Abb. 4: Häufigkeit der mobilen Nutzung von LEIFIphysik

Literatur

Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE: Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education): a comparative study of students' views of science and science education. *Acta didactica http://urn.nb.no/URN:NBN:no-14505*,

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2016). *JIM 2016: Jugend, Information, (Multi-) Media*. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Verfügbar unter https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2016/JIM_Studie_2016.pdf (12.10.2017)

Joachim Herz Stiftung. (2014). *Ergebnisse der LEIFIphysik Nutzerumfrage*. Verfügbar unter https://www.leifiphysik.de/sites/default/files/medien/leifi_ergebnisse_umfrage2014.pdf (12.10.2017)

Joachim Herz Stiftung. (2017). *Ergebnisse der 2. LEIFIphysik Nutzerumfrage*. Verfügbar unter https://www.leifiphysik.de/sites/default/files/medien/auswertungnutzerumfrage2016.pdf (12.10.2017)

Christoph Hoyer Ludwig-Maximilians-Universität München
Raimund Girwidz

Didaktische Aspekte von Multimedia – Aufgezeigt an HTML5-Anwendungen

Zum Lernen mit digitalen Medien gibt es eine Vielzahl von Theorien und Ansätzen. In dem Sammelwerk von Mayer (2014) sind übergeordnete lernpsychologische Theorien, wie die „Theorie zum multimedialen Lernen“ (Mayer, 2009) oder „Das integrierte Modell des Text- und Bildverstehens“ (Schnotz & Bannert, 2003) und spezifische Ansätze zur multimedialen Lehr- Lerntheorie, wie „Anchored Instruction“ (Bransford, Sherwood, Hasselbring, Kinzer & Williams, 1989), „Situated Learning“ (Lave & Wenger, 2011) oder die „Cognitive Flexibility Theorie“ (Spiro, Coulson, Feltovich & Anderson, 1988) skizziert. Die zur Erläuterung dieser Konzepte verwendeten Beispiele kommen aus unterschiedlichsten Fachrichtungen und sind nicht physikspezifisch ausgestaltet. Doch gerade eine fachliche Ausrichtung ist dringend nötig, um angehenden Lehrkräften Umsetzungskonzepte für ihr jeweiliges Unterrichtsfach deutlich zu machen. Im letzten Jahr wurde daher eine Internetseite konzipiert, die die theoretischen Grundlagen mit konkreten Beispielen für den Physikunterricht kombiniert. Den Studierenden soll dadurch ein motivierender Einstieg in das Themengebiet „Lernen mit Multimedia“ gegeben werden, der auch einen kritischen Umgang mit multimedialen Anwendungen anregt. Im Folgenden werden ausgewählte Inhalte der Internetseite vorgestellt, mit denen Studierende bereits im Sommersemester 2017 begleitend zur Vorlesung „Einführung in die Physikdidaktik“ arbeiteten.

Multimodalität

Multimodales Lernmaterial ermöglicht das Ansprechen mehrerer Sinne (z.B. Hören und Sehen) (Weidenmann, 1995). Einen guten Überblick zu diesem Thema geben Low und Sweller (2014). Um den Mehrwert multimodalen Materials anschaulich zu verstehen, arbeiten die Studierenden mit einer Anwendung aus der Akustik, die eine sequenzierte Multimodalität nutzt. Im ersten Schritt zeigt ein stummes Video den zeitlichen Verlauf von Luftdruckschwankungen eines akustischen Phänomens. Hierzu soll dann durch Analyse des Diagramms eine Hypothese über das zugrundeliegende akustische Ereignis aufgestellt werden. Im zweiten Schritt zeigt ein weiterführender Link ein zweites Video, das die Hypothesenprüfung ermöglicht. Hierfür wird das zuvor gesehene Video mit dem dazugehörigen Ton und einem Video des verursachenden Phänomens kombiniert. Es zeigt sich, dass durch die Nutzung eines weiteren Sinneskanals (Hören) die Interpretation einer Darstellung (zur Luftdruckschwankung) erleichtert werden kann. Zugleich veranschaulicht dieses Beispiel, dass durch Multimodalität physikalische Phänomene und ihre physikalische Beschreibung simultan dargeboten werden können.

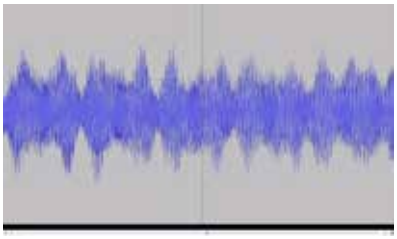


Abb.1 Stummes Video des zeitlichen Verlaufs einer Audiospur

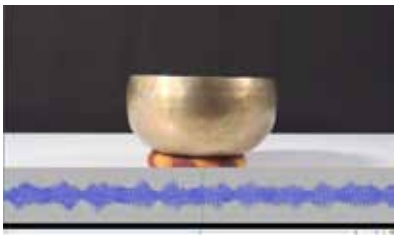


Abb.2 Prüfung der Hypothese durch Video mit Ton

Multicodierung
Die Wahl unterschiedlicher Codierungsformen eines Sachverhaltes kann je nach Lerngegenstand und Lernziel verschiedene Aspekte hervorheben (Ainsworth, Bibby & Wood, 1997; Ainsworth, 1999; Spiro et al., 1988). Um den Transfer zwischen Codierungsformen zu unterstützen, können weiterhin Messwerte simultan in verschiedenartigen Repräsentationen visualisiert werden. Das Anwendungsbeispiel zeigt dies exemplarisch für die Bewegung einer Lokomotive. Der Nutzer kann zwischen vorgegebenen, geradlinigen Bewegungen wählen und den Ablauf über eine Steuerleiste kontrollieren. In Abbildung 3 ist ein Screenshot der betreffenden Anwendung zu sehen.

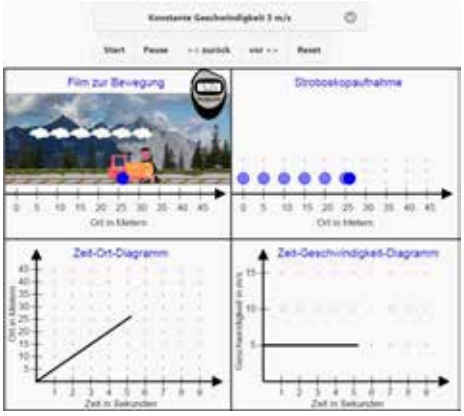


Abb. 3 Multicodierte Bewegung einer Lokomotive

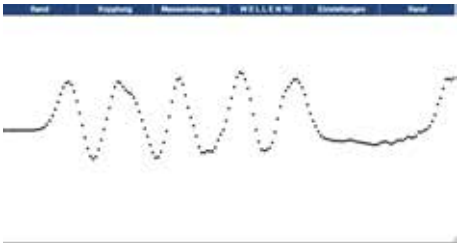


Abb. 4 Interaktive Wellenmaschine

Interaktivität
Interaktivität unterscheidet neue Medien ganz wesentlich von „klassischen" Medien, die jedem Lerner dieselbe Information zeigen (beispielsweise als Film- oder Tonaufnahme). Interaktives Lernmaterial hingegen kann dem Nutzer Rückmeldung über sein Handeln geben und sich sogar speziell auf individuelle Bedürfnisse anpassen (Girwidz, 2010). So wird der Schritt von einem behavioristischen Lerndesign hin zu einer konstruktivistischen Lernumgebung gegangen und Lernen als aktiver Prozess unterstützt (Bransford et al., 1989; Spiro et al., 1988; Wilson, 1998). Als ein Beispiel für eine interaktive Anwendung dient den Studierenden die in Abbildung 4 gezeigte Wellenmaschine. Die Punkte der Teilchenkette können frei mit der Maus bewegt werden. Der Nutzer erlebt direkt die Folgen seiner Aktionen und erhält bei vorgegebenen Aufgabenstellungen (z.B. zum Erzeugen einer stehenden Welle) sofort ein sachimmanentes Feedback durch das Systemverhalten.

Cognitive Load
Die Cognitive Load Theory (Sweller, 2010) beschäftigt sich mit der kognitiven Belastung beim Wissenserwerb. Inhaltliche Komplexität eines Themenbereichs, sowie äußere Einflüsse in der Lernsituation, beeinflussen diese kognitive Belastung (Chandler & Sweller, 1991; Sweller, 1994). Mayer und Moreno (2003) beschreiben Sequenzierung als eine Möglichkeit um den Cognitive Load zu verringern. Die vorgestellte Internetanwendung konkretisiert dies für den Strahlungshaushalt der Erde. Drei Schritte veranschaulichen Optionen, wie die Informationsflut angeboten werden kann:

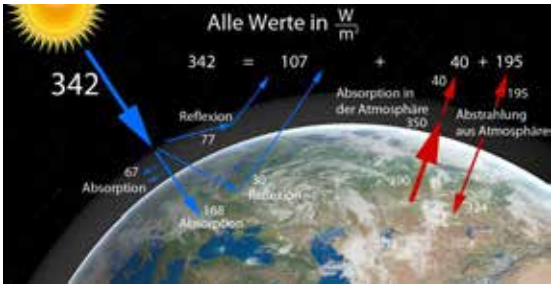


Abb. 5 Cognitive Load beim Strahlungshaushalt

- Im ersten Schritt wird das in Abbildung 5 gezeigte Bild mit sehr vielen und daher unübersichtlichen Informationen zum Strahlungshaushalt gezeigt.
- Im zweiten Schritt wird ein animiertes Bild gezeigt, dass die Informationen sukzessive nach bestimmten Zeitintervallen einblendet. Dem Betrachter wird dabei die Betrachtungszeit vorgegeben.
- Im dritten Schritt kann sich der Betrachter durch eine animierte Anwendung klicken. Er kann selbst die Zeitintervalle festlegen und auch zu vorherigen Schritten zurückkehren.

Supplantation

Multimediale Anwendungen können das Vorgehen bei kognitiven Prozessen visualisieren. Dies nennt Salomon (1981) Supplantation. Für die Anwendung von Supplantation kann den Lernern zunächst der Prozess durch ein externes Medium aufgezeigt werden. Anschließend wird die Hilfe dann zunehmend ausgeblendet, bis der Lerner den Vorgang auch ohne Hilfsmittel nachvollziehen kann. Zur Veranschaulichung dieses Prinzips dient eine Animation des Federschwingers. Hier wird die „reale" Bewegung des Schwingers mit dem entstehenden y-t-Diagramm der Bewegung gekoppelt.

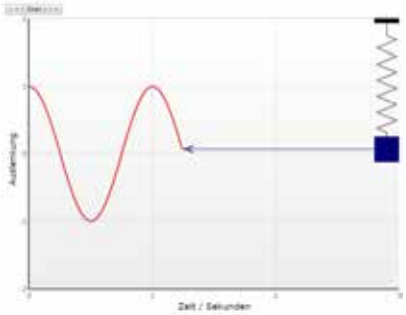


Abb. 6 Supplantation zum Federschwinger

Situiertes Lernen

Nach Brown, Collins und Duguid (1989) ist für das Verstehen eine Interaktion in authentischen Lernsituationen wichtig. Verstehen ist für sie ein interaktiver, kontinuierlicher Prozess mit einer starken situativen Komponente. Wird Wissen in einem ganz bestimmten Kontext erworben, muss es dem Lerner nicht zwangsläufig auch in anderen Situationen zur Verfügung stehen. Im Sinne des Situierten Lernens sollte Wissen in realistischen, praxisnahen Problemstellungen vermittelt werden. Als Beispiel für eine kontextorientierte Vertiefung der Themenbereiche Haft- und Gleitreibung dient die in Abbildung 7 vorgestellte Anwendung, welche die Entstehung von Lawinen unter einfachen Modellannahmen beschreibt. Parameter, die der Berechnung zu Grunde liegen, können dabei vom Lerner gewählt werden. Außerdem lassen sich die wirkenden Kräfte anzeigen.

Abb. 7 Situiertes Lernen am Beispiel Lawine

Akzeptanz bei Studierenden und Ausblick

Im Sommersemester 2017 wurde die Internetseite mit den Programmen erstmals in die Vorlesung „Einführung in die Physikdidaktik" integriert. Die Studierenden nutzten das Internetangebot auch von zu Hause aus, um den in der Vorlesung behandelten Stoff zu vertiefen. Sie schilderten zudem in retrospektiven Interviews, dass ihnen die Anwendungen beim Verstehen der theoretischen Konzepte geholfen hätten. Nach diesen ersten positiven Erfahrungen wird die Internetseite in Zukunft fester Bestandteil der Vorlesung werden. Außerdem wird das Repertoire an Beispielen weiter ausgebaut und die Nutzung durch die Studierenden genauer analysiert. Zur Internetseite gelangen Sie unter folgendem Link:

www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/multimedia/

Literatur

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education, 33* (2-3), 131–152.

Ainsworth, S. E., Bibby, P. A. & Wood, D. J. (1997). Information technology and multiple representations. New opportunities – new problems. *Journal of Information Techology for Teacher Education, 6* (1), 93–105. https://doi.org/10.1080/14759399700200006

Bransford, J. D., Sherwood, R. D., Hasselbring, T. S., Kinzer, C. K. & Williams, S. M. (1989). Anchored Instruction. Why We Need It and How Technology Can Help.

Brown, J., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher* (Vol. 18, No 1 (Jan.- Feb., 1989)), 32–42.

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction, 8* (4), 293–332. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2

Girwidz, R. (2010). Neue Medien und Multimedia. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (Springer-Lehrbuch, 2. Aufl., S. 423–450). Berlin: Springer.

Lave, J. & Wenger, E. (2011). *Situated learning. Legitimate peripheral participation* (Learning in doing, 24. print). Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Low, R. & Sweller, J. (2014). The Modality Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (Cambridge handbooks in psychology, Second edition, S. 227–246). New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (Hrsg.). (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (Cambridge handbooks in psychology, Second edition). New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist, 38* (1), 43–52. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6

Salomon, G. (1981). *Interaction of media, cognition, and learning. [an exploration of how symbolic forms cultivate mental skills and affect knowledge acquisition]* (The Jossey-Bass social and behavioral science series, 2. print). San Francisco: Jossey-Bass Publ.

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction, 13* (2), 141–156. https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8

Spiro, R. J., Coulson, R. L., Feltovich, P. J. & Anderson, D. K. (1988). Cognitive flexibility theory advanced knowledge acquisition in ill-structured domains.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction, 4* (4), 295–312. https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5

Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review, 22* (2), 123–138. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5

Weidenmann, B. (1995). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß. In L. J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia* (S. 65–84). Weinheim: Beltz Psychologie-Verl.-Union.

Wilson, B. G. (Ed.). (1998). *Constructivist learning environments. Case studies in instructional design* (2. print). Englewood Cliffs, N.J: Educational Technology Publications.

Tim Höffler IPN Kiel
Knut Neumann
Marc Eckhardt
Ute Harms
Olaf Köller
Irene Neumann
Ilka Parchmann

Das Projekt WinnerS: Wirkungen naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerbe

Die Nachfrage nach hoch qualifizierten MINT-Fachkräften ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen (Osborne, Simon & Collins, 2003). Dem gegenüber steht aber eine gleichbleibend niedrige Zahl entsprechend qualifizierter Absolventen (Müller, 2009). Eine Ursache dafür ist in dem im Vergleich zu anderen Fächern überproportionalen Abfall des Interesses an den Naturwissenschaften im Verlauf der Mittelstufe zu vermuten (z.B. Beaton et al., 1996; Daniels, 2008; Hoffmann & Lehrke, 1986). Die unmittelbare Folge ist eine geringere Zahl von Schülerinnen und Schülern, die naturwissenschaftliche Fächer in der Oberstufe belegen (sofern die Wahlmöglichkeit für die Oberstufe besteht, z.B. Kessels & Hannover, 2002; Köller & Klieme, 2000), dann ein naturwissenschaftlich-technisches Studium aufnehmen und anschließend einen entsprechenden Beruf ergreifen. Auffällig ist, dass selbst im MINT-Bereich hoch qualifizierte Schülerinnen und Schüler ein eher geringes Interesse zeigen, einen naturwissenschaftlich-technischen Beruf zu ergreifen (Prenzel, Reiss & Hasselhorn, 2009; Schreiner & Sjøberg, 2007). Vor diesem Hintergrund gewinnt die Rolle des Interesses bei der Förderung hoch qualifizierter Jugendlicher zunehmend an Bedeutung (Maltese & Tai, 2010).

Schülerwettbewerbe als Enrichment

Ziel von Enrichmentmaßnahmen ist es unter anderem, hoch qualifizierten Schülerinnen und Schülern die Auseinandersetzung mit anspruchsvollen, komplexen Inhalten zu ermöglichen (z.B. Rogers, 2002). Auch sollen Enrichmentmaßnahmen Fähigkeiten und Fertigkeiten wie z.B. Problemlösen vermitteln (z.B. Gallagher, 1981). Ein weiteres wichtiges Ziel liegt im affektiven Bereich, etwa in der Steigerung des Interesses (Ziegler & Stoeger, 2009).

Eine spezifische Form des Enrichments sind Schülerwettbewerbe (Goldstein & Wagner, 1993). Jährlich nehmen über 100.000 Jugendliche an den mehr als 20 von der KMK empfohlenen nationalen und zahlreichen Wettbewerben auf Länder- oder regionaler Ebene teil (ebd.). Zu den Wettbewerben im Bereich der Naturwissenschaften zählen neben Projektwettbewerben wie „Jugend forscht“ oder dem Bundesumweltwettbewerb (BUW) vor allem die ScienceOlympiaden – die Auswahlwettbewerbe zur International Junior Science Olympiad (IJSO), International Biology Olympiad (IBO), International Chemistry Olympiad (IChO) und International Physics Olympiad (IPhO). Diese Wettbewerbe umfassen mehrere Auswahlrunden, in denen die Teilnehmenden Aufgaben bearbeiten und Klausuren schreiben.

Wirkungen von Schülerwettbewerben

Zu den Wirkungen von Schülerwettbewerben als spezifischer Form des Enrichments in den Naturwissenschaften liegen nur wenige Erkenntnisse vor (z.B. Campbell, 1996; Campbell, Wagner & Walberg, 2000). Belegt ist, dass erfolgreiche Teilnehmende in den USA später überwiegend an Eliteuniversitäten studieren, zu einem sehr großen Teil MINT-Berufe ergreifen und in diesen herausragende Leistungen erbringen (Campbell et al., 2000). Diese

Befunde wurden jedoch im Wesentlichen auf der Basis retrospektiver Befragungen erfolgreicher Teilnehmender gewonnen.

Die Motivations- und Interessensforschung lässt erwarten, dass gerade wiederholter Erfolg zu einer nachhaltigen Ausbildung individuellen Interesses an den Naturwissenschaften führt (u.a. Krapp, 2002; vgl. Deci & Ryan, 2000), was wiederum positiven Einfluss auf die Leistung (z.B. Schiefele, Krapp & Schreyer, 1993), damit auf das Selbstkonzept und in der Folge auf die Berufswahl haben dürfte (z.B. Nagengast & Marsh, 2012). Umgekehrt sollte Misserfolg mit negativem Kompetenzerleben einhergehen und sich entsprechend auf Motivation und Interesse auswirken (vgl. Deci & Ryan, 2000). Wettbewerbsteilnehmende weisen ein hohes Fachinteresse auf (Campbell, 1996). Hochleistende Jugendliche, besonders Mädchen, sind jedoch häufig vielseitig interessiert (Vock, Köller & Nagy, 2013). Ein Misserfolg in einem naturwissenschaftlichen Wettbewerb z.B. könnte somit zum Abwenden von den Naturwissenschaften zugunsten anderer Interessensfelder führen.

In der Summe ist damit bisher weitgehend ungeklärt, welche Faktoren letztendlich über Erfolg und Misserfolg in Wettbewerben im Bereich der Naturwissenschaften entscheiden und wie sich Erfolg bzw. Misserfolg auf die weitere Entwicklung im kognitiven Bereich (z.B. hinsichtlich der Leistungen in den Naturwissenschaften) und affektiven Bereich (z.B. bezüglich des Interesses, einen naturwissenschaftlich-technischen Beruf zu ergreifen), auswirken. Auch ist unklar, inwieweit in den Wettbewerben tatsächlich eine Förderung stattfindet oder ob lediglich die leistungsstärksten Jugendlichen ausgewählt werden. Zudem sind positive wie negative Wirkungen entlang des Auswahlprozesses nicht bekannt, entsprechende Forschungsergebnisse könnten hier zu einer zielgerichteten Entwicklung von Unterstützungs- und Ergänzungsmaßnahmen führen. Genau hier setzt das hier vorgestellte Projekt *WinnerS – Wirkungen naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerbe* an.

Ziele und Fragestellungen

Identifikation von Determinanten des Erfolgs und Misserfolgs

Die Grundlage für die Bearbeitung dieses Forschungsziels bildet das von Urhahne et al. (2012) bzw. Stang et al. (2014) adaptierte und angepasste Modell der Leistungsmotivation nach Wigfield und Eccles (2000). Im Kern steht dabei die Frage, durch welche Determinanten – insbesondere durch welche kognitiven und affektiven Merkmale – sich die Teilnahme an naturwissenschaftlichen Wettbewerben und in der Folge Erfolg bzw. Misserfolg bei der Teilnahme vorhersagen lassen. Ziel ist die Aufklärung des Wirkgefüges der angenommenen relevanten Faktoren z.B. dahingehend, inwieweit Erfolg bzw. Misserfolg bei Kontrolle externer (elterlicher) Einflüsse unmittelbar durch (stabile) Personenmerkmale wie Intelligenz, durch (veränderliche) leistungsbezogene Vorerfahrungen oder mittelbar über affektive Merkmale wie Selbstkonzept und Interesse vorhergesagt wird. Dabei soll auch in den Blick genommen werden, ob und wie sich diese Wirkgefüge über die Wettbewerbsrunden hinweg ändern.

Untersuchung der Wirkung von Erfolg und Misserfolg auf kognitive und affektive Merkmale

Hier sollen Erkenntnisse über die Wirkung von Wettbewerben auf die Gewinnung hoch qualifizierten Nachwuchses im MINT-Bereich generiert werden. Von besonderem Interesse ist, inwieweit sich erfolgreiche Teilnehmende im Verlauf des Wettbewerbs in Leistung und Interesse an Naturwissenschaften sowie in Berufsaspirationen und naturwissenschaftlichem Selbstkonzept steigern. Für die Bestimmung der Effekte des Wettbewerbs auf die weitere Entwicklung der Teilnehmenden ist es von besonderem Vorteil, dass die Auswahl für die nächste Runde jeweils über ein klar definiertes Kriterium (Testleistung) erfolgt und somit ein *Regression Discontinuity Design* (Thistlewaite & Campbell, 1960) vorliegt. Des

Weiteren soll auch der Einfluss negativer Auswahlentscheidungen auf affektive Merkmale wie Selbstkonzept, Selbstwirksamkeit und Interesse sowie Berufsaspirationen untersucht werden. Dazu sollen insbesondere Teilnehmende, die trotz ausreichender Qualifikation die nächste Runde gerade nicht mehr erreichen, mit solchen, die ausgewählt wurden, verglichen werden.

In der Zusammenführung beider Bereiche soll schließlich ein reziprokes Wirkmodell für naturwissenschaftliche Schülerwettbewerbe als (kompetitive) Enrichmentmaßnahmen abgeleitet werden. Ein solches Modell gibt Aufschluss über die Validität der Übergangsentscheidung, d.h. ob über die Runden hinweg tatsächlich die Teilnehmenden mit dem höchsten Potential ausgewählt werden. Zudem kann anhand des Modells abgeschätzt werden, inwieweit den Wettbewerben jenseits einer Selektion auch eine Förderung gelingt und damit, inwieweit Wettbewerbe sowohl Spitzen- als auch Breitenförderung leisten. Erkenntnisse über die weitere Entwicklung ausgeschiedener Teilnehmender wiederum liefern Informationen darüber, ob und wie diese weiter gefördert werden müssten, um negative Effekte des Ausscheidens zu kompensieren.

Methode

Das Vorhaben ist als vergleichender Längsschnitt ausgewählter naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerbe angelegt. Mit Blick auf den Abfall des Interesses an den Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I sollen sowohl die IJSO, die Jugendliche im Alter von 10 bis 15 Jahren anspricht und damit möglicherweise noch geeignet ist, den Interessensabfall zu kompensieren, sowie die Auswahlwettbewerbe zur IBO, IChO und IPhO untersucht werden, die Jugendliche im Alter von 16 bis 20 Jahren ansprechen – also gerade solche Jugendliche, deren Interessensprofile sich bereits weitgehend gefestigt und spezialisiert haben. Durch die Auswahl der drei Facholympiaden sowie des BUW soll das Spektrum naturwissenschaftlicher Wettbewerbe möglichst breit abgedeckt werden. Die IJSO sowie die IBO-, IChO- und IPhO-Auswahlwettbewerbe sind Aufgabenwettbewerbe, d.h. die Jugendlichen bearbeiten individuell speziell entwickelte Aufgaben, der BUW ist ein Projektwettbewerb, dessen Altersbereich den der anderen Wettbewerbe umfasst. Als Kontrollgruppe werden vergleichbare, nicht an Schülerwettbewerben teilnehmende Jugendliche untersucht. Über die einzelnen Wettbewerbe hinweg sind insgesamt fünf Messzeitpunkte (MZP) vorgesehen. Zu jedem MZP werden dabei sowohl die aktuell am Wettbewerb teilnehmenden als auch die zuvor ausgeschiedenen Jugendlichen in einer Online-Untersuchung befragt.

Ausblick

Mit dem Projekt wird erstmalig eine strukturierte, längsschnittliche und interdisziplinäre Untersuchung naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerbe realisiert, die nicht nur Aufschluss über Erfolgsdeterminanten in den Wettbewerben erbringen soll, sondern darüber hinaus auch Aufschluss über die Wirkungen von Wettbewerben erwarten lässt – handelt es sich um eine reine Selektion der Besten oder wird zudem auch eine Förderung erzielt.
Zahlreiche Anknüpfungsmöglichkeiten für weitere Forschung und Sekundäranalysen bieten sich an, etwa zur Aufklärung möglicher negativer Wirkungen eines frühzeitigen Ausscheidens aus dem Wettbewerb, zur Frage der Unterrepräsentation von Mädchen in den Wettbewerben (vgl. Beitrag von Steegh et al. in diesem Band), der Wirkungen auf die Bewertungskompetenz (vgl. Garrecht et al. in diesem Band), der Charakterisierung naturwissenschaftlicher Talente (vgl. Köhler et al. in diesem Band), des Anteils der Mathematik in der PhysikOlympiade (vgl. Treiber et al. in diesem Band), der Verbesserung von Problemlösefähigkeiten durch die Teilnahme (vgl. Wulff et al. in diesem Band), oder zur Entwicklung gezielter Interventionen auf Basis der Ergebnisse.

Literatur

Beaton, A. E., Martin, M. O., Mullis, I. V., Gonzalez, E. J., Smith, T. A., & Kelly, D. L. (1996). *Science achievement in the middle school years: IEA´s third international mathematics and science study (TIMSS)*. Chestnut Hill, Mass.: TIMSS International Study Center, Boston College.

Campbell, J. R. (1996). Cross-national retrospective studies of Mathematics Olympians. *International Journal of Educational Research, 25*, 477–582.

Campbell, J. R., Wagner, H., & Walberg, H. J. (2000). Academic competitions and programs designed to challenge the exceptionally talented. *International handbook of giftedness and talent*, *2*, 523-535.

Daniels, Z. (2008). Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter. Münster: Waxmann.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The" what" and" why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, *11*(4), 227-268.

Gallagher, J. J. (1981). National survey on gifted education. *Gifted Child Today*, *4*(2), 66-68.

Goldstein, D., & Wagner, H. (1993). After school programs, competitions, school olympics, and summer programs. In K. Heller, F. J. Mönks, & H. Passow (Eds.), *International handbook of research and development of giftedness and talent* (pp. 593-604). Oxford: Pergamon Press.

Hoffmann, L. & Lehrke, M. (1986). Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik, 32,* 189 – 204.

Kessels, U. & Hannover, B. (2002). Die Auswirkungen von Stereotypen über Schulfächer auf die Berufswahlabsichten Jugendlicher. In B. Spinath & E. Heise (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie unter gewandelten gesellschaftlichen Bedingungen* (S. 53-67). Hamburg: Kovac.

Köller, O. & Klieme, E. (2000). Geschlechtsdifferenzen in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Leistungen. In J. Baumert, W. Bos & R. H. Lehmann (Hrsg.), *Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie: Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn, Bd. 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe* (S. 373-404). Opladen: Leske + Budrich.

Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and instruction*, *12*(4), 383-409.

Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2010). Eyeballs in the fridge: Sources of early interest in science. *International Journal of Science Education*, *32*(5), 669-685.

Müller, N. (2009). Akademikerausbildung in Deutschland: Blinde Flecken beim internationalen OECD-Vergleich. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, 2,* 42-46.

Nagengast, B., & Marsh, H. W. (2012). Big fish in little ponds aspire more: Mediation and cross-cultural generalizability of school-average ability effects on self-concept and career aspirations in science. *Journal of Educational Psychology*, *104*(4), 1033-1054.

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education, 25*(9), 1049–1079.

Prenzel, M., Reiss, K., & Hasselhorn, M. (2009). *Förderung der Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen*. Berlin: Springer.

Rogers, K. B. (2002). Grouping the gifted and talented: Questions and answers. *Roeper Review*, *24*(3), 103-107.

Schiefele, U., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 10*, 120–148.

Schreiner, C., & Sjoberg, S. (2007). Science education and young people's identity construction: Two mutually incompatible projects? In D. Corrigan, J. Dillon, & R. Gunstone (Eds.), *The re-emergence of values in science education* (pp. 231-247). Rotterdam: Sense Publishers.

Stang, J., Urhahne, D., Nick, S., & Parchmann, I. (2014). Wer kommt weiter? Vorhersage der Qualifikation zur Internationalen Biologie- und Chemie-Olympiade auf Grundlage des Leistungsmotivations-Modells von Eccles. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 28*(3), 105-114.

Thistlewaite, D., & Campbell, D. (1960). Regression-Discontinuity Analysis: An alternative to the ex post facto experiment. *Journal of Educational Psychology, 51*(6), 309–317.

Urhahne, D., Ho, L. H., Parchmann, I. & Nick, S. (2012). Attempting to predict success in the qualifying round of the International Chemistry Olympiad. *High Ability Studies, 23*, 167-182.

Vock, M., Köller, O. & Nagy, G. (2013). Vocational interests of intellectually gifted and high achieving young adults. *British Journal of Educational Psychology, 83*, 305-328.

Wigfield, A. & Eccles, J. S. (2000). Expectancy-value theory of achievement motivation. *Contemporary Educational Psychology, 25*, 68–8.

Ziegler, A. & Stoeger, H. (2009). Identification of underachievement: an empirical study on the agreement among various diagnostic sources. In D. Eyre (Ed.), *Gifted and Talented Education* (pp. 389 – 405). London: Routledge.

Christine Köhler IPN Kiel
Tim Höffler
Ilka Parchmann

Charakterisierung und Identifikation naturwissenschaftlicher Talente

Eine aus den Ergebnissen der jüngsten Erhebung des Programme for International Student Assessment (PISA) resultierende Frage war, „inwieweit es dem differenzierten Schulsystem in Deutschland gelingt, eine breite naturwissenschaftliche Grundbildung anzulegen, Talente zu fördern und die Leistungsspitze auszubauen“ (Schiepe-Tiska, Rönnebeck et al., 2016, S. 92). Anlass zur Sorge gibt, dass die naturwissenschaftliche Kompetenz von Gymnasiastinnen und Gymnasiasten im Vergleich zu den Ergebnissen aus PISA 2006 gesunken ist (Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2016). Dieser Befund macht deutlich, dass nicht nur die Förderung leistungsschwacher, sondern auch leistungsstarker Schülerinnen und Schüler von Bedeutung ist.
Dass Schülerwettbewerbe (naturwissenschaftliche) Talente fördern und zur Entwicklung von Begabungen beitragen können ist weitgehend anerkannt (z. B. Fauser & Messner, 2007; Goldstein & Wagner, 1993). Wirkmechanismen, spezifische Anforderungen der Schülerwettbewerbe oder Charakteristika von Wettbewerbsteilnehmenden sind bislang jedoch kaum erforscht. Kenntnisse über die Teilnehmenden naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerbe sind aber erforderlich, um naturwissenschaftlich interessierte und talentierte Schülerinnen und Schüler gezielt und nachhaltig fördern zu können.
Diesem Desiderat nimmt sich das Projekt „Charakterisierung individueller Interessen und Überzeugungen von Schülerinnen und Schülern als Grundlage einer naturwissenschaftlichen Talentförderung“ an, das durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wurde. Mithilfe des Modells „Individuelles Konzept über die Naturwissenschaften“ (IKoN) sollten Teilnehmende unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerbe anhand verschiedener affektiver und kognitiver Merkmale charakterisiert werden, was wiederum die Basis für eine gezielte Talentförderung sowie die Charakterisierung und Konzeption wirksamer Fördermaßnahmen darstellen sollte.
Beispielhafte Forschungsfragen dieses Projektes waren:
- Welche naturwissenschaftlichen Interessensstrukturen finden sich in Gruppen von Wettbewerbsteilnehmenden im Vergleich zu Nicht-Teilnehmenden?
- In welchem Umfang zeigen sich naturwissenschaftliche Kenntnisse und Fähigkeiten in den unterschiedlichen Gruppen?
- Welche Faktoren beeinflussen eine (erfolgreiche) Wettbewerbsteilnahme?

Theoretischer Hintergrund
Existierende Begabungsmodelle definieren Talente meist über kognitive Faktoren, wie z.B. ihre Intelligenz oder ihre spezifische Leistung (z.B. Fischer, Mönks & Grindel, 2004; Renzulli, 2005). In Ergänzung hierzu können affektive Faktoren (Motivation, Interesse) und Umweltfaktoren (Familie, Schule) bei der Beschreibung von Talenten hinzugezogen werden (z.B. Ackerman & Heggestad, 1997; Gagné, 2005). Das IKoN fasst sowohl kognitive als auch affektive Einflussfaktoren bei der Beschreibung naturwissenschaftlicher Talente zusammen. Es umfasst die vier Aspekte Überzeugungen über Tätigkeitsfelder und Personen (Holland, 1997; Lederman, 1992), naturwissenschaftliche Interessen (z.B. Holland, 1997), Kenntnisse und Fähigkeiten (z.B. Kauertz, 2008; Kultusministerkonferenz, 2005; Neumann et al., 2007) sowie das akademische und naturwissenschaftliche Selbstkonzept und die Selbstwirksamkeitserwartung (Bandura, 1977; Shavelson, Hubner & Stanton, 1976).

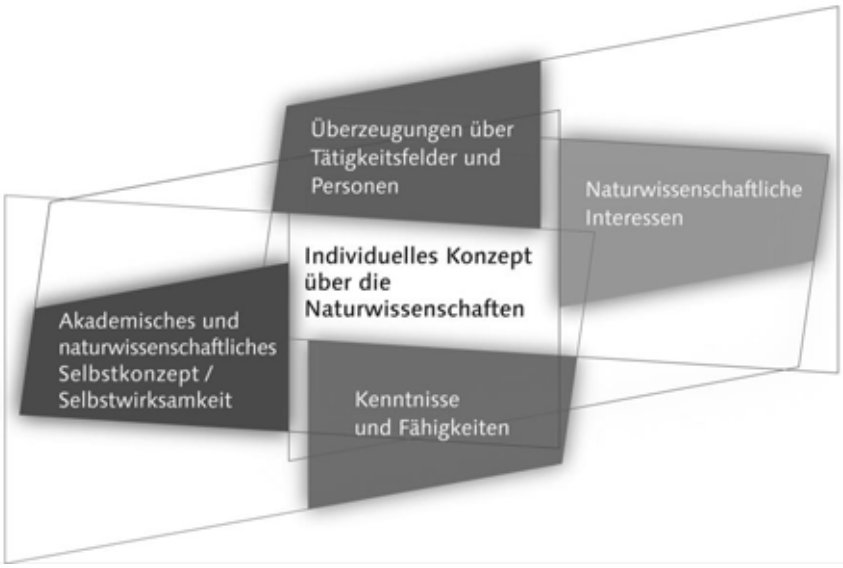


Abb. 1 Individuelles Konzept über die Naturwissenschaften (IKoN): Rahmenmodell zur Charakterisierung von Schülerinnen und Schülern in den Naturwissenschaften.

Methodisches Vorgehen

Für die Erhebungen im Rahmen des IKoN wurden spezifisch auf die Naturwissenschaften zugeschnittene Erhebungsinstrumente entwickelt. Der eingesetzte Fragebogen enthielt Skalen zum Interesse, naturwissenschaftliche Tätigkeiten in Schule/Fördermaßnahme/Beruf durchzuführen (entwickelt nach dem RIASEC+N-Modell, Dierks, Höffler & Parchmann, 2014) sowie Skalen zu Überzeugungen über naturwissenschaftliche Tätigkeitsfelder und Personen und zur Selbstwirksamkeitserwartung für die spätere Ausübung von Tätigkeiten einer Wissenschaftlerin/ eines Wissenschaftlers (ebenso entwickelt nach dem RIASEC+N-Modell, Wentorf, Höffler & Parchmann, 2015). Für diesen Bereich zeigten sich akzeptable bis gute Werte für die Reliabilität. Dazu enthielt der Fragebogen standardisierte Skalen zum akademischen und naturwissenschaftlichem Selbstkonzept (Schöne et al., 2002; Daniels, 2008; Köller et al., 2000) sowie zu Zielorientierungen im Naturwissenschaftsunterricht (Spinath et al., 2002; Blankenburg et al., 2016). Der Fragebogen wurde in insgesamt drei Erhebungswellen mit N = 1120 Schülerinnen und Schülern sowie Teilnehmenden an der Internationalen JuniorScienceOlympiade (IJSO) und Teilnehmenden an Jugend forscht (11–18 Jahre, 43% weiblich) durchgeführt.

Der eingesetzte Test (Köhler, 2017) enthielt 30 Aufgaben (24 offene, 6 multiple-choice) zu naturwissenschaftlichen Kenntnissen und Fähigkeiten aus verschiedenen Themenfeldern der Kompetenzbereiche Fachwissen und Erkenntnisgewinnung. Der Test setzte sich dabei aus schul- und wettbewerbsnahen, „kreativen“ und schulfernen Aufgaben zusammen. Die Bewertung der Schülerantworten erfolgte über ein mehrstufiges Kategoriensystem, die Ergebnisse wurden mittels eines eindimensionalen partial-credit-Modells skaliert und mit N = 195 Schülerinnen und Schülern sowie Teilnehmenden an der Internationalen JuniorScienceOlympiade (IJSO) und Teilnehmenden an Jugend forscht (13–18 Jahre, 46% weiblich) durchgeführt. In Ergänzung der naturwissenschaftlichen Kenntnisse und Fähigkeiten wurden die figuralen kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler erfasst (Heller & Perleth, 2000).

Ausgewählte Ergebnisse

Welche naturwissenschaftlichen Interessensstrukturen finden sich in Gruppen von Wettbewerbsteilnehmenden im Vergleich zu Nicht-Teilnehmenden?

In Varianzanalysen konnten signifikante Unterschiede zwischen Teilnehmenden der IJSO-Bundesfinale 2013 und 2014, Schülerinnen und Schülern, die mindestens einmal und solchen, die noch nie an einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Schülerwettbewerb teilgenommen hatten, identifiziert werden. Zum Beispiel war das Interesse der Teilnehmenden der IJSO-Bundesfinale 2013 und 2014, naturwissenschaftliche Tätigkeiten in einem Beruf durchzuführen, in fast allen Dimensionen des RIASEC+N-Modells (*Realistic*, *Investigative*, *Artistic*, *Social*, *Enterprising*, *Conventional*, *Networking* - ausgenommen *Conventional*) signifikant höher als dasjenige der anderen Subgruppen. Es zeigten sich jedoch auch schon signifikante Unterschiede in fast allen Dimensionen des RIASEC+N-Modells (ausgenommen *Conventional*) zwischen Schülerinnen und Schülern, die mindestens einmal an einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Schülerwettbewerb teilgenommen hatten, und Schülerinnen und Schülern, die noch nie an einem solchen Schülerwettbewerb teilgenommen hatten. Die größten Unterschiede im Vergleich der Teilnehmenden der IJSO-Bundesfinale 2013 und 2014 mit den anderen Subgruppen fand sich hier in den Dimensionen *Investigative* und *Networking*.

In welchem Umfang zeigen sich naturwissenschaftliche Kenntnisse und Fähigkeiten in den unterschiedlichen Gruppen?

Auch hier zeigten sich in Varianzanalysen signifikante Unterschiede mit großen Effektstärken zwischen Teilnehmenden des IJSO-Bundesfinales 2013, Schülerinnen und Schülern, die mindestens einmal und Schülerinnen und Schülern, die noch nie an einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Schülerwettbewerb teilgenommen hatten (vgl. Köhler, 2017).

Welche Faktoren beeinflussen eine (erfolgreiche) Wettbewerbsteilnahme?

Zur Ermittlung von Faktoren, die eine (erfolgreiche) Wettbewerbsteilnahme beeinflussen, wurden binäre logistische Regressionen durchgeführt. Hier zeigten sich für eine Wettbewerbsteilnahme die Schulnoten in Biologie, Chemie und Physik, das Alter sowie das Interesse, naturwissenschaftliche Tätigkeiten in einer Fördermaßnahme durchzuführen, als signifikante Prädiktoren (vgl. Köhler, 2017).

Für eine erfolgreiche Wettbewerbsteilnahme, hier das Erreichen des Bundesfinales der IJSO 2013, zeigten sich die naturwissenschaftlichen Kenntnisse und Fähigkeiten, die Schulnoten in Biologie, Chemie und Physik sowie die Anzahl der Wettbewerbsteilnahmen als prädiktiv für eine erfolgreiche Wettbewerbsteilnahme (vgl. Köhler, 2017).

Diskussion und Ausblick

Die Erhebungen zeigen, dass das RIASEC-Modell erfolgreich auf naturwissenschaftliche Interessen und Überzeugungen adaptiert werden konnte. Das Testinstrument erwies sich als geeignet zur Unterscheidung von erfolgreichen Wettbewerbsteilnehmenden im Vergleich zu Nichtteilnehmenden sowie Teilnehmenden anderer Schülerwettbewerbe.

Die Ergebnisse der Erhebungen zeigen eine klare Profilunterscheidbarkeit von Teilnehmenden der IJSO-Bundesfinale 2013 und 2014, Schülerinnen und Schülern, die mindestens einmal und solchen, die noch nie an einem mathematisch-naturwissenschaftlichen Schülerwettbewerb teilgenommen hatten.

Im Folgeprojekt WinnerS (siehe weitere Beiträge in diesem Band) wird nun untersucht, welche Faktoren Erfolg bzw. Misserfolg in Schülerwettbewerben bedingen und welchen Einfluss Erfolg und Misserfolg auf die kognitive und affektive Entwicklung der Jugendlichen und deren Berufswahl haben.

Literatur

Ackerman, P. L., & Heggestad, E. D. (1997). Intelligence, personality, and interests: Evidence for overlapping traits. Psychological Bulletin, 121(2), 219–245.

Bandura, A. (1977). Self-efficacy. Towards a unifying theory of behavioral change. Journal of Research in Science Teaching (84), 191–215.

Blankenburg, J. S., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2015). Naturwissenschaftliche Wettbewerbe - Was kann junge Schülerinnen und Schüler zur Teilnahme motivieren? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1-13. doi: 10.1007/s40573-015-0031-y

Daniels, Z. (2008). Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter. Münster: Waxmann.

Dierks, P. O., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2014). Proling interest of students in science: Learning in school and beyond. Research in Science & Technological Education, 32 (2), 1-18. doi: 10.1080/02635143.2014.895712

Fauser, P. & Messner, R. (Hrsg.). (2007). Fordern und fördern: Was Schülerwettbewerbe leisten. Hamburg: Edition Körber-Stiftung.

Fischer, C., Mönks, F. J. & Grindel, E. (Hrsg.). (2004). Curriculum und Didaktik der Begabtenförderung: Begabungen fördern, Lernen individualisieren. Münster: LIT Verlag.

Gagné, F. (2005). From gifts to talents: The DMGT as a developmental model. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Hrsg.), Conceptions of giftedness (S. 98-119). Cambridge: Cambridge University Press.

Goldstein, D. & Wagner, H. (1993). After school programs, competitions school olympics, and summer programs. In K. A. Heller, F. J. Mönks & A. H. Passow (Hrsg.), International handbook of research and development of giftedness and talent (S. 593-604). Oxford: Pergamon Press.

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

Holland, J. L. (1997). Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments (3. Aufl.). Odessa: Psychological Assessment Resources.

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

Köhler, C. (2017). Naturwissenschaftliche Wettbewerbe für Schülerinnen und Schüler – Charakterisierung der Anforderungen und Teilnehmenden hinsichtlich spezifischer Leistungsmerkmale (Dissertation). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Köller, O., Daniels, Z., Schnabel, K. U. & Baumert, J. (2000). Kurswahlen von Mädchen und Jungen im Fach Mathematik: Zur Rolle von fachspezifischem Selbstkonzept und Interesse. Zeitschrift für pädagogische Psychologie, 14 (1), 26-37. doi: 10.1024//1010-0652.14.1.26

Kultusministerkonferenz. (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. Journal of Research in Science Teaching, 29 (4), 331-359. doi: 10.1002/tea.3660290404

Neumann, K., Kauertz, A., Lau, A., Notarp, H. & Fischer, H. E. (2007). Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13 , 103-123.

Renzulli, J. S. (2005). The three ring conception of giftedness: A developmental model for creative productivity. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Hrsg.), Conceptions of giftedness (S. 246279). Cambridge: Cambridge University Press.

Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., Schöps, K., Neumann, K., Schmidtner, S., Parchmann, I. & Prenzel, M. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2015: Ergebnisse des internationalen Vergleichs mit einem modifizierten Testansatz. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), PISA 2015. Münster: Waxmann.

Schiepe-Tiska, A., Simm, I. & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), PISA 2015 (S. 99-132). Münster: Waxmann.

Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (Hrsg.). (2002). SESSKO: Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts. Göttingen: Hogrefe.

Spinath, B., Stiensmeier-Pelster, J., Schöne, C. & Dickhäuser, O. (Hrsg.). (2002). SELLMO: Skalen zur Erfassung der Lern- und Leistungsmotivation. Göttingen: Hogrefe.

Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. Review of Edcational Research, (46), 407–444.

Wentorf, W., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21 (1), 20-222. doi: 10.1007/s40573-015-0035-7

Carola Garrecht IPN Kiel
Marc Eckhardt
Ute Harms

Wirkungen des BundesUmweltWettbewerbs auf die Bewertungskompetenz

Einleitung

Naturwissenschaftliche Schülerwettbewerbe bieten die Möglichkeit, naturwissenschaftliches Interesse und Engagement von Schülerinnen und Schülern zu fördern und bilden somit ein wertvolles Element außerschulischer Bildungsarbeit (Eastwell & Rennie, 2002). Umweltbezogene Schülerwettbewerbe können Lernende motivieren, sich mit aktuellen sozialwissenschaftlichen Themen auseinanderzusetzen (Elliott, 2007). Diese liegen an der Schnittstelle von Naturwissenschaft und Gesellschaft und beinhalten neben objektiven auch immer normative Aspekte. Zur Bearbeitung dieser Themen müssen daher stets individuelle Bewertungen vorgenommen werden (Bögeholz, Böhm, Eggert & Barkmann, 2014). Ziel des hier skizzierten Forschungsvorhabens ist es, die Entwicklung von Bewertungskompetenz während eines umweltbezogenen Schülerwettbewerbs zu untersuchen.

Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Der BundesUmweltWettbewerb (BUW) ist ein naturwissenschaftlicher Schülerwettbewerb mit biologischem und umweltwissenschaftlichem Schwerpunkt. Er bietet Teilnehmenden bei der Bearbeitung eigenständig gewählter Projekte die Möglichkeit, sich mit komplexen Fragestellungen nachhaltiger Entwicklung auseinanderzusetzen, Lösungen zu entwickeln und diese praktisch umzusetzen (Friege & Mackensen-Friedrichs, 2008). Hierbei bedingt der BUW eine gezielte Auseinandersetzung mit ethisch und faktisch komplexen sozialwissenschaftlichen Problemen. Die Wettbewerbskriterien sind im Leitfaden des BUW festgehalten (Leitfaden BUW, 2015). Um sich für die Teilnahme am BUW zu qualifizieren, müssen Teilnehmende zwei Voraussetzungen erfüllen: Entwicklung und Umsetzung eines selbst gewählten Projekts sowie Einreichung einer schriftlichen Projektausarbeitung (s. Abb. 2). Konkrete Leitfragen aus dem online verfügbaren Leitfaden sollen dabei als Orientierung dienen.

Abb.1: Ablauf der Teilnahme am BUW mit zwei Teilnahmevoraussetzungen (V1, V2).

Probleme und Fragestellungen im Bereich nachhaltiger Entwicklung werden auf internationaler Ebene zu den *socioscientific issues* gezählt (Simonneaux & Simonneaux, 2009). Sie beschreiben kontroverse und gesellschaftlich relevante Themen die nur in Beziehung zu naturwissenschaftlichen Aspekten betrachtet werden können. Zudem werden sie durch ihre Vielzahl an gleichermaßen denkbaren Handlungsoptionen charakterisiert (Sadler, 2011). Angesichts der Breite an sozialwissenschaftlichen Fragestellungen in der Biologie, beispielsweise zur Verwendung von Gentechnik oder Tierversuchen, erscheint die Förderung von Bewertungskompetenz in Biologie und den Naturwissenschaften erforderlich (Dittmar & Gebhard, 2012). Infolgedessen und im Zuge der Einführung der Bildungsstandards hat Bewertungskompetenz eine zentrale Rolle in der naturwissenschaftlichen Bildung eingenommen (KMK, 2005).

In der deutschsprachigen empirischen Forschung finden sich zur Struktur und Entwicklung von Bewertungskompetenz im Biologieunterricht zwei prominente Modelle: Das Modell zur ethischen Urteilskompetenz nach Mittelsten Scheid und Hößle (2008) sowie das Göttinger Modell nach Eggert und Bögeholz (2006). Die theoretische Grundlage dieses Promotionsprojekts bildet das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz, da dessen inhaltliche Ausrichtung nachhaltige Entwicklung thematisiert. Dieses Modell beschreibt die Bewertungskompetenz in vier Teilkompetenzen (s. Tab. 1).

Tab. 1: Beschreibung der Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz des Göttinger Modells (Bögeholz, Böhm, Eggert & Barkmann, 2014; Eggert & Bögeholz, 2006) verknüpft mit den Hinweisen zur BUW-Projektausarbeitung anhand der BUW-Leitfragen.

Teil-kompetenz (TK)	(1) Verstehen und Reflek-tieren von Werten und Normen	(2) Generieren und Reflektieren von Sach-informationen	(3) Bewerten, Entscheiden und Reflektieren	(4) Umwelt- und insti-tutionen-ökonomisch analysieren und reflektieren
Inhalt der TK	Verständnis über kontext-spezifische Werte und Normen	Berücksichti-gung sowohl ökologischer, ökonomischer als auch sozialer Aspekte	Abwägung zwischen verschiedenen, gleichermaßen denkbaren Optionen	Verständnis über mathe-matisch-ökonomische Faktoren und deren Ausmaß bei Ent-scheidungen
Leitfragen aus dem BUW-Leitfaden	Welche Bedeutung hat das Umwelt-problem für dich persönlich?	Was wurde bisher konkret zur Lösung des Problems unternommen?	Wenn du […] zwischen verschiedenen Handlungs-möglichkeiten zu entscheiden hattest, begründe die Auswahl der umgesetzten Maßnahmen […]	[…] konnte die Lösung leicht umgesetzt werden? Welche Kosten entstehen und sind entstanden?

Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass alle vier Teilkompetenzen des Göttinger Modells der Bewertungskompetenz durch die Leitfragen des BUW abgebildet werden können. Es lässt sich ferner ableiten, dass die Fähigkeit des Reflektierens ein wichtiger Bestandteil von Entscheidungsfindungsprozessen und somit zentral im Hinblick auf die Entwicklung von Bewertungskompetenz ist (s. Tab. 1, TK 3 & 4). Es liegen Hinweise vor, dass durch den Einsatz metakognitiver Strukturierungsmaßnahmen bei der Bearbeitung sozial-wissenschaftlicher Fragen, wie beispielsweise bei der Erstellung der Projektausarbeitung entlang von Leitfragen, die Reflexionsfähigkeit gefördert und somit eine Bewertungskompetenz weiter ausgebildet werden kann (Eggert, Bögeholz, Watermann & Hasselhorn, 2010). Dies soll im hier skizzierten Forschungsvorhaben näher betrachtet und empirisch untersucht werden.

Forschungsfrage
Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird die folgende Forschungsfrage bearbeitet:
- Kann Bewertungskompetenz durch die Teilnahme am BUW gefördert werden?

Untersuchungsdesign
In einem quasi-experimentellen Prä-Post-Design werden der Einfluss der schriftlichen Ausarbeitung und deren Qualität (unabhängige Variable, UV) auf die Entwicklung von Bewertungskompetenz (abhängige Variable, AV) getestet (s. Abb. 2). Zur Analyse der Qualität wird ein Kategoriensystem in Anlehnung an die Teilkompetenzen der Bewertungskompetenz des Göttinger Modells sowie die Leitfragen des BUW entwickelt.
Um die Bewertungskompetenz zu Beginn der Projektarbeit zu messen, werden projektunabhängige Bewertungsszenarios zur Thematik der Nachhaltigkeit eingesetzt (Eggert & Bögeholz, 2010). Diese sollen schriftlich von den Teilnehmenden bearbeitet werden. Der erneute Einsatz dieser Bewertungsaufgaben nach Abgabe der Projektarbeit soll Aufschluss darüber geben, ob eine Entwicklung im Bereich der Bewertungskompetenz stattgefunden hat. Der Zeitraum zwischen den zwei Messzeitpunkten liegt bei ungefähr 5 Monaten. Zum anderen soll die regelmäßige Dokumentation außerwettbewerblicher Aktivitäten der Erfassung möglicher Störvariablen dienen. Dabei sollen beispielsweise Besuche außerschulischer Lernorte sowie schulinterne Bildungsmaßnahmen festgehalten werden. Weitere Kontrollvariablen, unter anderem intrinsische Motivation und Fach- sowie Sachinteresse in Biologie, werden in einem gesonderten Online-Fragebogen erhoben. Die betreuenden Lehrkräfte der am BUW teilnehmenden Schülerinnen und Schüler werden zum Post-Messzeitpunkt gebeten, Auskunft über durchgeführte Unterrichtsaktivitäten zu geben, welche das Thema der nachhaltigen Entwicklung behandelt haben. Darüber hinaus wird erhoben, ob Lehrkräfte die Förderung von Bewertungskompetenz als expliziten Gegenstand ihres Unterrichts geplant und eingesetzt haben.

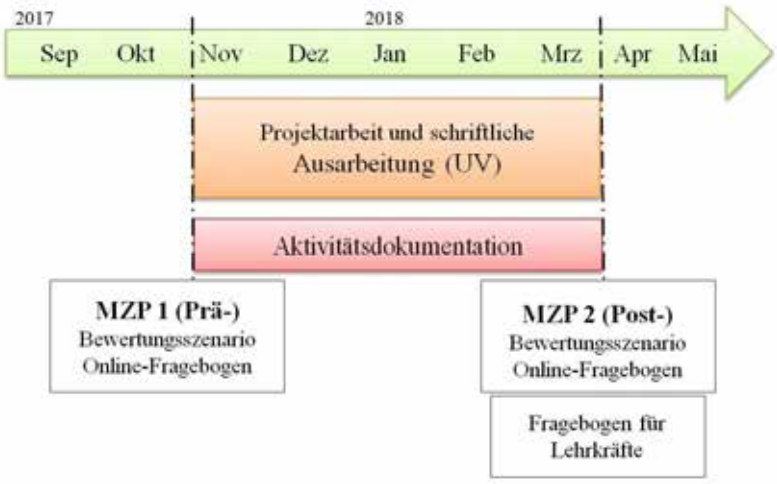


Abb. 2: Zeitlicher Ablauf des Forschungsvorhabens mit zwei Messzeitpunkten (MZP) sowie die entsprechende unabhängige Variable (UV).

Erwartungen
Eine Studienteilnahme von Schülerinnen und Schülern aus mindestens 6 Bundesländern wird erwartet. Bezüglich der Ergebnisse wird erwartet, dass eine Teilnahme am BUW sich positiv auf die Bewertungskompetenz der Teilnehmenden auswirkt.

Literatur

Bögeholz, S., Böhm, M., Eggert, S. & Barkmann, J. (2014). Education for Sustainable Development in German Science Education: Past – Present – Future. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 10* (4), 231–248.

Dittmer, A. & Gebhard, U. (2012): Stichwort Bewertungskompetenz: Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht aus sozial-intuitionistischer Perspektive. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18* (1), 82–98.

Eastwell, P. & Rennie, L. (2002). Using enrichment and extracurricular activities to influence secondary students' interest and participation in science. *The Science Education Review, 1*, 1–16.

Eggert, S. & Bögeholz, S. (2010). Students' use of decision-making strategies with regard to socioscientific issues: An application of the Rasch partial credit model. *Science Education, 94* (2), 230–258.

Eggert, S. & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz "Bewerten, Entscheiden und Reflektieren" für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Journal of Teaching Methods of Natural Sciences, 12* (1), 177–199.

Eggert, S., Bögeholz, S., Watermann, R. & Hasselhorn, M. (2010). Förderung von Bewertungskompetenz im Biologieunterricht durch zusätzliche metakognitive Strukturierungshilfen beim Kooperativen Lernen – Ein Beispiel für Veränderungsmessung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16* (1), 299–314.

Elliott, J. (2007). Acting sustainably: encouraging and crediting student engagement with sustainable development, *Planet, 18* (1), 43-48.

Friege, G. & Mackensen-Friedrichs, I. (2008). BundesUmweltWettbewerb (BUW) – Physics and Engineering in an Environmental Competition. *Physics Competitions, 12* (1), 30–36.

KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland] (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 (http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf, zuletzt geprüft am: 13.10.2017).

Leitfaden BUW (2015). Online verfügbar unter: http://www.buw.uni-kiel.de/wp-content/uploads/2011/02/BUW_Leitfaden.pdf, zuletzt geprüft am: 26.03.2017

Mittelsten Scheid, N. & Hößle, C. (2008). Bewerten im Biologieunterricht: Niveaus von Bewertungskompetenz. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik, 6*, 87–104.

Sadler, T. (2011). Socio-scientific Issues in the classroom – Teaching, Learning and Research. Springer: New York.

Simonneaux, L. & Simonneaux, J. (2009). Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education for sustainable development. *Cultural Studies of Science Education, 4* (3), 657–687.

Eva Treiber IPN Kiel
Irene Neumann
Aiso Heinze

Alles nur Mathe? – Mathematik in den Aufgaben der PhysikOlympiade

Hintergrund

Der Auswahlwettbewerb für die Internationale PhysikOlympiade (IPhO), kurz PhysikOlympiade, ist ein mehrstufiger Schülerwettbewerb. Über vier Runden hinweg müssen die Teilnehmenden theoretische und experimentelle Aufgaben lösen. Die jeweils besten qualifizieren sich für die nächste Runde und so wird schließlich das Delegationsteam für den internationalen Wettbewerb ausgewählt (Petersen, 2010). Wie andere naturwissenschaftliche Schülerwettbewerbe soll die PhysikOlympiade zum einen das Interesse von Schülerinnen und Schülern an Physik wecken und ihre Motivation für Physik steigern, um so langfristig MINT-Nachwuchs zu gewinnen (Höffler, Bonin & Parchmann, 2017; Lengfelder & Heller, 2002). Dieses Ziel wird zumindest insofern erreicht, als erfolgreiche Teilnehmende überproportional häufig ein physiknahes Studium ergreifen (Lind & Friege, 2004). Zum anderen verfolgt die PhysikOlympiade auch das Ziel, besonders begabte Schülerinnen und Schüler zu identifizieren und zu fördern (insbesondere in den höheren Runden). Gemessen an den Ergebnissen der deutschen Teams bei der IPhO kann man durchaus davon sprechen, dass auch dieses Ziel erreicht wird (Petersen, 2010). Mit dem Fokus auf Begabtenförderung einher geht eine deutliche Zunahme der Komplexität der zu bearbeitenden Aufgaben in den Auswahlrunden, die durchaus Universitätsniveau erreichen.
Eine essenzielle Rolle in der Physik spielt die Mathematik, ganz unabhängig davon, ob man sich auf den Werkzeug-Charakter der Mathematik in Physik beschränkt (Trump & Borowski, 2013), den Fokus auf Mathematik als Sprache der Physik legt (Pospiech, Eylon, Bagno, Lehavi & Geyer, 2015) oder Mathematik als Teil der Physik ansehen mag (Arnold, 2014). Daher ist davon auszugehen, dass auch Teilnehmende der PhysikOlympiade mit mathematischen Anforderungen konfrontiert werden. Welche Rolle die Mathematik in der PhysikOlympiade spielt und inwieweit sich Physik-interessierte bzw. Physik-begabte Schülerinnen und Schüler mit anspruchsvoller Mathematik auseinandersetzen müssen, steht daher im Fokus des vorliegenden Beitrags. Konkret soll die Frage untersucht werden, welche Mathematikkenntnisse für die PhysikOlympiade benötigt werden. Auf diesen Ergebnissen aufbauend soll dann im Rahmen des WinnerS-Projekts untersucht werden, wie die Teilnehmenden der PhysikOlympiade ihr Abschneiden im Wettbewerb auf mathematische bzw. physikalische Anforderungen bzw. Leistungen zurückführen und inwiefern diese Einschätzung davon abhängt, ob die Teilnehmenden über die benötigten Mathematikkenntnisse verfügen oder nicht.

Methode

Zur Beantwortung der Frage nach den benötigten Mathematikkenntnissen in der Physikolympiade wurden die Musterlösungen der theoretischen Aufgaben aller vier Runden der Jahre 2013 bis 2016 analysiert und ein induktives Kategoriensystem zur Beschreibung der vorkommenden Mathematikinhalte gebildet. Insgesamt umfasste die Analyse 257 Teilaufgaben (vgl. Tabelle 1).

	2013	2014	2015	2016	Summe
1. Runde	6	5	4	5	20
2. Runde	9	16	11	11	47
3. Runde	30	26	19	24	99
4. Runde	23	23	17	28	91
Summe	68	70	51	68	257

Tab. 1: Übersicht über die Teilaufgaben in der PhysikOlympiade.

Erste Ergebnisse

Es wurden insgesamt 204 Kategorien identifiziert. Diese reichten von grundlegenden mathematischen Inhalten der Sekundarstufe I (z. B. Anteile in Prozent angeben) bis hin zu Inhalten, die üblicherweise Inhalt von Anfängervorlesungen an der Universität sind (z. B. Kurvenintegral). Von 257 untersuchten Teilaufgaben waren nur sieben vollständig ohne Mathematik lösbar (z. B. Ausfüllen eines Kreuzworträtsels). Im Durchschnitt wurden in jeder Teilaufgabe Mathematikinhalte aus mehr als acht Kategorien angesprochen. Allerdings variierten die Kategorien in ihrem Vorkommen, so dass sich die folgende Einteilung vornehmen ließ.

Grundanforderungen

Sieben Kategorien kamen in jedem Jahr und jeder Runde vor. Diese mathematischen Inhalte stellen „Grundanforderungen“ dar und umfassen überwiegend Kategorien, die mit der Manipulation von Formeln im Zusammenhang stehen (z. B. Äquivalenzumformungen, Gleichsetzen von Termen) oder dem Berechnen expliziter Werte, beispielsweise Runden oder Umgang mit Einheiten.

Mit den Auswahlrunden steigende Anforderungen

Von den 50 Kategorien, die in jedem Jahr vorkamen, traten 24 immer erst in höheren Runden auf. Darunter befinden sich v. a. Kategorien aus der Analysis, die in der Schule erst in der Oberstufe oder gar nicht behandelt werden, wie z. B. Integration von Polynomfunktionen oder von $f(x) = 1/x$, die Taylorentwicklung (jeweils ab der zweiten Runde) oder die Kettenregel (ab der dritten Runde). Weitere Inhalte, die erst in den höheren Runden vorkommen, umfassen beispielsweise die Logarithmus-Gesetze, Rechenregeln für sin und cos (ab der zweiten Runde) und das Lösen linearer Gleichungssysteme mit drei Variablen (ab der dritten Runde). Komplexe Zahlen, die ebenfalls nicht Standardinhalt von schulischen Mathematiklehrplänen sind, werden ebenfalls jährlich ab der zweiten Runde angesprochen (zumindest, wenn man in diesem Bereich nicht weiter differenziert).

Unterschiede zwischen den PhysikOlympiaden verschiedener Jahre

Weitere 148 Kategorien kamen nur in einigen Jahren vor, darunter viele aus dem Bereich der Geometrie, wie die Berechnung von Flächeninhalten verschiedener Figuren, geometrische Konstruktionen oder Raumwinkel. Auch alle Kategorien der Wahrscheinlichkeitsrechnung, beispielsweise die Pfadregeln oder Berechnung des Erwartungswerts, fallen in diese Gruppe, ebenso wie die Umkehrfunktionen der Sinus- oder Cosinus-Funktion, das Lösen von Differentialgleichungen oder die Bestimmung von Grenzwerten. Gerade die Bestimmung von Grenzwerten trat dabei auf verschiedenen Anforderungsniveaus auf: In einigen Aufgaben reichte eine rein physikalische Argumentation aus, in anderen war eine formale Grenzwertbestimmung mit der Bernoulli-l’Hospitalschen Regel nötig.

Die verbleibenden Kategorien kamen zwar in jedem Jahr vor, allerdings variierte ihr Vorkommen innerhalb der Runden. Beispiele für diese letzte Gruppe sind das Volumen

einer Kugel, Flächeninhalt eines Kreises, Potenzgesetze, Skalarprodukt oder die trigonometrischen Funktionen am rechtwinkligen Dreieck.

Beispielhaft sind in Abb. 1 für einige Kategorien die relativen Häufigkeiten ihres Vorkommens dargestellt[1]. Man erkennt die Unterschiede im Vorkommen sowohl über die Jahre als auch über die Runden, die zur oben dargestellten Einteilung der Kategorien geführt hat.

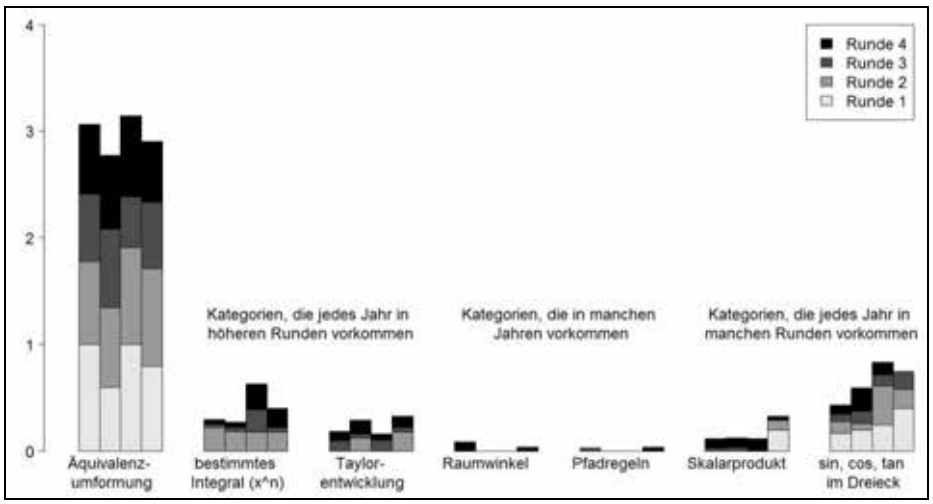


Abb. 1: Darstellung der relativen Häufigkeiten einiger Kategorien – jede Säule in einer Kategorie entspricht einem Jahr (v.l.n.r. 2013 bis 2016), jede Graustufe einer Runde.

Fazit und Ausblick

Die Aufgabenanalyse zeigt, dass Mathematik in der PhysikOlympiade unverzichtbar ist. Während in der ersten Runde noch ein Manipulieren von Formeln ausreicht, wie es vermutlich von Aufgaben aus dem Physik- und Mathematikunterricht bekannt ist, werden in den höheren Runden auch mathematische Inhalte benötigt, die erst gegen Ende der Schulzeit unterrichtet werden oder sogar erst Inhalt der Hochschule sind.

Die Tatsache, dass in den Musterlösungen bestimmte mathematische Inhalte verwendet werden, bedeutet nicht notwendigerweise, dass die Wettbewerbsteilnehmenden diese Kenntnisse auch besitzen. Daher soll im Rahmen des WinnerS-Projekts (**Wi**rkunge**n** **n**aturwissenschaftlich**er** **S**chülerwettbewerbe) unter anderem erhoben werden, (a) welche der zentralen mathematischen Kenntnisse die Teilnehmenden der aktuellen PhysikOlympiade besitzen, (b) wie sie die Rolle der Mathematik in der PhysikOlympiade wahrnehmen und (c) wie sie ihr Abschneiden im Wettbewerb auf Mathematik und Physik zurückführen, in Abhängigkeit von ihren mathematischen Kenntnissen. Bisher standen mögliche negative Auswirkungen auf affektive Merkmale von Teilnehmenden, die früh aus dem Wettbewerb ausscheiden, nicht im Fokus der Wettbewerbsforschung. Diese Arbeit kann damit auch einen Beitrag für die Untersuchung leisten, inwiefern das Ziel der PhysikOlympiade, Schülerinnen und Schüler für Physik zu motivieren, erreicht werden kann.

[1] Die relative Häufigkeit bezieht sich jeweils auf die einzelnen Runden; somit hätte eine Kategorie, die in jeder Teilaufgabe verwendet wäre, in jeder Runde die relative Häufigkeit 1 und würde daher den Maximalwert 4 annehmen.

Literatur

Petersen, S. (2010). Oberflächen- und Tiefenmerkmale von Aufgaben in der Internationalen PhysikOlympiade: Projekte zur systematischen Analyse und Entwicklung von Aufgaben in dem Wettbewerb. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2010. Retrieved from http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/195

Höffler, T. N., Bonin, V., & Parchmann, I. (2017). Science vs. Sports: Motivation and Self-concepts of Participants in Different School Competitions. International Journal of Science and Mathematics Education, 15(5), 817-836. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9717-y

Trump, S., & Borowski, A. (2013). Die Anwendung von Mathematik in Physik. In G. Greefrath, F. Käpnick, & M. Stein (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2013 (S. 1014-1017). Münster: WTM-Verlag.

Pospiech, G., Eylon, B., Bagno, E., Lehavi, Y., & Geyer, M.-A. (2015). The role of mathematics for physics teaching and understanding. Nuovo Cimento C Geophysics Space Physics C, 38. https://doi.org/10.1393/ncc/i2015-15110-6

Lind, G., & Friege, G. (2004). The personality of a successful PhO-participant: an investigation among former participants of the German Physics Olympiad. Physics Competitions, 6(1), 81–89.

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.

Arnold, V. I. (2014). On Teaching Mathematics. Resonance, 851–861.

IPhO Syllabus. (2015). Retrieved from http://www.ipho.org/syllabus.html

Peter Wulff IPN Kiel
Stefan Petersen
Knut Neumann

Erfassung physikalischer Problemlösefähigkeiten

Eine für das 21. Jahrhundert identifizierte Kernfähigkeit ist das Problemlösen (Csapó & Funke, 2017). Eine Domäne in welcher Problemlösefähigkeiten im Zentrum stehen, ist die Physikausbildung. Befragungen von Absolventinnen und Absolventen der Physik bestätigen, dass das physikalische Problemlösen eine der am häufigsten verwendeten Fähigkeiten in physikalischen Berufen darstellt (American Institute of Physics, 1997; Pold & Mulvey, 2016). Entsprechend hat das Lösen physikalischer Probleme einen signifikanten Anteil in der Ausbildung von Physikerinnen und Physikern. Dies passiert beispielsweise in Tests, experimentellen Aufgaben und Klausuren in der Schule oder Universität, die in der Regel von physikalischen Problemen geprägt sind (Hsu, Brewe, Foster, & Harper, 2004). Diese Art physikalischer Probleme zeichnet sich durch eine klare Struktur mit in der Regel wohldefinierten Anfangs- und Zielzuständen aus. Bei dem Problemlösen geht es darum, mit Hilfe von Operatoren im Lösungsraum von dem Anfangszustand zu einem Zielzustand zu gelangen. Ein typisches Ablaufschema für den Problemlöseprozess zeigt Abb. 1. Zunächst erfolgt die Identifikation und Beschreibung des Problems. Anschließend wird eine Lösestrategie entwickelt und diese durchgeführt. Abschließend findet die Evaluation der eigenen Lösung statt.

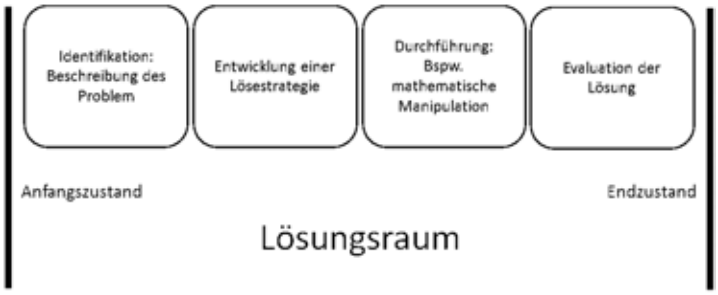


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Löseprozesses beim physikalischen Problemlösen (Bransford & Stein, 1984; Polya, 1945).

Ein geeignetes Mittel, um physikalische Problemlösefähigkeiten zu erfassen, ist es Unterschiede von Experten und Novizen im physikalischen Problemlösen herauszuarbeiten. Studien zu physikalischem Problemlösen geben detailliert Aufschluss über Differenzen dieser beiden Gruppen. Insgesamt zeichnen sich Experten dadurch aus, dass sie geeignete Lösestrategien zur Lösung von Problemen verwenden (Bransford, Sherwood, Vye, & Rieser, 1986). So zum Beispiel gehen Experten eher von der Ausgangssituation aus und arbeiten sich dann zum Zielzustand vor. Experten analysieren Probleme eher qualitativ und entwickeln eine Lösestrategie, bevor sie die eigentlichen Operatoren anwenden. Weiterhin ist das Wissen von Experten, im Gegensatz zu Novizen, hierarchisch organisiert. Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass Experten physikalische Probleme nach den zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien strukturieren, wohingegen Novizen Oberflächenmerkmale zur Klassifikation heranziehen (Chi, M. T. H., Feltovich, & Glaser, 1981). Weiterhin besitzen Experten sog. Löseschemata für bestimmte physikalische Probleme anhand welcher sie komplexe Probleme reduzieren und schnell lösen (vgl.

Reinhold, Lind, & Friege, 1999). Diese Differenzen zwischen Experten und Novizen müssen in der Erfassung physikalischer Problemlösefähigkeiten zur Geltung kommen. Leonard, Dufresne, and Mestre (1996) konnten durch das Abfragen von Lösestrategien vor dem eigentlichen physikalischen Problemlösen expertenhaftes Problemlösen identifizieren. Mit Lösestrategien meinen die Autoren die zentralen Prinzipien zur Lösung des Problems, eine Rechtfertigung dieser Prinzipien, sowie eine Darstellung des Ablaufs zur Lösung des Problems. Docktor (2009) entwickelte ein Bewertungsschema für expertenhaftes Problemlösen, womit sie die Bearbeitungen von typischen physikalischen Problemen analysieren konnte. Aufbauend auf diesen Vorarbeiten sind wir bestrebt einen physikalischen Problemlösetest zu entwickeln, der insbesondere im Bereich hochleistender Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe Varianz erzeugt. In der vorliegenden Studie wird die Pilotierung eines solchen Instruments vorgestellt, welches im Rahmen des Auswahlwettbewerbes zur Internationalen PhysikOlympiade eingesetzt werden soll, um Exzellenz im Bereich Physik vorherzusagen.

Entwicklung des Erhebungsinstrumentes

Zur Erfassung physikalischer Problemlösefähigkeit sind konzeptionell die Erfassung von Lösestrategien sowie die Erfassung von relevantem Fachwissen von Bedeutung (etwa: Hestenes, 1987). Letzteres ist wichtig, um zu identifizieren, ob die Probanden prinzipiell in der Lage wären, das Problem zu lösen. Analog zu den Arbeiten von Leonard et al. (1996) wurde für die Erfassung der Lösestrategien ein offenes Aufgabenformat gewählt. Abb. 2 zeigt ein Beispielproblem. Insgesamt wurden insbesondere die Newtonschen Gesetze sowie der Energieerhaltungssatz fokussiert, die im Zentrum mechanischen Wissens stehen (Reif & Heller, 1982).

Aufgabentext: Eine punktförmige Masse durchläuft reibungsfrei eine Bahn mit einem Looping (siehe Abbildung). Die Masse startet dabei aus einer Höhe über dem höchsten Punkt des Loopings. Bestimme die minimale Starthöhe, die notwendig ist, sodass die Masse beim Durchlaufen des Loopings nicht nach unten fällt.

Beschreibe nachvollziehbar, wie du bei der Lösung dieser Aufgabe vorgehen und welche physikalischen Prinzipien du dabei verwenden würdest.

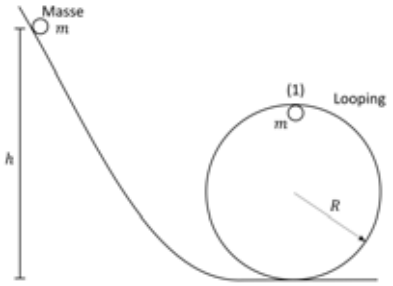


Abb. 2: Beispielproblem zur Erfassung physikalischer Problemlösefähigkeit.

Der Prompt (in Abb. 2 in fett gedruckt) veranlasst die Probanden ihre Vorgehensweise sowie die für sie als relevant erachteten physikalischen Prinzipien zu notieren. Was unter physikalischen Prinzipien und der Vorgehensbeschreibung zu verstehen ist, wird den Probanden in einer Einleitung an einem Beispiel verdeutlicht. Der Test besteht insgesamt aus vier offenen Aufgabenstellungen in diesem Format. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Pilotierung dieses Tests mit N=29 Schülerinnen und Schüler aus gymnasialen Physik-Oberstufenkursen berichtet. Die mittlere Bearbeitungszeit dieser vier offenen Aufgaben betrug ca. 15 Minuten. Die Auswertung der Schülertexte wurde mittels Constant Comparative Analysis (Corbin & Strauss, 1990) durchgeführt.

Ergebnisse der Pilotierung

Die Auswertung der Bearbeitungen ergab das Kategoriensystem wie es in Abb. 3 dargestellt ist. Hierbei sind die jeweiligen Kategorien in Ellipsenform dargestellt. Die Anordnung in dem Ablaufschema für physikalisches Problemlösen entspricht der Stellung der jeweiligen

Kategorie in diesem Gefüge. Beispielantworten für die jeweiligen Kategorien finden sich in Tab. 1.

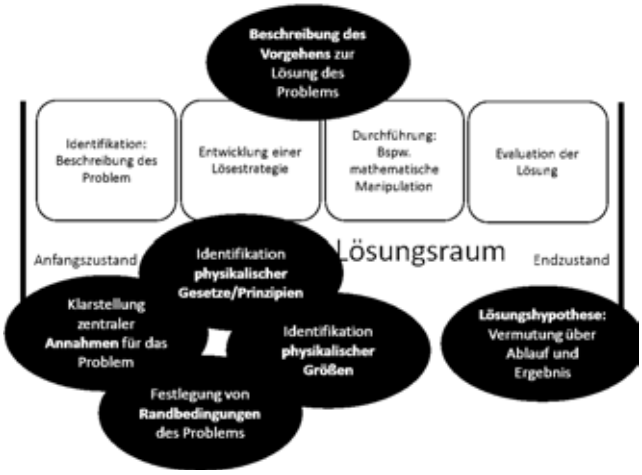


Abb. 3: Abgeleitetes Kategoriensystem aus den Antworten (Ellipsen).

Tab. 1: Abgeleitete Kategorien mit Häufigkeiten sowie einer Beispielantwort.

Kategorie	Beispielantwort
Lösungshypothese: 14x	„Der Startpunkt müsste auf jeden Fall höher als der Looping sein.“
Randbedingungen: 16x	„Damit die Masse die Laufbahn durchlaufen kann, darf die kinetische Energie oben im Looping nicht null sein.“
Annahmen: 5x	„Es handelt sich um einen Massenpunkt.“
Physikalische Gesetze: 49x	„Wenn der Ball ins Rollen kommt, wandelt sich die potentielle Energie in kinetische und Rotationsenergie um.“
Physikalische Größen: 7x	„Dabei muss die Masse der Kugel beachtet werden.“
Beschreibung des Vorgehens: 34x	„Anschließend formt man nach h um und hat somit die Höhe.“

Diskussion

In dieser Arbeit wurde die Pilotierung eines Tests zur Erfassung der physikalischen Problemlösefähigkeit berichtet. Die Auswertung der Antworten ergibt, dass insbesondere physikalische Gesetze sehr häufig in den Texten auftauchen. Ebenso auffällig ist, dass nur sehr wenige Probanden die physikalischen Annahmen explizit in ihrer Darstellung erwähnen. In der Haupterhebung werden genau solche Differenzen von Bedeutung für die Klassifikation von Experten und Novizen sein (Hardiman, Dufresne, & Mestre, 1989). Festzustellen ist insgesamt, dass alle Aussagen der Probanden im Kategoriensystem erfasst werden können. Allerdings sind die Kategorien nicht immer trennscharf, was für Auswerteverfahren wie die Inhaltsanalysen gefordert wird. Der entwickelte Test wird nun im Rahmen eines Projektes (WinnerS) eingesetzt, in welchem Erfolg im Auswahlwettbewerb zur Internationalen PhysikOlympiade vorhergesagt werden soll.

Literatur

American Institute of Physics. (1997). *1996 Initial Employment Follow-up of 1995 Physics Degree Recipients*. AIP Pub No. R-282.19. College Park: Author.

Bransford, J., Sherwood, R., Vye, N., & Rieser, J. (1986). Teaching Thinking and Problem Solving: Research Foundations. *American Psychologist, 41,* 1078–1089.

Bransford, J., & Stein, B. S. (1984). *The ideal problem solver: A guide for improving thinking, learning, and creativity*. New York: W. H. Freeman and Company.

Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science, 5,* 121–152.

Corbin, J., & Strauss, A. (1990). *Basics of Qualitative Research: Grounded Theory Procedures and Techniques*: SAGE Publications.

Csapó, B., & Funke, J. (2017). The development and assessment of problem solving in 21st-century schools. In B. Csapó & J. Funke (Eds.), *The nature of problem solving. Using research to inspire 21st century learning* (pp. 19–31). Paris: OECD Publishing.

Docktor, J. L. (2009). *Development and Validation of a Physics Problem-Solving Assessment Rubric* (Ph.D. thesis), University of Minnesota.

Hardiman, P. T., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (1989). The relation between problem categorization and problem solving among experts and novices. *Memory & Cognition, 17*(5), 627–638.

Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics, 55*(5), 440–454.

Hsu, L., Brewe, E., Foster, T. M., & Harper, K. A. (2004). Resource Letter RPS-1: Research in problem solving. *American Journal of Physics, 72*(9), 1147–1156. doi:10.1119/1.1763175兴

Leonard, W. J., Dufresne, R. J., & Mestre, J. P. (1996). Using qualitative problem-solving strategies to highlight the role of conceptual knowledge in solving problems. *American Journal of Physics, 64*(12), 1495–1503. doi:10.1119/1.18409

Pold, J. & Mulvey, P. (2016). Physics Doctorates: Skills Used & Satisfaction with Employment. Data from the degree recipient follow.

Polya, G. (1945). *How to solve it*. New York: Princeton University Press.

Reif, F., & Heller, J. I. (1982). Knowledge structure and problem solving in physics. *Educational Psychologist, 17*(2), 102–127. doi:10.1080/00461528209529248

Reinhold, P., Lind, G., & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 5*(1), 41–62.

Anneke Steegh[1]
Tim Höffler[1]
Jan Retelsdorf[2]
Ilka Parchmann[1]

[1]IPN Kiel
[2]Universität Hamburg

Girls vs. gender stereotypes: The real battle in science competitions?

Theoretical background

German females are underrepresented in national selections for science competitions as well as in the German national science competition teams (Köhler, 2017; Lengfelder & Heller, 2002). This underrepresentation could be explained by a significantly lower female interest in participating in science activities compared to males (OECD, 2016) and a lower female interest in physics and chemistry in general (Krapp & Prenzel, 2011). The difference of interest and achievement in science and mathematics between females and males, on the other hand, cannot simply be explained by a difference in talent or natural ability. Both PISA and TIMSS results show that gender differences in science achievement are not consistently in favour of males throughout all participating countries (Martin et al., 2016; OECD, 2016). Gender-specific differences in interests are influenced by many factors, such as parents' gender specific beliefs (Cho & Lee, 2002), teachers' influence, girls' preference of cooperation over competition (Lengfelder & Heller, 2002; Tirri, 2002), lower short-term goals such as winning the competition, more fear of failure, lower self-concept and less self-efficacy (Urhahne, Ho, Parchmann & Nick, 2012).

Most of the above-mentioned factors are directly or indirectly influenced by gender-science stereotypes according to the expectancy-value model of achievement motivation by Eccles, Adler, and Meece (1984; Wigfield & Eccles, 2000; Fig. 1).

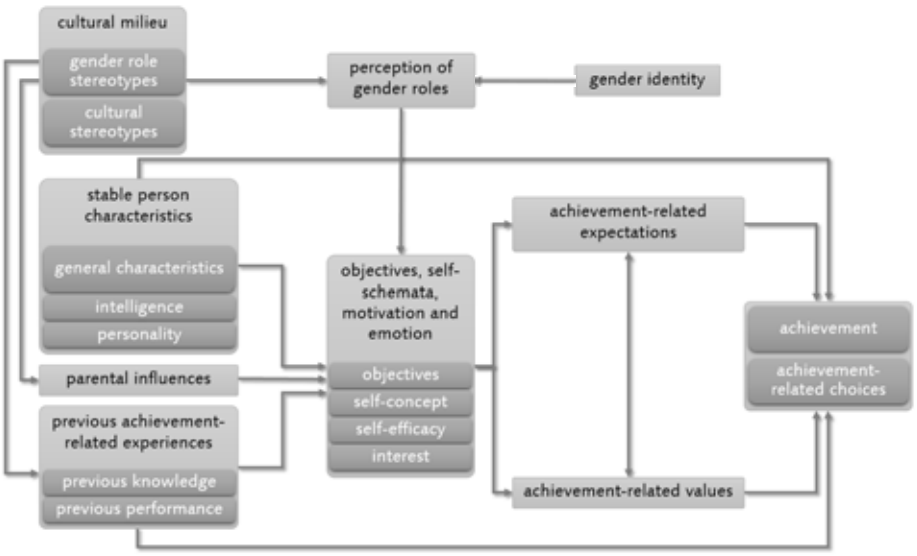


Fig 1. Modified expectancy value model of achievement-related choices (Eccles, 2005). Some concepts are simplified or left out for easier comprehension and the concept 'gender identity' has been added.

The gender-science stereotype is a culturally dependent and extremely common stereotype that portraits males as naturally more talented, interested and therefore better fitting in the fields of science and mathematics. Explicit (self-report questionnaires) and implicit (Implicit Association Test, created by Greenwald, McGhee & Schwartz, 1998) measures have shown that on average, students clearly endorse male-science stereotypes (Nosek, Babaji & Greenwald, 2002; Steffens, Jelenec & Noack, 2010).

Gender identity, parental influences and cultural stereotypes shape a student's gender-science stereotypical beliefs (Eccles, 2005), but students can also use gender-science stereotypes in the process of developing their gender identity. For instance, a young girl can strengthen and demonstrate her feminine gender identity by showing a disinterest in science, a masculine domain (Kessels, 2005; Kessels, Heyder, Latsch & Hannover, 2014). On the other hand, Kessels (2005) found that peers regarded females who are interested in physics as less feminine. These interactions between stereotype and gender identity can be explained by the balanced identity theory (Greenwald et al., 2002; Fig. 2). The principle behind this theory is that two concepts with a shared first order link also have a shared association. The balanced identity theory for gender-science is represented by the interactions between the three concepts 'self', 'gender group' and 'science'. It theorizes that a female endorsing the gender-science stereotype could have difficulty with endorsing her female gender identity or with establishing a positive science science-related self-concept.

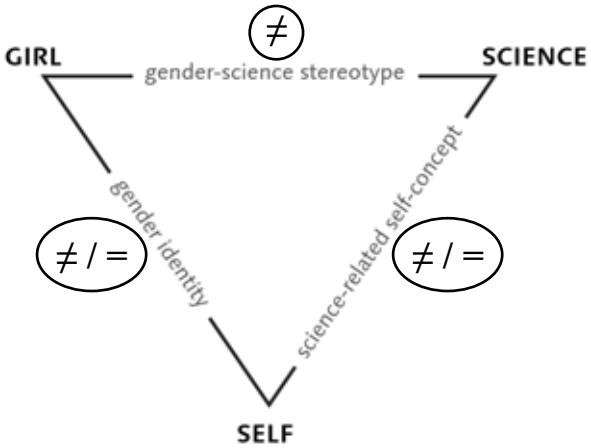


Fig 2. Representation of balanced identity theory for gender-science. The association between the concepts 'gender group' and 'science' is represented by gender-science stereotypical beliefs. Self-science association is an aspect of science-related self-concept. A gender identity is formed through the association between 'self' and 'gender group'. A female with science=male stereotypical beliefs could have difficulty endorsing her female gender identity or have a low science-related self-concept.

Aims

This project aims to investigate the relation between stereotypes and female achievement in German science Olympiads by conducting a longitudinal study amongst participants.

Research aims:

- Characterisation of the relationship between science achievement and science-related self-concept, self-efficacy and interest among participants.
- Characterisation of gender differences in the relationship between gender-science stereotypical beliefs and science-related self-concept, self-efficacy and interest among participants.
- Characterisation of gender differences in the relationship between gender-science stereotypical beliefs, gender identity as well as science-related self-concept, self-efficacy and interest among participants.

The above aims will be investigated for successful versus unsuccessful male and/or female participants and high achieving participants versus high achieving non-participants.

Methods

Participants of the national selections of the International Junior Science Olympiad (IJSO), the International Biology Olympiad (IBO), the International Chemistry Olympiad (IChO) and the International Physics Olympiad (IPhO), and participants of the federal environment competition (BUW) take part in an online survey consisting of five measurement points (MP). MP1 will take place during Olympiad selection round 1, MP2 after the feedback from round 1 but before the start of round 2, MP3 after the feedback from round 2 but before the start of round 3, MP4 after the feedback from round 3 but before the start of round 4, and MP5 takes place after all teams have been to the international competitions and will serve as a follow up.

The expected number of competition participants will be approximately 7000. Even with a 30% response rate, chances are high that a sufficient sample size of 400 students will be reached. The control group will consist of students attending general education schools in science profile classes.

Stable characteristics of the participants such as demographics (i.e. age, gender, etc.) as well as personality traits and intelligence will be collected. A selection of measured concepts important to this particular research is shown in Table 1.

Tab. 1. Concept, measurement time point, scale and source

Concept	*MP*	*# items*	*Source*
subject-specific self-concept	1-5	6	PISA, 2006
explicit gender-science association	1	5	Fennema & Sherman, 1976
implicit gender-science association	1	-	Greenwald et al., 1998
self-gender association	1	4	Schmader, 2002
interest in science activities	1-5	28	Dierks et al., 2014
interest in science activities+context	2	42	Modified from Dierks et al., 2016
subject-specific self-efficacy	1-5	4	Urhahne et al., 2012
support from parents, teachers, peers	1-5	6 x parents; 3 x teachers; 4 x peers	Urhahne et al., 2012

Literatur

Cho, S., & Lee, H. (2002). Korean gifted girls and boys: What influenced them to be Olympians and Non-Olympians? Journal of Research in Education, 12(1).

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. https://doi.org/10.1080/02635143.2014.895712

Dierks, P. O., Höffler, T. N., Blankenburg, J. S., Peters, H., & Parchmann, I. (2016). Interest in science: A RIASEC-based analysis of students' interests. International Journal of Science Education, 38(2), 238–258. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1138337

Eccles, J. S. (2005). Studying gender and ethnic differences in participation in math, physical science, and information technology. New Directions for Child and Adolescent Development, 2005(110), 7–14. https://doi.org/10.1002/cd.146

Eccles, J., Adler, T., & Meece, J. (1984). Sex differences in achievement: a test of alternate theories. Journal of personality and social psychology, 16, 26–43.

Fennema, E., & Sherman, J. A. (1976). Fennema-sherman mathematics attitude scales. Instruments designed to measure the attitudes toward the learning of mathematics by females and males. JSAS: Catalog of Selected Documents in Psychology, 6 (Ms. No. 1225), 31.

Greenwald, A. G., McGhee, D. E., Schwartz, J. L. K. (1998). Measuring Individual Differences in Implicit Cognition: The Implicit Association Test. Journal of personality and social psychology, 74(6), 1464–1480.

Greenwald, A. G., Banaji, M. R., Rudman, L. A., Farnham, S. D., Nosek, B. A., & Mellott, D. S. (2002). A unified theory of implicit attitudes, stereotypes, self-esteem, and self-concept. Psychological Review, 109(1), 3–25. https://doi.org/10.1037//0033-295X.109.1.3

Kessels, U. (2005). Fitting into the stereotype: How gender-stereotyped perceptions of prototypic peers relate to liking for school subjects. European Journal of Psychology of Education, 20(3), 309–323. https://doi.org/10.1007/BF03173559

Kessels, U., Heyder, A., Latsch, M., & Hannover, B. (2014). How gender differences in academic engagement relate to students' gender identity. Educational Research, 56(2), 220–229. https://doi.org/10.1080/00131881.2014.898916

Köhler, C. (2017). Naturwissenschaftliche Wettbewerbe für Schülerinnen und Schüler. Charakterisierung der Anforderungen und Teilnehmenden hinsichtlich spezischer Leistungsmerkmale. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel. Retrieved from http://macau.uni-kiel.de/receive/dissertation_diss_00020955

Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. International Journal of Science Education, 33(1), 27–50. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645

Lengfelder, A., & Heller, K. A. (2002). German Olympiad Studies: Findings from a retrospective evaluation and from in-depth interview. Where have all the gifted females gone? Journal of Research in Education, 12(1), 86–92.

Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P., & Hooper, M. (2016). TIMSS 2015 International Results in Science. Retrieved from http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/timss-2015/science/student-achievement/

Nosek, B. A., Banaji, M., & Greenwald, A. G. (2002). Harvesting implicit group attitudes and beliefs from a demonstration web site. Group Dynamics: Theory, Research, and Practice, 6(1), 101–115. https://doi.org/10.1037//1089-2699.6.1.101

OECD. (2016). PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education, PISA, OECD Publishing, Paris.

Schmader, T. (2002). Gender identification moderates stereotype threat effects on women's math performance. Jounal of experimental social psychology, 38, 194–201. https://doi.org/10.1006/jesp.2001.1500

Steffens, M. C., Jelenec, P., & Noack, P. (2010). On the leaky math pipeline: Comparing implicit math-gender stereotypes and math withdrawal in female and male children and adolescents. Journal of Educational Psychology, 102(4), 947–963. https://doi.org/10.1037/a0019920

Tirri, K. (2002). Developing females' talent: Case studies of Finnish Olympians. Journal of Research in Education, 12(1), 80–85.

Urhahne, D., Ho, L. H., Parchmann, I., & Nick, S. (2012). Attempting to predict success in the qualifying round of the International Chemistry Olympiad. High Ability Studies, 23(2), 167–182. https://doi.org/10.1080/13598139.2012.738324

Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy–Value Theory of Achievement Motivation. Contemporary Educational Psychology, 25(1), 68–81. https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015

Lorenz Kampschulte IPN Kiel & Kiel Science Outreach Campus
Carolin Enzingmüller
Ilka Parchmann

Wissenschaftskommunikation als Thema für Fachdidaktik

Ein Ziel von Fachdidaktik ist es, aktuelle Forschungsthemen für die Schule aufzubereiten und somit Schülerinnen und Schülern an moderner Wissenschaft teilhaben zu lassen. So haben sich in den vergangenen Jahren Themen wie Nanotechnologie, Quantenphysik oder auch Forschung zu Epigenetik ihren Weg in die Schule gebahnt. Daneben wird von Forschungsinstitutionen sowie den dort tätigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auch selbst aktiv Wissenschaftskommunikation betrieben und Ergebnisse und Methoden ihrer Forschung direkt an die Öffentlichkeit kommuniziert. Aus Sicht der Fachdidaktik steht die Untersuchung von Prozessen der Wissenschaftskommunikation bislang wenig im Fokus, obwohl sich dafür gleich zwei interessante Aufgaben und Forschungsperspektiven ergeben:
(1) Wie können aktuelle Ansätze der Fachforschung für Lehr-Lern-Prozesse rekonstruiert und in Bildungsangebote eingebunden werden?
(2) Welche Lern- und Bildungspotenziale sind damit verbunden, welche Ergebnisse lassen sich darauf bezogen empirisch nachweisen?

Ziel dieses Postersymposiums war es, verschiedene Projekte zusammenzubringen, die an genau der Schnittstelle zwischen Bildung und Wissenschaftskommunikation angesiedelt sind und forschungsbasiert entsprechende Formate und Aktivitäten entwickeln und überprüfen. Vertreten sind zum einen Teilprojekte im Bereich Öffentlichkeitsarbeit (TPÖ / SOP) der von der DFG geförderten Sonderforschungsbereiche und zum anderen Forschungsvorhaben aus dem Kiel Science Outreach Campus (KiSOC).

Theoretische Verortung
Aktuelle Forschungsthemen und -methoden werden im Rahmen bestimmter Formate und Aktivitäten kommuniziert. Dabei stellt sich die Frage, wie solche Formate und Aktivitäten entwickelt und auf ihre Wirksamkeit hin überprüft werden können. Die Felder der Fachdidaktik (Science Education) und der Wissenschaftskommunikation (Science Communication) beantworten diese Fragen traditionell unterschiedlich (Lewenstein, 2015; Baram-Tsabari & Osborne, 2015; Bromme & Goldman, 2014; vgl. Abb. 1).
Die Fachdidaktik nimmt individuelle Lernprozesse in den Blick und orientiert sich dabei am Konzept der Scientific Literacy. Wissen bzw. Kompetenzen werden in einem curricularen Kontext gefördert. Ziele sind neben dem fachlichen, anschlussfähigen Lernen vor allem die Förderung von Interesse an Naturwissenschaften, die Nachwuchsgewinnung, oder auch Befähigung für gesellschaftliche Teilhabe.
Das Feld der Wissenschaftskommunikation hat sich in den letzten Jahren explizit gegen das Konzept der Scientific Literacy abgegrenzt. Vorherrschend ist hier das Paradigma des Public Engagement with Science (PES), dessen Hauptziel nicht darin besteht, Wissen aufzubauen, sondern die Öffentlichkeit für Wissenschaft zu interessieren, sie durch Partizipation an Forschung teilhaben zu lassen und dadurch Akzeptanz und Vertrauen in Wissenschaft auf gesellschaftlicher Ebene zu fördern.

Abb. 1: Gegenüberstellung wichtiger Merkmale von Science Education und Science Communication

Prototypisch betrachtet verläuft die Konzeption und Evaluation von Formaten und Aktivitäten zur Kommunikation aktueller Forschungsthemen und -methoden in den beiden Feldern unterschiedlich. Werden beispielsweise Unterrichtseinheiten mit Bezug zu aktueller Forschung entwickelt, bewegt man sich in einem formellen Setting. Bedeutend ist hier eine curriculare Passung der Inhalte und Methoden bezogen auf die jeweilige Schülergruppe. Im Fokus steht die Frage, wie ausgewählte Wissens- bzw. Kompetenzfacetten aufbauend auf dem Vorwissen gefördert werden können. Eine Evaluation kann in Form einer Überprüfung der angestrebten Lernziele vergleichsweise strukturiert im Klassenverband erfolgen.
Bei der Entwicklung einer öffentlichen Ausstellung ist das Setting informell. Die Zielgruppe ist heterogen, die Kommunikations- und Lernprozesse hochgradig individualisiert und selektiv (Lewalter & Schwan, 2017; Falk & Dierking, 2002). Daher werden hier konzeptionelle Ansätze verfolgt, die eine frei gewählte Rezeption der Ausstellungsinhalte („free choice") ermöglichen und dabei gleichzeitig verschiedene Zielgruppen ansprechen. Auch in Bezug auf die Evaluation der Aktivitäten stellen informelle Lernorte wie Ausstellungen besondere Herausforderungen: Inhaltlich sind die Kommunikationsziele oft divers und liegen je nach Zielgruppe in einem Spektrum zwischen Wissenserwerb und Unterhaltung. Organisatorisch erschweren sowohl das Setting (in der Regel Freizeitbesucherinnen und -besucher, einzeln oder in Kleingruppen) als auch die heterogene Zielgruppe die valide und reliable Erhebung von Daten.
Auch wenn sich – wie oben veranschaulicht – die Felder unterscheiden, haben sie Schnittmengen bezüglich ihrer Forschungsinteressen und -methoden. Für Projekte an der Schnittstelle zwischen Bildung und Wissenschaftskommunikation stellt sich also auch die Frage, inwieweit man Ansätze und Methoden aus der Fachdidaktik auf die Wissenschaftskommunikation übertragen kann – und umgekehrt.

Vorstellung der Projekte

In den vergangenen Jahren hat sich in Deutschland eine ganze Reihe von Öffentlichkeits- und/oder Outreachprojekten entwickelt, die zu einem guten Teil auf den Förderinstrumenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) basieren. Seit 2006 ist es möglich, bei der DFG im Rahmen eines Sonderforschungsbereich-Antrags ein dediziertes Projekt zur Öffentlichkeitsarbeit bzw. zum Outreach (TPÖ, SOP) mit zu beantragen. Diese dienen dazu umfangreichere Vorhaben der Wissenschaftskommunikation und Öffentlichkeitsarbeit durchzuführen, wie etwa Schülerlabore, große Ausstellungsprojekte oder die Konzeption und Implementierung virtueller Umgebungen. Insgesamt fördert die DFG zurzeit 267

Sonderforschungsbereiche, von denen etwa 1/5 ein dediziertes TPÖ bzw. SOP-Projekt betreiben (gepris.dfg.de). Das Gesamtbudget für Maßnahmen und Projekte zur Öffentlichkeitsarbeit beträgt dabei etwa 1,5 Millionen Euro pro Jahr (DFG, 2014).
Viele dieser Projekte machen dabei nicht nur reine Öffentlichkeitsarbeit, sondern sind gleichzeitig in sich ein eigenes Forschungsprojekt, das die Konzeption und Durchführung der Aktivitäten fachdidaktisch begleitet und entsprechende Forschung andockt.
Auch der Kiel Science Outreach Campus (KiSOC) verfolgt das Ziel, verschiedene Outreachformate exemplarisch zu untersuchen und prototypisch weiterzuentwickeln. Die Forschungsprojekte sind immer zwischen Fachwissenschaft und Fachdidaktik angesiedelt und werden von beiden Seiten betreut. Viele der Projekte untersuchen Outreach-Aktivitäten im Kontext Schule, wie Schülerlabore, Informationstage oder Ausstellungsbesuche mit Schulklassen, versuchen die Ergebnisse dann aber auf weitere Formate bzw. Zielgruppen zu übertragen.
Als Basis stützen sich dabei viele der Projekte auf das DFG geförderte Schwerpunktprogramm SPP1409 „Wissenschaft und Öffentlichkeit“ um Rainer Bromme, in dem viele grundlegende Studien zum Verhältnis von Forschenden und Öffentlichkeit entstanden sind. Im Vordergrund stand dabei die Untersuchung des Umgang mit konflikthaften Informationen, sei es bei der Kommunikation von medizinischen Themen im Internet (Kienhues …), beim Verständnis von Texten im Museum (Lewalter et al., 2015; Specht et al., 2015), oder auch bei der Wahrnehmung von Abbildungen im Museum im Vergleich zu Originalobjekten (Schwan et al., 2016).

Die im Postersymposium vorgestellten Projekte verschiedener Sonderforschungsbereiche (SFB 917 Aachen, SFB 803 und SFB 1073 Göttingen, SFB 1227 Hannover und SFB 677, SFB 1182 und SFB 1261 Kiel) sowie des Kiel Science Outreach Campus zeigen das breite Spektrum an Formaten und Untersuchungsdesigns und spiegeln so das junge Forschungsfeld an der Schnittstelle Science Communication – Science Education in Deutschland wieder.
Misch et al. hinterfragen in Ihrer Studie die grundsätzlichen Motive und Erwartungen von Schülerinnen und Schülern zum Besuch einer universitären Science Outreach Aktivität. Die Forschungsarbeiten von Sattelkau et al. und Siebert et al. werfen einen eher genuinen Blick auf den Einsatz unterschiedlicher Medien im Science Outreach, so etwa das Lernen mit Texten bzw. die Wirkung immersiver Medien.
Vier der vorgestellten Projekte sind eng mit dem Format des Schülerlabors verbunden: So beschäftigen sich zum Beispiel Schillings et al. mit der Entwicklung, Implementation und Beforschung eines quantenoptischen Schülerlabors, wohingegen Weisermann et al. die Einbettung in den curricularen Unterricht untersuchen, indem dedizierte Einheiten zur Vor- und Nachbereitung angebunden werden. Stamer et al. versuchen über den Einsatz von Videos die Authentizität des Schülerlaborbesuchs zu steigern, Heinke et al. haben ein Planspiel ins Schülerlabor integriert um den kooperativen und kommunikativen Charakter von aktueller naturwissenschaftlicher Forschung abzubilden.
Neben den Schülerlaboren werden auch weitere, schülerzentrierte Formate präsentiert: Kapitza et al. berichten über die Entwicklung eines außerschulischen Projekttags zur Gesundheitsforschung, Appelhans et al. zeigen erste Schritte zur Konzeption eines Peer-Review Journals für Schülerinnen und Schüler, die Gruppe um Kampschulte untersucht den Einsatz von schülerkuratierten Ausstellungen als Tool für Wissenschaftskommunikation.
Einige Projekte fassen auch eine breitere Zielgruppe ins Auge, so versuchen Maass et al. mit verschiedenen Formaten die Bedeutung von Energiewissenschaften einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen, von Hoff et al. nutzen Experimente, Ausstellungsstücke, Videos und Adapted Primary Literature um das Thema Membranforschung zu kommunizieren.

Literatur

Baram-Tsabari, A., & Osborne, J. (2015). Bridging science education and science communication research. Journal of Research in Science Teaching, 52(2), 135–144. https://doi.org/10.1002/tea.21202

Bromme, R., & Goldman, S. R. (2014). The public's bounded understanding of science. Educational Psychologist, 49(2), 59–69.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (2014). Daten zur Entwicklung des Programms Sonderforschungsbereiche, Gruppe SFE – Sonderforschungsbereiche, Forschungszentren, Exzellenzcluster. http://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/programme/sfb/bericht_daten_entwicklung_sfb_2014.pdf (letzter Abruf 15.10.17)

Kienhues, D., Stadtler, M., & Bromme, R. (2011). Dealing with conflicting or consistent medical information on the Web: When expert information breeds laypersons' doubts about experts. Learning and Instruction, 21, 193-204. doi:10.1016/j.learninstruc.2010.02.004.

Lewalter, D., Phelan, S. Geyer, C., Schnotz, W., Grüninger, R., & Specht, I. (2015). Investigating profiles of visitors for dealing with conflicting information in the museum. International Journal of Science Education: Part B, 357-374.

Lewalter, D., & Schwan, S. (2017). Wissenschaftskommunikation in naturwissenschaftlich-technischen Museen aus psychologischer Sicht. Psychologische Rundschau, 68(3), 182–187. https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000362

Lewenstein, B. V. (2015). Identifying what matters: Science education, science communication, and democracy. Journal of Research in Science Teaching, 52(2), 253–262. https://doi.org/10.1002/tea.21201

Specht, I., Phelan, S., & Lewalter, D. (2015). Conflicting Information in Science Museums: An Exploratory Study. International Journal of the Inclusive Museum, 8(2).

Schwan, S., Bauer, D., Kampschulte, L., & Hampp, C. (2016). Representation Equals Presentation? Photographs of Objects Receive Less Attention and Are Less Well Remembered Than Real Objects. Journal of Media Psychology. doi: 10.1027/1864-1105/a000166

Yasmin S. Appelhans IPN Kiel
Kerstin Kremer

Dialog im Public Outreach – Eine Untersuchung an Texten[1]

Dialogische Formate nehmen einen großen Stellenwert im aktuellen Diskurs zum Thema Kommunikation von Wissenschaft mit einem Laienpublikum ein. Ob solche Formate wirksam sind, ist jedoch noch wenig erforscht.
In diesem Forschungsvorhaben wird ein dialogischer Ansatz zum Verfassen allgemein verständlicher wissenschaftlicher Texte und dessen empirische Untersuchung vorgestellt.

Theoretischer Hintergrund
Der Ansatz authentische Wissenschaft in den Schulunterricht zu integrieren wird bereits seit einiger Zeit international (z.B. Edelson, 1998) und auch in Deutschland diskutiert (z.B. Glowinski, 2007 und darin). Dabei wird auch der Ansatz verfolgt, aktuelle naturwissenschaftliche Forschung zu kommunizieren.

Bei der Kommunikation von Wissenschaft mit der Öffentlichkeit und somit auch mit Schülerinnen und Schülern (dem sogenannten Public Outreach) wurde lange Zeit auf unidirektionale Methoden (von „wissenden“ Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern hin zu „unwissendem“ Publikum) gesetzt (z.B. Bauer, Allum, & Miller, 2007). Sukzessive wurde jedoch festgestellt, dass der Versuch des bloßen Transfers von inhaltlichem Wissen an ein vermeintlich unwissendes Zielpublikum, in der Wissenschaftskommunikation als „Defizitmodell“ (z.B. UK House of Lords, 2000) bezeichnet, wenig zielführend ist (Stocklmayer & Bryant, 2012). Es wird zunehmend als weniger wichtig betrachtet, was die Bevölkerung an inhaltlichem Wissen bezüglich wissenschaftlicher Themen hat. Stattdessen rücken Variablen wie öffentliche Wahrnehmung von Wissenschaft und Vertrauen in Wissenschaft und Wissenschaftler in den Blickpunkt.

Bei der praktischen Gestaltung sucht man in der Wissenschaftskommunikation, ähnlich wie im formellen Lernen, wo neuere Unterrichtsmethoden –geleitet beispielsweise vom Konstruktivismus- weg vom Frontalunterricht und hin zu mehr Schülerzentrierung gehen, nach neuen methodischen Ansätzen. Dabei rücken insbesondere dialogische Formate in den Vordergrund (z.B. Bauer et al., 2007; Brossard & Lewenstein, 2009). Grundlage für das sogenannte dialogische Modell ist der Gedanke, dass ein Lernprozess nicht nur auf Seiten der Bevölkerung sondern auch auf der der Kommunikatorinnen und Kommunikatoren stattfindet. Zudem geht man davon aus, dass der Dialog das Vertrauen der Bevölkerung stärken kann (UK House of Lords, 2000).

Obwohl praktische Outreachaktivitäten, die nach den verschiedenen Modellen der Wissenschaftskommunikation (Defizit und Dialog) geplant wurden bereits konzeptuell verglichen wurden (Brossard & Lewenstein, 2009), hat unseres Wissens nach noch keine experimentelle Studie die beiden Modelle hinsichtlich ihrer Wirkung auf Variablen wie Vertrauen in Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersucht. Des Weiteren fehlen Untersuchungen dazu, ob tatsächlich ein Lernprozess auf Seiten der Kommunikatorinnen und Kommunikatoren stattfindet und ob der Prozess zu einer erhöhten Qualität der Formate und besserer Verständlichkeit der thematischen Inhalte führt.

[1] Dieser Beitrag ist in gleicher Form im Abstractband der Internationalen Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBio 2017 in Halle erschienen.

Fragestellungen

Die Fragestellungen, die wir untersuchen möchten, lauten:

1. Erhöht die Teilnahme an einem dialogisch gestalteten Projekt das Vertrauen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Bevölkerung in Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler?
2. Findet bei der Teilnahme an einem dialogisch gestalteten Projekt auch ein Lernprozess auf Seiten der Kommunikatoren statt?
3. Wirkt sich ein dialogischer Prozess auf die allgemeine Verständlichkeit und die Benutzung von Fachjargon in Outreachformaten aus?

Formatentwicklung

Zur Beantwortung dieser Fragen werden in unserem Forschungsvorhaben Texte für den Outreach dialogisch erstellt. Texte spielen sowohl im Unterricht als auch in der Wissenschaftskommunikation eine große Rolle und haben auch und ganz besonders im digitalen Zeitalter eine hohe Reichweite (z.B. Liu, 2005). Dabei ist das Format Text per se nicht dialogisch. Ein dialogischer Ansatz wird beispielsweise in der Zeitschrift Frontiers for young minds mit einem Begutachtungsprozess von Texten durch Schülerinnen und Schüler verfolgt.

Ein ähnliches Konzept wird in unserer Studie mit deutschsprachigen Texten realisiert. Dabei verfassen Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler Texte zu ihrer aktuellen Forschung, die dann von Schulklassen im Alter der Zielgruppe (Oberstufenschülerinnen und -schülern) hinsichtlich Inhalt und Form begutachtet werden. Der Prozess ähnelt somit dem naturwissenschaftlichen Peer-review-Verfahren.

Die Texte stammen dabei alle aus dem Themengebiet der aktuellen Forschung an Metaorganismen. Als Metaorganismus bezeichnet man die Gesamtheit von makroskopischem Wirt und den synergistischen Bakterien, Archaeen, Pilzen und mikrobiellen Eukaryoten (Bosch & McFall-Ngai, 2011). Auch der Mensch mit seiner Haut- und Schleimhautflora ist ein Metaorganismus. Das Thema eignet sich besonders für die Untersuchung von Outreachformaten, da ein generelles Interesse der Bevölkerung vorauszusetzen ist. (Siehe beispielsweise den Bestsellererfolg des Buches „Darm mit Charme“ von Guilia Enders, 2014), während es noch keinen verbreiteten Einzug in den Schulunterricht gehalten hat.

Untersuchungsdesign

Um Forschungsfragen zu beantworten, werden verschiedene Quantitative und Qualitative Untersuchungen durchgeführt.

Zur Beantwortung von Forschungsfrage 1 werden die an dem Begutachteten Schulklassen in einem Pre-postverfahren zur Vertrauenswürdigkeit von Naturwissenschaftlerinnen und –wissenschaftlern befragt (Hendriks, Kienhues, & Bromme, 2015). Als Kontrollgruppe dienen Schulklassen, die zwar zum Thema Metaorganismen unterrichtet werden, aber nicht selbst an den Texten arbeiten.

Forschungsfrage 2 wird beantwortet, indem die beteiligten Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler mit leitfragengestützten qualitativen Interviews vor und nach der Teilnahme am Projekt bezüglich ihrer Einstellung zur Wissenschaftskommunikation, ihrer Selbsteinschätzung bezüglich der Kommunikation mit der Bevölkerung und ihren erwarteten vs. tatsächlichen Lerneffekten befragt.

Für die Beantwortung von Forschungsfrage 3 sollen Rezipienten aus der Bevölkerung zu der Verständlichkeit der verschiedenen Texte (vor und nach der Begutachtung durch die Schülerinnen und Schüler) befragt werden. Zudem soll eine Analyse der Texte mithilfe einer Adaptation des Instruments von Baram-Tsabari & Lewenstein (2012) sowie der Software „Textlab“ stattfinden.

Literatur

Baram-Tsabari, A., & Lewenstein, B. V. (2012). An instrument for assessing scientists' written skills in public communication of science. *Science Communication*, *35*(1), 56–85. https://doi.org/10.1177/1075547012440634

Bauer, M. W., Allum, N., & Miller, S. (2007). What can we learn from 25 years of PUS survey research? Liberating and expanding the agenda. *Public Understanding of Science*, *16*(1), 79–95. https://doi.org/10.1177/0963662506071287

Bosch, T. C. G., & McFall-Ngai, M. J. (2011). Metaorganisms as the new frontier. *Zoology (Jena, Germany)*, *114*(4), 185–90. https://doi.org/10.1016/j.zool.2011.04.001

Brossard, D., & Lewenstein, B. (2009). A critical appraisal of models of public understanding of science. In L. Kahlor & P. Stout (Eds.), *Communicating science: new agendas in communication* (pp. 11–39). New York: Taylor & Francis. https://doi.org/10.4324/9780203867631

Edelson, D. C. (1998). Realising Authentic Science Learning through the Adaptation of Scientific Practice. In B. J. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (1st ed., pp. 317–331). Dordrecht, NL: Kluwer.

Glowinski, I. (2007). *Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen*. Universitätsbibliothek Kiel. Retrieved from http://macau.uni-kiel.de/receive/dissertation_diss_00002564

Hendriks, F., Kienhues, D., & Bromme, R. (2015). Measuring laypeople's trust in experts in a digital age: The Muenster Epistemic Trustworthiness Inventory (METI). *PLoS ONE*, *10*(10), 1–20. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139309

Liu, Z. (2005). Reading behavior in the digital environment. *Journal of Documentation*, *61*(6), 700–712. https://doi.org/10.1108/00220410510632040

Stocklmayer, S. M., & Bryant, C. (2012). Science and the Public—What should people know? *International Journal of Science Education, Part B*, *2*(1), 81–101. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.543186

UK House of Lords, Select committee on science and technology. (2000). *Science and Society*.

Fabian Leiß RWTH Aachen
Ralf Detemple
Heidrun Heinke

Ziele und Wege der Wissenschaftskommunikation im Schülerlabor

In Schülerlaboren bieten sich durch informelle Lernformen vielfältige Möglichkeiten Wissenschaft zu thematisieren und erlebbar zu machen, die über den Regelunterricht hinausgehen. In diesem Beitrag wird dazu der Ansatz des Schülerlabors zum Sonderforschungsbereich 917 Nanoswitches (SFB Nanoswitches) vorgestellt. Zusätzlich zur Herangehensweise und zum Konzept des Schülerlabors werden ausgewählte Ergebnisse einer Studie zur Wirksamkeit des gewählten Schülerlaborkonzeptes präsentiert.
Die Anzahl der Schülerlabore in Deutschland hat sich vor allem seit der Jahrtausendwende stetig erhöht und ist mittlerweile auf mehr als 300 angewachsen (LernortLabor, 2015). Zur Übersicht über die vielseitige Schülerlaborlandschaft in Deutschland wurde von Haupt et al. (2013) eine Kategorisierung anhand einer Art „Betriebsmodus“ der Schülerlabore vorgestellt. Bei Schülerlaboren, die der Kategorie Wissenschaftskommunikation zugeordnet werden, liegt der Fokus – neben allgemeinen Schülerlaborkriterien, wie dem selbstständigen Experimentieren, der Steigerung von Interesse und Nachwuchsförderung im MINT-Bereich sowie einem dauerhaften Betrieb – im Allgemeinen auf der Vermittlung von Themen einer angegliederten Forschungsorganisation. Durch Verbindungen mit diesen Forschungsorganisationen ist es häufig möglich den Schülerinnen und Schülern (SuS) Zugang zu speziellen Messgeräten, Räumlichkeiten und Personen zu ermöglichen und auf diese Weise einen authentischen Eindruck von Wissenschaft zu bieten. Etwa 15% der Schülerlabore gaben an sich der Kategorie Wissenschaftskommunikation zuzuordnen und „von dieser Forschungsnähe geht die Faszination aus, die Schüler motiviert.“ (LernortLabor, 2015, S. 21).

Ziele der Wissenschaftskommunikation des SFB Nanoswitches
Mit einem eigenständigen Teilprojekt zur Öffentlichkeitsarbeit richtet sich der SFB Nanoswitches (2017) nicht nur an die allgemeine Bevölkerung bei Veranstaltungen wie z.B. einer Wissenschaftsnacht an der RWTH Aachen, sondern vor allem mit Angeboten eines Schülerlabors an Schulklassen und Kurse der Jahrgangsstufen 8 und 9. In diesem Schülerlabor SCIphyLAB_nano spielen – wie im Namen angedeutet – die Naturwissenschaften (science), die Physik (physics), das Arbeiten im Labor (laboratory) und die Nanotechnologie wichtige Rollen. Aus dem Forschungsvorhaben des SFB Nanoswitches, das sich mit der Entwicklung neuartiger Materialien für kleinste Datenspeichereinheiten – den sogenannten Nanoswitches – beschäftigt, wurde der Themenbereich der Phasenwechselmaterialien für die Vermittlung im Schülerlabor ausgewählt und für SuS aufbereitet. Das SCIphyLAB_nano verortet sich damit in der Schülerlaborkategorie zur Wissenschaftskommunikation.

Wege zur Vermittlung von wissenschaftlichen Inhalten, Methoden und Arbeitsweisen: Das Konzept des Schülerlabors zum SFB Nanoswitches
Das Schülerlabor hat einerseits zum Ziel ausgewählte fachliche Inhalte des SFB Nanoswitches altersgerecht an SuS zu vermitteln, wobei der Fokus zunächst auf die Jahrgangsstufen 8 und 9 gerichtet wurde. Andererseits sollen den SuS auch allgemeine Einblicke in Methoden, Arbeitsweisen und Tätigkeiten aus dem Arbeitsalltag von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern ermöglicht werden. Für solche authentischen Eindrücke bietet die Verknüpfung eines Schülerlabors mit dem SFB Nanoswitches sehr gute Möglichkeiten.

Aus dem Forschungsvorhaben des SFB Nanoswitches wurde einer von drei Themenbereichen zur Aufbereitung in Experimenten im Schülerlabor ausgewählt. Dabei handelt es sich um den Bereich, der sich mit Phasenwechselmaterialien für elektronische Datenspeicher beschäftigt. Ausgehend von Alltagsgegenständen wie Smartphones werden das Thema und die Ziele der Forschung motiviert und anhand von Modellen, einem Analogiematerial für das Phasenwechselmaterial (Leiß et al., 2015) und Originalproben aus Laboren des SFB Nanoswitches weiter vertieft. Dabei lernen die SuS nicht nur Grundlagen der Nanotechnologie und der Datenspeicherung kennen, sondern auch dazugehörige Untersuchungsmethoden, wie beispielsweise die Rasterkraftmikroskopie zur Analyse von Oberflächenstrukturen im Mikro- und Nanometerbereich. Um darüber hinaus auch Arbeitsweisen und Tätigkeiten von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern zu veranschaulichen werden im Tagesprogramm des Schülerlabors verschiedene Aspekte wissenschaftlichen Arbeitens in Form eines Planspiels integriert. Nach einer Einführung beginnen die SuS selbst als Forschergruppe tätig zu werden, führen Experimente zu verschiedenen Themen arbeitsteilig durch und treffen sich im Anschluss, um bei einer Schülerkonferenz ihre gefundenen Ergebnisse auszutauschen und zu diskutieren. Außerdem besteht generell die Möglichkeit Labore des SFB Nanoswitches zu besuchen und mit dort arbeitenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern direkt ins Gespräch zu kommen, was von den SuS stets als große Bereicherung zurückgemeldet wurde. Ob bzw. welchen Einfluss das beschriebene Schülerlaborkonzept auf Vorstellungen der SuS hat, wurde in einer Studie empirisch untersucht.

Untersuchungen zur Wirksamkeit des Schülerlabor-Konzeptes

Bei der Untersuchung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Wissenschaftskommunikation lassen sich verschiedene Aspekte betrachten. Im vorliegenden Fall sollte überprüft werden, ob durch den Schülerlaborbesuch ein tieferer Einblick in typische Tätigkeiten von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern vermittelt werden konnte, was dem Themenbereich „Nature of Science“ zuzuordnen ist. Hierzu wurde eine explorative Vorstudie durchgeführt, um aktuelle Schülervorstellungen zu Tätigkeiten aus dem naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag zu identifizieren und die Ergebnisse für die Entwicklung eines quantitativen Erhebungsinstrumentes zu nutzen. Bei dieser Vorstudie konnten die SuS in Anlehnung an Draw-a-Scientist Tests (z.B. Chambers, 1983) ihre Vorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern in bis zu drei Situationen zeichnerisch und/oder schriftlich darstellen. In der Vorstudie wurden insgesamt 436 Situationen dargestellt und einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. Deren Ergebnisse flossen in die Entwicklung des quantitativen Erhebungsinstruments ein, das zur Untersuchung des Einflusses des Schülerlabors im Pre-Post-Studiendesign benötigt wurde. Bei der Entwicklung des entsprechenden Fragebogens wurden zusätzlich Items des Fragebogens zu Tätigkeiten von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern von Wentorf et al. (2015; 2016) berücksichtigt, der an das RIASEC-Modell angelehnt wurde (Holland, 1963).

Der im Rahmen der hier vorgestellten Studie entwickelte Fragebogen enthielt schließlich 33 Items zu Tätigkeiten aus dem naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag. Eine Besonderheit des Fragebogens liegt darin, dass 14 der 33 Items als Piktogramme ausgeführt sind, deren Gestaltung von den Schülerzeichnungen inspiriert wurde. Der Einsatz dieser Piktogramm-Items geschah vor allem im Hinblick auf den intendierten motivierenden Charakter von Schülerlaborbesuchen, der durch das Ausfüllen eines textreichen Fragebogens am Ende des Besuchs nicht getrübt werden sollte. Wie bei einer Erprobung des Fragebogens mit N=245 SuS festgestellt wurde (Leiß et al., 2017) gelang es mit den Piktogramm-Items den Fragebogen aus Schülersicht ansprechender zu gestalten, während die Text-Items im Mittel als besser verständlich eingestuft wurden.

Zur Untersuchung des Einflusses des Schülerlaborbesuchs auf die Vorstellungen der SuS zu typischen Tätigkeiten im naturwissenschaftlichen Arbeitsalltag wurde eine Woche vor einem Schülerlaborbesuch zunächst ein Pre-Test in der Schule durchgeführt. Ein dazugehöriger Post-Test fand am Ende des Besuches statt. Ausgewählte Ergebnisse der Studie mit bislang N=73 SuS der Jahrgangsstufe 8 des Gymnasiums liegen bereits vor. Von den SuS konnte auf einer vierstufigen Likert-Skala (0–3) von „stimmt gar nicht“ bis „stimmt völlig“ bewertet werden, mit welchen Tätigkeiten sich ein/e Naturwissenschaftler/in regelmäßig beschäftigt.
Die Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Ergebnisse von vier Items jeweils von Pre- und Post-Test. Wie man sieht, wird das als Distraktor eingebaute Item *Unterhaltungssendungen im Fernsehen anschauen* im Pre- und Posttest ablehnend bewertet. Auch das Item *Neue Messgeräte entwickeln* erfährt mit einem Mittelwert unter 1,5 keine Zustimmung, was sich zwischen Pre- und Posttest nicht signifikant ändert. Im Gegensatz dazu wird für die beiden Items *Messungen durchführen* und *Fachvorträge halten* (letzteres als Piktogramm-Item) ein hochsignifikanter Zuwachs der Zustimmung zwischen Pre- und Posttest beobachtet. Dies wird darauf zurückgeführt, dass die beiden in den Items genannten bzw. dargestellten Tätigkeiten im Schülerlabor thematisiert und von den SuS selbst ausgeführt werden. Diese Annahme wird durch vergleichbare Beobachtungen bei weiteren Tätigkeiten gestützt, die im Zusammenhang mit dem Schülerlabor standen. Die Auswertung eines zugehörigen Follow-up-Tests wird zeigen, ob bzw. welche langfristige Wirkung der Schülerlaborbesuch auf die Vorstellungen der SuS zu Tätigkeiten von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern hatte. Insgesamt geben die bisherigen Ergebnisse der Studie einen ersten Hinweis auf den Erfolg des eingesetzten Schülerlaborkonzeptes.

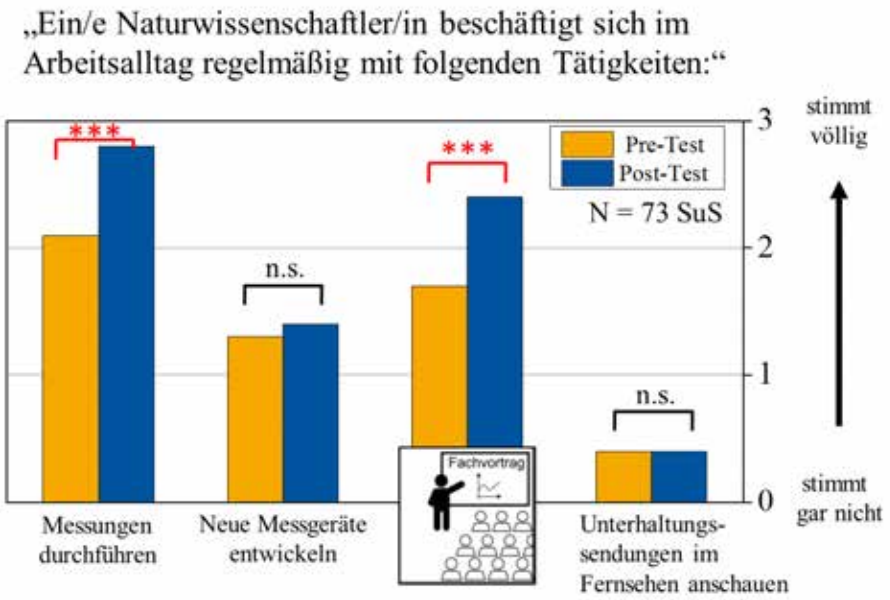


Abbildung 1: Einschätzung von SuS zu regelmäßigen Tätigkeiten von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern vor und nach einem Schülerlaborbesuch

Danksagung
Die Autoren danken der DFG für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Projektes zur Öffentlichkeitsarbeit im SFB 917 Nanoswitches.

Literatur

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corette, P., Vorst, S., Zehren,W. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor - Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU, 66(6), 324–330.

Holland, J. L. (1963). Explorations of a theory of vocational choice and achievement: II. A four-year prediction study. Psychological Reports, 12, 547–594.

Leiß, F., Detemple, R., Salinga, M., & Heinke, H. (2015). Nanoswitches – kleine Schalter, große Zukunft? In: Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule 3/64, 2015, 29-32.

Leiß, F., Detemple, R., Heinke, H. (2017, eingereicht). Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern. In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG Frühjahrstagung in Dresden 2017.

LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V. (2015). Schülerlabor-Atlas 2015: Schülerlabore im deutschsprachigen Raum, 1. Aufl., Markkleeberg: Klett MINT

SFB Nanoswitches (2017). Homepage des Sonderforschungsbereiches 917 Nanoswitches: www.sfb917.rwth-aachen.de, (Stand: 10/2017)

Wentorf, W., Höffler, T., Parchmann, I. (2015). Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 21, 207-222.

Wentorf, W., (2016). Private Mitteilung

Christine Sattelkau[1] [1]KiSOC
Yasmin S. Appelhans[2] [2]IPN Kiel
Stefan Keller[3] [3]FHNW Basel
Carsten Könneker[4] [4]KIT
Ilka Parchmann[2]

Lehren und Lernen mit Texten als Outreachmaterialien

Texte stellen nach wie vor das meist genutzte Kommunikationsformat in schulischen Bildungsprozessen und in der Wissenschaftskommunikation dar. Die Vielfalt potentiell nutzbarer Textgenres in beiden Bereichen ist dabei groß, ebenso wie die wahrnehmbaren Unterschiede in sprachlicher, inhaltlicher und gestalterischer Aufmachung, die nicht zuletzt durch die Ausrichtung auf verschiedene Zielgruppen bedingt sind.
So fokussiert S*cience Education* vorrangig auf Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern u.a. als potentieller wissenschaftlicher Nachwuchs. S*cience Communication* hingegen ist gekennzeichnet durch die breite Öffentlichkeit als Zielgruppe, deren Teilhabe an bzw. deren Unterhaltung durch wissenschaftliche Themen neben dem übergeordneten Ziel der Bildung angestrebt wird. Hierzu kommen informierende Formate wie bei der Kommunikation mittels Texten, aber auch dialogische und partizipative Formate zum Einsatz. Neuere Bestrebungen suchen inzwischen Mittel und Wege, wie *Science Education* und *Science Communication* trotz ihrer Ausrichtung auf unterschiedliche Zielgruppen voneinander profitieren können. Ausgehend von den gemeinsamen Zielen wird u.a. angestrebt, die angewandten Methoden, Perspektiven und theoretischen Konstrukte für das jeweils andere Feld nutzbar zu machen (Phillips & Norris, 2009; Davis & Russ, 2015; Lewenstein, 2015; Baram-Tsabari & Osborne, 2015; van der Sanden, 2016).
An dieser Schnittstelle setzt auch der *Kiel Science Outreach Campus* (KiSOC) an. Dieser Leibniz Wissenschaftscampus untersucht die Konzeption und Wirkung verschiedener Maßnahmen zum Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. So widmet sich das Teilprojekt „Lehren und Lernen mit Texten als Outreachmaterialien“ der Untersuchung von potentiell im naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzbaren Textgenres. Beforscht werden neben den direkt für Lernende konzipierten Texten aus Schulbüchern auch populärwissenschaftliche und wissenschaftliche Artikel. Untersucht werden hierbei einerseits genretypische sprachwissenschaftliche, inhaltlich-strukturelle und gestalterische Aspekte. Andererseits werden die Textgenres hinsichtlich ihres unterrichtlichen Potentials (Verständlichkeit, Fachwissen, Interesse und *Nature-of-Science*-Aspekte) durch angehende Lehrkräfte eingeschätzt. Diese haben aus Sicht der Wissenschaftskommunikationsforschung eine spannende Doppelrolle inne: Einerseits sind sie selbst Lernende, die sich über Lehrbücher und Fachpublikationen Wissen aneignen. Andererseits werden sie zu Wissensvermittlerinnen/-vermittlern ausgebildet. Sie stehen damit vor der Aufgabe, Materialien im Rahmen von Unterrichtsplanungen zu sichten, Informationen zu verstehen und zu entnehmen, diese vor dem Hintergrund der Nutzbarkeit im Unterricht zu reflektieren und Entscheidungen über die direkte oder modifizierte Einsetzbarkeit von Informationen und Textelementen im Unterricht zu treffen.

Forschungsstand und Ausgangslage

Das Feld der vergleichenden Genreforschung im naturwissenschaftlichen Unterricht ist bisher wenig genutzt. Während v.a. Fragebogen- und Textvariationsstudien zur isolierten Genrebetrachtung insbesondere in der Schulbuchforschung unter Verständlichkeitsaspekte zahlreich sind (z.B. Starauschek, 2003; Beerenwinkel & Gräsel, 2005; Kohnen, Bernholt,

Retelsdorf & Härtig, 2016, 2017; Schmellentin, Dittmar, Gilg & Schneider, 2017, im Druck), wurde die Einsetzbarkeit populärwissenschaftlicher und wissenschaftlicher Artikel für den deutschsprachigen Raum bisher wenig reflektiert. Wenige internationale Arbeiten z.B. von Norris & Philipps (1994) oder Parkinson & Adendorff (2004) untersuchen journalistische Artikel z.B. auf wahrgenommene Sicherheit des dargestellten Wissens und ihren Nutzen zum Aufbau einer *Scientific Literacy*. Das Genre der wissenschaftlichen Artikel wurde insbesondere im Bereich der *Adapted Primary Literature* (APL) beforscht, die unter Beibehalt der inhaltlichen Argumentationsstruktur einer sprachlichen Vereinfachung unterzogen wird (Brill, Falk & Yarden 2004, 2008; Phillips & Norris, 2009; Koeneman Goedhart & Ossevoort, 2013). Vergleichende Arbeiten zu Populärwissenschaft und adaptierter Primärliteratur existieren z.B. von Baram-Tsabari und Yarden (2005).
Die Rezeption unterschiedlicher Genres im Rahmen von Unterrichtsvorbereitung und die dadurch ausgelösten Denk- und Planungsprozesse bei (angehenden) Lehrkräften scheinen demnach ein aktuell weitgehend unbeforschtes Gebiet zu darzustellen.

Studienplanung und Forschungsfragen

In Phase I werden basierend auf den o.g. Forschungsarbeiten sowie eigenen Genreanalysen nach Bhatia (1993) Portraits zu generellen Merkmalen von Texten der drei Genres bzgl. Verständlichkeits- und Vermittlungspotentialen sowie –hürden erarbeitet. Phase II ermittelt mittels Lautem Denken (z.B. Konrad, 2010; Stark, 2010) und leitfadengestützten qualitativen Interviews (z.B. Niebert & Gropengießer, 2014) während der Textrezeption durch Lehramtsstudierende der Chemie die generelle Textwahrnehmung und Einschätzung zu didaktischem Potential und konkreter unterrichtlicher Nutzbarkeit. Phase III befragt eine größere Stichprobe angehender Lehrkräfte mittels Fragebogen, um generalisierbare Erkenntnisse über Nutzungspotentiale und –hürden sowie didaktische Planungsansätze für Chemieunterricht auf Basis unterschiedlicher Genres zu liefern.
Folgende Forschungsfragen sollen mit Hilfe der geplanten Studie beantwortet werden:

- Welche typischen Merkmale beinhalten die Genres Schulbuchtext, populärwissenschaftlicher Text und wissenschaftlicher Text der Chemie, untersucht am Inhalt Nanotechnologie?
- Wie beurteilen Lehramtsstudierende die unterrichtliche Einsetzbarkeit verschiedener Textgenres? Welche Herausforderungen und Potentiale erkennen sie?
- Welche konkreten Hinweise lassen sich daraus für die Gestaltung von authentischen Primärtexten für den Chemieunterricht durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ableiten, um insbesondere Verständlichkeit, Vermittlung von Fachwissen und Vermittlung eines realistischen Bildes von Wissenschaft zu gewährleisten?

Ergebnisse der Pilotierung

Für die Pilotierung der Interviewstudie wurde je ein Beispieltext pro Genre durch eine angehende Lehrkraft der Chemie rezipiert. Während der Textrezeption wurde die/der Lesende gebeten, ihre/seine individuelle Textwahrnehmung zu kommentieren, um so Hinweise auf auffällige Textmerkmale zu erhalten. Das anschließende leitfadengestützte Interview vertiefte Aspekte der Sprache, des Inhalts und der Gestaltung. Darüber hinaus diente es der Ermittlung von fachdidaktischen Planungsansätzen auf Basis des gelesenen Textes.
Hinsichtlich der sprachlichen Textmerkmale wurden für den populärwissenschaftlichen Text insbesondere die einfache Syntax und der dosierte Einsatz von Fachvokabular inklusive der Erläuterung unbekannter Begriffe hervorgehoben. Kritisiert wurde die teils starke sprachliche Vereinfachung durch Umgangssprache, da diese die Entwicklung

fachsprachlicher Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht ausreichend fördere.
Für das Genres Schulbuch zeigte sich eine unverhältnismäßig optimistische Einschätzung des verwendeten Fachvokabulars: Komplizierte und vermutlich unbekannte Begriffe wurden durch die angehende Lehrkraft vorbehaltlos als bekannt vorausgesetzt. Dies basierte auf dem Vertrauen, dass eine entsprechende Prüfung seitens der Autoren und Verlage vorab erfolgt sein müsse, da Schulbücher sich an der thematisch-curricularen Entwicklung in den Lehrplänen orientierten.
Für den wissenschaftlichen Text wurde ein stark standardisierter Aufbau mit komplexem Satzinventar, großer fachsprachlicher Dichte und inhaltlicher Tiefe erkannt. Eine Kombination, die für die fachinterne Kommunikation Vorteile berge, aber im Unterricht eine Thematisierung dieses besonderen Genres mit intensiver Literaturarbeit voraussetze, um Frustration zu vermeiden – ein Zeit- und Arbeitsaufwand, dessen Nutzen in Hinblick auf die jeweilige Lerngruppe, die angestrebten Lernziele und die behandelte Thematik individuell durch die Lehrkraft abgewogen werden müsse.

In Hinblick auf eine Vermittlung von inhaltlichen Aspekten der *Nature of Science* wurden die Studierenden gefragt, welches Bild von Wissenschaft der rezipierte Text vermittelt. Die Befragten hoben in diesem Zusammenhang die Darstellung der Forschenden hinter den dargestellten Fachinhalten und deren Weg der Erkenntnisgewinnung hervor.
Während der populärwissenschaftliche Text ein sehr nahbares, menschliches und sympathisches Bild von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zeichne, die sich durch unkompliziert formulierte Zitate als Mensch „wie du und ich“ auszeichneten, bestätige der wissenschaftliche Text gängige Vorurteile gegenüber Forschenden, die als „Nerds“ mit viel Fachwissen und spezieller Fachsprache isoliert in ihren Laboren arbeiten.
Auch die Darstellung des Prozesses der Erkenntnisgewinnung unterscheide sich in beiden Genres deutlich: Während die Populärwissenschaft ausgehend von Alltagsbedarfen zweckgebundene Forschungsideen darstelle und betone, dass Ergebnisse auch über Zufallsentdeckungen und Umwege entstünden, präsentiere die wissenschaftliche Publikation detailliert nur funktionierende Methoden, die das gewünschte Ergebnis lieferten.
Der ausgewählte Schulbuchtext vermittele weder ein konkretes Bild der Personen hinter der Forschung noch des Erkenntnisgewinnungsprozesses. Hier werde nüchtern, faktisch und ergebnisorientiert „vom Himmel gefallenes“ Fachwissen dargestellt.

Fazit und Ausblick

Erste Pilotierungsergebnisse deuten darauf hin, dass angehende Lehrkräfte bei der Rezeption unterschiedlicher Textgenres einen engen Zusammenhang zwischen sprachlichen und inhaltlichen Textmerkmalen sowie deren didaktischem Vermittlungspotential herausstellen und kritisch hinterfragen. Sie benennen das Zusammenspiel dieser drei Charakteristika vor dem unterrichtlichen Vermittlungshintergrund als wesentlich. Als Textmerkmale der *Nature of Science* wurden insbesondere in der Darstellung forschender Personen und die Wege von Wissensgenerierung bzw. Erkenntnisgewinnung erkannt. Diese scheinen demnach einen starken Einfluss auf die Formung von Vorstellungen über Wissenschaft bei den Rezipierenden ausüben.
Die anschließenden Laut-Denk- und Interviewstudien und Fragenbogenerhebungen sollen anhand umfangreicherer Stichproben ermitteln, welche unterrichtlichen Potentiale und Hürden Lehramtsstudierende in den verschiedenen Textgenres erkennen und wie sie mit diesen konkret umgehen. Auf diesem Wege sollen Erkenntnisse gewonnen werden, welche Ansprüche an Outreachmaterialien in Form von verschiedenen Textgenres für das Lehren und Lernen bestehen und wie sich die Genres möglichst optimal nutzen lassen.

Literatur

Baram-Tsabari, A. & Osborne, J. (2015): Bridging Science Education and Science Communication Research. In: Journal of Research in Science Teaching 52 (2), 135–144.

Baram-Tsabari, A. & Yarden, A. (2005): Text Genre as a Factor in the Formation of Scientific Literacy. In: Journal of Research in Science Teaching 42 (4), 403–428.

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

Bhatia, V.K. (1993): Analysing Genre: Language Use in Professional Settings. London: Longman.

Brill, G., Falk, H. & Yarden, A. (2004): The Learning Processes of Two High-school Biology Students When Reading Primary Literature. In: International Journal of Science Education 26 (4), 497–512.

Davis, P.R. & Russ, R.S. (2015): Dynamic Framing in the Communication of Scientific Research. Texts and Interactions. In: Journal of Research in Science Teaching 52 (2), 221–252.

Dittmar, M., Schmellentin, C., Gilg, E. & Schneider, H. (2017): Kohärenzaufbau aus Text-Bild-Gefügen: Wissenserwerb mit schulischen Fachtexten. In: leseforum.ch - Online-Plattform für Literalität 1.

Falk, H., Brill, G. & Yarden, A. (2008): Teaching a Biotechnology Curriculum Based on Adapted Primary Literature. In: International Journal of Science Education 30 (14), 1841–1866.

Koeneman, M., Goedhart, M. & Ossevoort, M. (2013): Introducing Pre-university Students to Primary Scientific Literature Through Argumentation Analysis. In: Research in Science Education 43 (5), 2009–2034.

Kohnen, N., Bernholt, S., Retelsdorf, J. & Härtig, H. (2017): Textverständnis im Physikunterricht. In: C. Maurer (Hg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016. Regensburg: Universität Regensburg, 436–439.

Kohnen, N., Härtig, H., Bernholt, S. & Retelsdorf, J. (2016): Naturwissenschaftsbezogenes Textverständnis als Interaktion von Personen- und Textmerkmalen. In: C. Maurer (Hg.): Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015. Regensburg: Universität Regensburg, 473–475.

Konrad, K. (2010): Lautes Denken. In: G. Mey & K. Mruck (Hg.): Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Wiesbaden: VS, 476–490.

Lewenstein, B.V. (2015): Identifying What Matters. Science Education, Science Communication, and Democracy. In: Journal of Research in Science Teaching 52 (2), 253–262.

Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014): Leitfadengestützte Interviews. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hg.): Methoden in der Naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer Spektrum, 121–132.

Norris, S.P. & Phillips, L.M. (1994): Interpreting Pragmatic Meaning When Reading Popular Reports of Science. In: Journal of Research in Science Teaching 31 (9), 947–967.

Parkinson, J. & Adendorff, R. (2004): The Use of Popular Science Articles in Teaching Scientific Literacy. In: English for specific Purposes 23 (4), 379–396.

Phillips, L.M. & Norris, S.P. (2009): Bridging the Gap Between the Language of Science and the Language of School Science Through the Use of Adapted Primary Literature. In: Research in Science Education 39 (3), 313–319.

Schmellentin, C., Dittmar, M., Gilg, E. & Schneider, H. (im Druck): Sprachliche Anforderungen in Biologielehrmitteln. In: B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks & C. Schmellentin (Hg.): Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen. Tübingen: Narr.

Starauschek, E. (2003): Ergebnisse einer Schülerbefragung über Physikschulbücher. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 9, 135–146.

Stark, T. (2010): Lautes Denken in der Leseprozessforschung. Kritischer Bericht über eine Erhebungsmethode. In: Didaktik Deutsch 29, 58–83.

van der Sanden, M.C.A. & de Vries, M.J. (2016): Science and Technology Education and Communication. Seeking Synergy. Dordrecht: Sense Publishers (International Technology Education Studies).

Rüdiger Scholz[1]
Susanne Weßnigk[2]

Leibniz Universität Hannover
[1]Institut für Quantenoptik
[2]Institut für Didaktik der Mathematik und Physik

foeXlab – das Schülerlabor des Outreachprojekts Ö im Sonderforschungsbereich CRC 1227 (DQ-*mat*)

Die Trias Fachwissenschaft, Wissenschaftskommunikation und Fachdidaktik

foeXlab steht für „Forschen und experimentieren im Labor für Schülerinnen und Schüler". In diesem Beitrag stellen wir zusammen, welche Bedeutung und Wirkung Grundkonzepte und Spezifitäten der Trias Fachwissenschaft – Wissenschaftskommunikation – Fachdidaktik auf konzeptionelle Entscheidungen für die Arbeit des *foeXlab*-Labors haben. Abb. 1 illustriert die Grundstruktur der Argumentation.

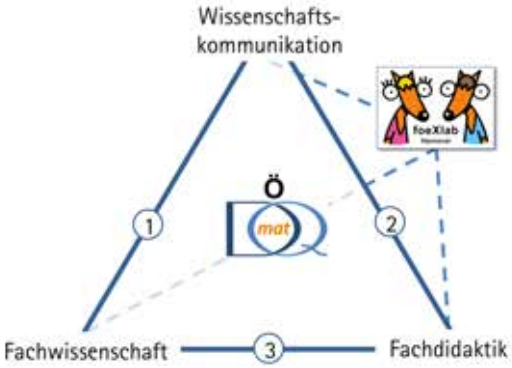


Abb. 1 Zur Positionierung des foeXlab-Labors

… the increasing gap between science and the public → (1)

Auch im 21. Jahrhundert wird die Notwendigkeit von Wissenschaftskommunikation nicht bezweifelt (WiD, 2009). Damit enden jedoch bereits wesentliche Gemeinsamkeiten der Autoren in der wissenschaftssoziologischen Betrachtung. Der Kommunikationsbegriff selbst, die Zielrichtung der Kommunikation, die Sicht auf Charakteristika des Zielpublikums, … nur wenig scheint konsensfähig (Dernbach, Kleinert & Münder, 2012). Auf der konkreten Ebene der wissenschaftlichen Arbeit Einzelner ist die Funktion der Wissenschaftskommunikation jedoch evident (Dernbach et al., 2012): Aufklärung, Legitimation, kritische Reflexion, Einsicht in die Relevanz von Forschung und schließlich die Interessensförderung beim potenziellen Nachwuchs. Die Grundentscheidung im DQ-*mat* Outreachprojekt für den Aufbau eines Schülerlabors als wissenschaftskommunikative Maßnahme beruft sich auf diese Liste, stützt sich aber zusätzlich auf den wissenschaftshistorischen Befund, dass sich die Quantenphysik einer Popularisierung allein durch den Grundcharakter ihres Theoriegehalts entzieht, mangelt es dort doch gerade bei den Wesenszügen an Denkbildern die an klassisch-physikalische anknüpfen können (Bensaude-Vincent, 2001).

Zentrale Forschungsinhalte des Sonderforschungsbereiches DQ-*mat* sind die experimentelle und theoretische Erschließung der Eigenschaften großer, wechselwirkender und verschränkter Quantensysteme und Anwendungen in der Quantenmetrologie, nicht zuletzt, um hochgenaue Messverfahren für einen Test fundamentaler Physik einzusetzen. Die *foeXlab*-Grundkonzeption nimmt diese Inhalte auf und verbindet sie mit dem Bildungsauftrag für die gymnasiale Oberstufe (vgl. Kerncurriculum NdS):

- Experimente jenseits normaler schulischer Möglichkeiten (Weßnigk & Euler, 2014)
- Schülerexperimente für die Sek II (statistische Optik, 1-Photon-Optik; Quantenmetrologie und Interferometrie – hands on und minds on) (Scholz, Friege & Weber, 2016)

Übergeordnetes Ziel ist die Förderung von Interesse und Motivation beim jungen Forschungsnachwuchs (Hidi & Renninger, 2006).

Wissenschaftskommunikative Bezüge der Fachdidaktik → (2)

Die besondere wissenschaftskommunikative Ausrichtung des DQ-*mat* Outreach-Projektes als Schülerlabor, also Bildungsanstrengungen als Wissenschaftskommunikation, legt die enge Kooperation mit der Fachdidaktik nahe. Mehr noch, der Physikdidaktik kommt in diesem Projekt im Verhältnis zur Fachwissenschaft eine vielgestaltige Aufgabe zu, die deutlich über die klassische Beforschung einer Schülerlaboraktivität hinausgeht:

- Die Fachdidaktik fördert und evaluiert die unterrichtstaugliche Rekonstruktion von fachwissenschaftlichen Inhalten für die Verwendung im *foeXlab* und
- sie initiiert und begleitet die Vernetzung des Schülerlabors mit den klassischen Bildungsträgern und mit anderen passenden außerschulischen Lernorten (Science Center).
- Sie soll auf wissenschaftskommunikative und vor allem auch auf didaktische Reflexe in den DQ-*mat* Projektgruppen (beispielsweise für die Bereitstellung einschlägig einsetzbarer Materialien) zurückwirken.

***foeXlab* als außerschulischer Lernort und multivalentes Schülerlabor → (3)**

Die rasante Zunahme der Anzahl etablierter Schülerlabore von etwa 50 auf über 250 in den Jahren zwischen 2000 und 2010 (Quelle: Lernort Labor) gab ausreichend Motivation für die Entwicklung einer Evidenzbasis zur Charakterisierung und Kategorisierung der Schülerlabore. Die Übertragung dieser Ergebnisse auf die Aufgaben der Fachdidaktik in Bezug auf das *foeXlab* liegen damit auf der Hand:

- Sie begleitet die Arbeit des *foeXlab* mit theoriegestützter kritischer Reflexion,
- sie entwickelt und reflektiert evidenzbasierte fachdidaktisch begründete Gelingensfaktoren für die *foeXlab*-Arbeit,
- sie entwickelt und nutzt ein Forschungsinventar für die Beforschung spezifischer didaktischer Grundelemente wie einer quantenoptischen Prägung der Methodik und dem Einsatz einer Driving Question (vgl. Fortus et al., 2013).

Merkmale und Zielsetzung eines klassischen Schülerlabors

Bereits im Vorfeld einer theoriegestützten Evaluation lassen sich sinnvolle Randbedingungen für das *foeXlab* aus der bestehenden Forschung ableiten.

- Unterstützung naturwissenschaftlicher Bildung durch die Vernetzung von Schule und außerschulischen Lernorten (Schwarzer & Itzek-Greulich, 2015). Im Zusammenhang des *foeXlab* bedeutet dies: Die Experimente sind auf die Curricula abgestimmt und passen zum aktuellen schulischen Unterricht;
- den Schwerpunkt der Arbeit bildet selbstständiges Experimentieren – hands on sowie minds-on (Euler, 2001);
- eine angemessene personelle und finanzielle Ausstattung ermöglicht forschungsorientiertes Arbeiten im *foeXlab* (Rehm & Parchmann, 2015);
- die Arbeit des *foeXlab* wird professionell (theoriebasiert) reflektiert (Haupt et al., 2013);
- Originalität und Kreativität bilden ein Rückgrat des *foeXlab* (Rehm & Parchmann, 2015);
- die Einbindung des *foeXlab* in die Forschungslandschaft von DQ-*mat* ermöglicht einen Einblick in typische Arbeitsweisen der beteiligten Forschungseinrichtungen und fördert den direkten Kontakt zu den am Forschungsprozess beteiligten Menschen;
- das Angebot wird auf den Bedarf der Schulen abgestimmt (Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011).

Folgerungen und methodische Implikationen für die Anlage des foeXlab
Forderungen (Gelingensfaktoren) an das *foeXlab* als informelle Lernumgebung (Gerstenmaier & Mandl, 1995; Labudde, 2000)
- Authentizität
- Verständlichkeit der Darstellungen
- sichere und förderliche Betreuung beim Experimentieren
- wahrnehmbare Freiheitsgrade (Entwicklung selbsttätige Argumentationen)
- kognitive Aktivierung durch motivierende Fragestellungen (Situiertheit)
- Bereitstellung sozialer Kontexte und multipler Perspektiven (beruflicher Art).

Physik im foeXlab
Das Selbstverständnis des *foeXlab* als Quantenoptik-Labor prägt den fachlichen und methodischen Anspruch: Die Bearbeitung und das Verständnis von Experimenten, die einen Konzeptwechsel im physikalischen Weltbild der Schülerinnen und Schüler ermöglichen. Geeignete Unterrichtskonzepte sind bis heute Inhalt fachdidaktischer Forschung (Wiesner, 1994; Fischler & Lichtfeld, 1994; Ireson, 2000; Müller & Wiesner, 2000; Küblbeck & Müller, 2000; Rode, 2017; Heusler & Franz, 2017; Pospiech & Schorn, 2016), diese liefert Rahmen und Anknüpfungspunkte für die *foeXlab*-Quantendidaktik:
- Quantenphysik ist im Oberstufenunterricht obligatorisch
- das Münchner Konzept der Quantenmechanik (milq) definiert **Wesenszüge der Quantenphysik** (Interferenz & Superposition, Stochastische Interpretation, Quantenaspekte der Messung, Komplementarität; Müller & Wiesner, 2000);
- heute verfügbare avancierter Messtechnik macht exklusiv quantenoptische Phänomene für den Unterricht zugänglich, die einen Konzeptwechsel unterstützen: **Antibunching bei 1-Photonenzuständen** und **Verschränkung** als singulär quantenmechanische Wesenszüge (Rode, 2017; Heusler & Franz, 2017);
- spezifische Wesenszüge von Quantenobjekten werden experimentell zugänglich;
- die **Verschränkung** wird zum Kernphänomen technologisch populärer Anwendungen wie Quantencomputer und -kryptographie (Pospiech, 2016).
- Eine Auswahl der Experimente und die Zielsetzung ihrer Auswertung wird durch eine „Driving Question“ bestimmt: **Wo bleibt die Interferenz, wenn die Welle weg ist?** Die entsprechenden Experimente: **Korrelationsexperimente** sowie **klassische und nichtklassische Interferometrie**.

Fachdidaktische Forschungsfragen
Die beschriebenen methodischen und fachinhaltlichen Grundentscheidungen eröffnen ein weites Feld fachdidaktischer Forschung. Unsere Forschungsfragen:
1. Durch welche spezifischen Maßnahmen kann die aktuelle Forschung des SFB DQ-*mat* in das Outreachprojekt Ö eingebunden werden?
2. Welche spezifischen Maßnahmen des Projektes Ö und der Forschungsprojekte des SFB DQ-*mat* tragen zu einer erfolgreichen Verbindung bei?
3. Welche Potenziale ergeben sich daraus für a) den Forschungscluster und b) die Bildungsprozesse von Jugendlichen?
4. Wie und in welchem Umfang gelingt es im Schülerlabor *foeXlab* (a) das Interesse und Selbstkonzept für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Bereich der Quantenoptik zu beeinflussen? (b) das Verständnis für Grundlagen der Quantenphysik zu verbessern?

Das *foeXlab* wird am 18.01.2018 offiziell die Arbeit aufnehmen.

We acknowledge financial support from DFG through CRC 1227 (DQ-mat), project Ö.

Literatur

Bensaude-Vincent, B. (2001). A genealogy of the increasing gap between science and the public, *Public Understand. Sci. 10*, 99.

Dernbach, B., Kleinert & Chr., Münder, H. (Hrsg.) (2012). *Handbuch der Wissenschaftskommunikation*. Wiesbaden: Springer VS.

Euler, M. (2001). Lernen durch Experimentieren. In U. Ringelband, M. Prenzel & M. Euler (Hrsg.). *Lernort Labor. IPN Materialien.* Kiel: IPN.

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

Fortus, D., Abdel-Kareem H., Chen J., Forsyth B., Grueber D., Nordine J. & Weizman A. (2013). Why do some things stop while others keep going? In *Investigating and Questioning Our World Through Science and Technology (IQWST).* Greenwich, CT: Activate Learning.

Haupt, O., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU,* 66(6), 324 – 330

Heusler, S. & Franz, T. (2017). Verschränkung als Wesenszug der Quantenphysik. In G. Friege & R. Scholz (Hrsg.). *Argumentieren in der Quantenphysik*. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage.

Hidi S. & Renninger, A. K. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *EDUCATIONAL PSYCHOLOGIST*, *41* (2), 111 – 127.

Ireson, G. (2000). The quantum understanding of pre-university physics students. *Phys. Educ.*, *35* (1)

Küblbeck, J. & Müller R. (2000). *Die Wesenszüge der Quantenphysik*. Praxis Schriftenreihe, Band 60, Köln: Aulis Verlag Deubner.

Müller, R. & Wiesner, H. (2000). Das Münchner Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik. *Physik in der Schule,* 38, 126.

Pospiech, G. & Schorn, B. (2016). Der Quantencomputer in der Schule, *PdN – Physik in der Schule*, 65, 5.

Rehm, M. & Parchmann, I. (2015). Lernvielfalt Naturwissenschaften. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie,* 147, 2 – 7.

Rode, M. (2017). Argumente und falsche Freunde im Unterricht über Quantenphysik. In G. Friege & R. Scholz (Hrsg.). *Argumentieren in der Quantenphysik*. Braunschweig: Bildungshaus Schulbuchverlage.

Schmidt, I., Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte - Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen, *MNU*, 64, 362 – 369.

Scholz, R., Friege, G. & Weber K.-A. (2016). Undergraduate experiments on statistical optics, *Europ. J. Phys., 37*.

Schwarzer, S. & Itzek-Greulich, H. (2015). Möglichkeiten und Wirkungen von Schülerlaboren. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie,* 147, 8 – 13.

Weßnigk, S. & Euler, M. (2014). Wie die Produktion von Eierlöffeln das Image von Chemie und Physik verändern kann. *Chemkon*, 21(3), 123 – 128.

WiD (2009). *Wissenschaft im Dialog*, Perspektivenpapier; Abgerufen von https://www.wissenschaft-im-dialog.de/medien/publikationen-fotos-videos.

Wiesner, H. (1994). Quantenphysik im Physikunterricht – was und wie? *Physik in der Schule,* 32, 242.

Insa Stamer[1]
Hanno Pönicke[1]
Stefan Schwarzer[2]
Ilka Parchmann[1]

[1]IPN Kiel
[2]LMU München

Entwicklung und Validierung von Videos zur Förderung der authentischen Wahrnehmung von Naturwissenschaften im Schülerlabor *klick!*

In Kiel kooperieren der SFB677 „Funktion durch Schalten“ und die Chemiedidaktik am IPN in einem gemeinsamen Teilprojekt zur Öffentlichkeitsarbeit und Bildung (Schwarzer, Rudnik, & Parchmann, 2013). Basierend auf dieser Zusammenarbeit wurde das Schülerlaborprogramm *klick!* in der Kieler Forschungswerkstatt seit 2012 entwickelt und bis heute fortlaufend optimiert. Zur Unterstützung der Studien- und Berufsorientierung von Oberstufenschülerinnen und -schülern und zur Wissenschaftskommunikation wurden ergänzend zu den Experimenten Videos eingesetzt, die Forschende des SFB677 sowie deren Arbeitsalltag zeigen und speziell für die Versuche im *klick!* angefertigt wurden.

Theoretischer und konzeptioneller Hintergrund

Um die Naturwissenschaften möglichst authentisch vermitteln zu können, eignet sich der Austausch von Schülerinnen und Schülern mit Forschenden (Lee & Songer, 2003; Pea, 1994). Da regelmäßige Klassenbesuche in Forschungseinrichtungen oder Besuche von Forschenden im Schülerlabor jedoch kaum umsetzbar sind, wurden stattdessen Videos über die Forschung entwickelt (Goldman et al., 1994). In diese Videos wurden typische Tätigkeitsbereiche von Forschenden integriert. Für eine Kategorisierung der Tätigkeitsbereiche wurde das adaptierte RIASEC+N-Modell nach Dierks et al. (2016) herangezogen, welches ursprünglich von Holland (1963; 1997) für die Berufsorientierung entwickelt wurde. Das Modell deckt unterschiedliche Bereiche wie das handwerkliche, intellektuelle, kreative, soziale, unternehmerische, verwaltende und kooperierende Arbeiten ab (Wentorf, Höffler & Parchmann, 2015). Die vielfältigen Tätigkeiten des Arbeitsalltages von Forschenden wurden im Rahmen des vorgestellten Projektes in diese sieben Kategorien eingeteilt und anschließend bei der Videoproduktion sowie bei der Unterstützung explizit berücksichtigt.

Lernumgebung im Schülerlaborprogramm *klick!*

Das *klick!* Programm ist als Tagungsprogramm mit einem Umfang von etwa sechs Stunden angesetzt. An dem Tag arbeiten die Schülerinnen und Schüler in kleinen Gruppen von 2-4 Lernenden zusammen und durchlaufen gemeinsam sechs unterschiedliche Experimentierstationen zu den Themen Nanowissenschaften, molekulare Schalter und wissenschaftliche Methoden.

Zu vier der Stationen wurden 5-10-minütige Videos entwickelt, welche in die Experimentierstationen integriert wurden, so dass es den Schülerinnen und Schülern möglich ist, zunächst einen Einblick in die Forschung zu erhalten und anschließend selbst tätig zu werden. An einer Station stellen die Forschenden in einem Video beispielsweise einen molekularen Schalter im Labor her. Anschließend erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Probe des Moleküls und können damit unterschiedliche Versuche durchführen.

Forschungsfragen und Pilotierung
Zur Validierung der Videos wurde im Rahmen einer Masterarbeit eine Think-Aloud- und Interview-Studie durchgeführt. Befragt wurden Schülerinnen und Schüler aus acht Klassen, insgesamt 9-12 Schülergruppen pro Video, während des Besuchs im Schülerlaborprogramm *klick!*.

Folgende Forschungsfrage stand im Fokus der Untersuchung:
- Welche der als authentisch und bedeutsame kategorisierten Merkmale nehmen die Schülerinnen und Schüler beim Anschauen der Videos wahr?

Ergebnisse der Think-Aloud-Studie und Interview-Studie
Durch die Interviewstudie sollte überprüft werden, ob alle RIASEC+N-Kategorien in den Videos von den Schülerinnen und Schülern erkannt wurden.

Die Think-Aloud-Protokolle und die Interviews mit den Schülerinnen und Schüler wurden qualitativ ausgewertet. Die Schülerinnen und Schüler wurden aufgefordert, auf alles zu achten, was ihnen auffällt.

Es wurde folgender Leitfrage nachgegangen:

„Welche Tätigkeiten von Forschenden sind dir in dem Video aufgefallen?“

Tatsächlich konnten alle Kategorien beziehungsweise Tätigkeitsbereiche der Forschenden von den Schülerinnen und Schülern erkannt werden. Beispiele zu den einzelnen Kategorien werden in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Darstellung von Videoausschnitten der entsprechenden Kategorien mit exemplarischen Zitaten von Schülerinnen und Schülern.

Kategorie / Erklärung	Videoausschnitt	Schülerzitat
R (Realistic): Handwerkliches Arbeiten		*“Er baute auf, wog die Edukte ab und erwärmte diese in einem Wasserbad…”*
I (Investigative): Intellektuelles Arbeiten		*“Dann die Auswertung, wodurch geguckt wurde, ob das Ergebnis bestätigt werden konnte.”*
A (Artistic): Künstlerisches Arbeiten		*“Wir haben gesehen wie eine Forscherin ein Poster erstellt hat”*

S (Social): Helfende Arbeiten		*"Mir ist die Zusammenarbeit mit Studenten aufgefallen"*
E (Enterprising): Unternehmerische Arbeiten		*"Ich dachte halt nicht, dass man so ein Finanzierungs-gespräch führen würde über das Projekt und die ganzen Sachen, die man da macht. Das habe ich mir nicht vorgestellt."*
C (Conventional): Akribische, verwaltende Arbeiten		*"Da sieht man, dass das sehr viel Zeit und Aufwand in Anspruch nimmt."*
N (Networking): Kooperative Arbeiten		*"Sie hat sich mit einem Chemiker, also aus anderen Fachgebieten unterhalten, um wahrscheinlich die Forschung weiter zu führen"*

Weitere Zitate zeigen, dass die Schülerinnen und Schüler die in den Videos gezeigten Personen als echte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler identifizieren. Folglich erhalten die Schülerinnen und Schüler einen authentischen Einblick in deren Forschung (Lee & Songer, 2003; Pea, 1994).

„Das zeigt auf alle Fälle was ein Chemiker so macht. Und an was er so arbeitet. Das gibt dafür einen sehr guten Einblick."

„Ich fand das war nett gemacht. Es war gut dargestellt, wie halt so ein Wissenschaftler an die Forschung drangeht. Das wurde echt gut gezeigt."

Ausblick und Design der Hauptstudie

Nach Validierung und Optimierung der Videos soll mittels eines Fragebogens den Effekten der Videos bezüglich der Tätigkeitsbereiche von Forschenden nachgegangen werden. Hierfür werden zunächst Reflexionsaufgaben basierend auf den Interviewleitfaden der hier vorgestellten Interviewstudie entwickelt. Anschließend sind vier unterschiedliche Bedingungen - mit beziehungsweise ohne Video und mit beziehungsweise ohne Reflexionsaufgaben - an den Lernstationen nach einem 2*2-Design geplant, welches in Tab. 2 dargestellt ist.

Literatur

Dierks P.O. et al. (2016) Interest in science: a RIASEC-based analysis of students' interests, International Journal of Science Education, 38:2, 238-258.

Goldman S.R. et al. (1994) Multimedia Environments for Enhancing Science Instruction. In: Vosniadou S., De Corte E., Mandl H. (eds) Technology-Based Learning Environments. NATO ASI Series (Series F: Computer and Systems Sciences), vol 137. Springer, Berlin, Heidelberg.

Holland, J. L. (1963). Explorations of a theory of vocational choice and achievement: II. A four-year prediction study. Psychological Reports, 12, 547–594.

Holland, J. L. (1997). Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments (3rd Aufl.). Odessa: Psychological Assessment Resources.

Lee, H.S. & Songer, N.B. (2003). Making authentic science accessible to Students. International Journal of Science Education, 25(8), 923-948.

Pea, R. D. (1994). Seeing what we build together: distributed multimedia learning environments for transformative communications. Journal of the Learning Sciences, 3(3), 285–299.

Schwarzer, S., Rudnik, J., & Parchmann, I. (2013). Chemische Schalter als potenzielle Lernschalter: Fachdidaktische Begleitung eines Sonderforschungsbereichs. CHEMKON, 20(4), 175–181.

Wentorf, W., Höffler, T. & Parchmann, I. (2015) Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern-Vorstellungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21, 207–222.

Elena von Hoff
Nele Milsch
Thomas Waitz
Ingo Mey

Universität Göttingen

Interdisziplinäre Projekte zur Öffentlichkeitsarbeit im SFB 803

Biomembranen spielen bereits seit über einem Jahrhundert eine wichtige Rolle in der naturwissenschaftlichen Forschung. Insbesondere die Entwicklung immer neuer Forschungsmethoden wie der STED-Mikroskopie (Willig et al., 2007) ermöglichen es dabei, bestehende Modelle kontinuierlich durch neue Erkenntnisse zu erweitern und gesellschaftlich relevante Themen wie die Medikamentenforschung voranzutreiben. Der Sonderforschungsbereich 803 (SFB 803) an der Georg-August-Universität Göttingen befasst sich intensiv mit der Erforschung dieses Themas. Dabei fokussieren die Forschungsaktivitäten insbesondere auf basale Prinzipien der vielfältigen Interkationen von Lipiden und Proteinen, welche Membranprozessen auf molekularer Ebene zugrunde liegen.

Grundlagenforschung im naturwissenschaftlichen Bereich, wie sie im SFB 803 stattfindet, wird jedoch in der Öffentlichkeit und somit auch im Schulkontext bislang kaum wahrgenommen. Gleichzeitig wird aber im Zuge der Forschungsförderung zunehmend wissenschaftliche Öffentlichkeitsarbeit gefordert (European Commission, 2014), die der engeren Vernetzung von Wissenschaft und Gesellschaft dienen soll. Vor diesem Hintergrund entstand im Rahmen des SFB 803 ein Kooperationsprojekt zwischen Fachdidaktik und Fachwissenschaft, das es sich zum Ziel gesetzt hat die Forschungsfragen des SFB in einen für die Gesellschaft verständlichen und relevanten Kontext zu rücken (von Hoff et al., 2017). Im Hinblick auf die Zielgruppen der Schülerinnen und Schüler (SuS), Lehrkräfte sowie der interessierten Allgemeinheit wurden zunächst Forschungsthemen mit alltagsnahen Kontexten wie Medikamentenwirkung und -entwicklung, Ursachen von Krankheiten, Wirkung von Giften sowie Arbeitsweisen von Wissenschaftlern identifiziert. Diese wurden im Anschluss in verschiedenen Projekten didaktisch aufgearbeitet.

Entwicklung von (Modell-) Experimenten für den Chemieunterricht

Obwohl das Thema der Biomembranen bisher weitestgehend nur im Kerncurriculum der Biologie verankert ist, handelt es sich bei der Membranforschung um ein stark interdisziplinäres Forschungsfeld, das insbesondere viele chemische, aber auch biologische, physikalische und medizinische Aspekte umfasst. Aufgrund dieser Interdisziplinarität und des hohen Alltagsbezugs eignet sich das Thema besonders gut, um auch im Chemieunterricht unter Einbezug des chemischen Basiskonzepts Struktur-Eigenschaft, sowie Erkenntnissen aus der aktuellen Forschung behandelt zu werden.

Das Ziel der Entwicklung neuer (Modell-)Experimente für den Chemieunterricht ist es, fachliche Hintergründe aktueller Forschungsfragen in einen für SuS verständlichen Kontext zu rücken sowie wissenschaftliche Arbeitsmethoden aufzuzeigen. Aufgrund des stetigen Wechselspiels zwischen der Arbeit mit Modellen und Experimenten, eignen sich die Forschungsinhalte des SFB 803 ideal, um den Fokus auf die Schärfung der Modellkompetenzen der SuS zu legen. Dabei soll neben der Modellarbeit (Nutzen von Modellen, Entwicklung und Weiterentwicklung von Modellen) sowie dem Modellwissen (Kenntnis grundlegender Modelle) vor allem das Modellverständnis gefördert werden. Letzteres beinhaltet insbesondere das Verstehen der Bedeutung und damit einhergehend ein

Grundverständnis bezüglich des (Weiter-)Entwicklungscharakters von Modellen (Meisert, 2008).

Ein Beispiel für ein solches Experiment ist die modellhafte Darstellung von Vesikeln mittels sogenannter „Antiblasen“ (Suhr, Schlichting, 2011), die den Stofftransport durch Membranen verdeutlichen sollen (von Hoff et al., 2017).

Antiblasen können hierbei als intervertierte Seifenblasen verstanden werden, bei denen ein dünner Luftfilm, analog zur Lipiddoppelschicht, durch eine doppelte Tensidschicht vom umgebenen wässrigen Medium abgegrenzt wird. Um den Bezug dieses Experimentes zum Prozess der Membranfusion zu erleichtern, wurden 3D-Modelle von amphiphilen Molekülen mit unterschiedlichen Geometrien entwickelt und gedruckt. Diese ermöglichen es, verschiedene Anordnungs- und Kompartimentierungsformen wie Lipiddoppelschichten, Vesikel oder Mizellen für SuS praktisch erfahrbar zu machen, um so Bezüge zwischen Experiment und Modell herzustellen (siehe Abb. 1).

Abb. 1: Links: Schematische Darstellung der Entstehung von Antiblasen, als Modellexperiment zum Stofftransport durch Membranen. Rechts: Aus PLA gedruckte Modellbausteinen, die verschiedene Lipidgeometrien und ihre jeweiligen Aggregate verdeutlichen.

Lernort Bildungsmesse

Schülerorientierte Bildungsmessen wie die IdeenExpo in Hannover, die Highlights der Physik oder der Niedersächsische Forschungstag ermöglichen es, aktuelle Forschung in einem non-formalen Setting an die Öffentlichkeit zu tragen. Der Schwerpunkt liegt dabei zu meist auf der Förderung naturwissenschaftlichen Interesses sowie dem Aufzeigen von Berufsperspektiven für SuS, ermöglicht es aber auch Lehrkräfte sowie die interessierte Allgemeinheit über neue Forschungsinhalte und -fragen aufzuklären. Je nach Zielgruppe ergeben sich hierbei unterschiedliche Anforderungen:

- *SuS*: Interesse wecken, Wissen vermitteln, für Naturwissenschaften motivieren, Berufsperspektiven aufzeigen
- *Lehrkräfte*: Aktuelle Forschungsergebnisse vorstellen, neue Lehr-/Lerninhalte wie Experimente und Unterrichtseinheiten präsentieren
- *Allgemeinheit*: Zugang zu aktueller Forschung ermöglichen, Diskussionen zu wissenschaftlichen und wissenschaftspolitischen Themen anregen

Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurden zahlreiche Materialien entwickelt, die die Forschung im SFB zielgruppengerecht didaktisch aufarbeiten. Im Zentrum steht hierbei ein EXPOneer Ausstellungsregal (Kampschulte, Parchmann, 2015), das mithilfe von

Informationstexten, Experimenten und Videos sowohl über das Thema Biomembranen, als auch spezifische Forschungsfragen der Wissenschaftler informiert (siehe Abb. 2). Ergänzt wird das Ausstellungsstück durch zahlreiche interaktive Experimente und 3D-Modelle, die sich auch für den Chemieunterricht eignen. Zudem können die Besucher vor Ort in den direkten Dialog mit Fachwissenschaftlern und Didaktikern treten und sich über aktuelle Forschungsinhalte, den Alltag von Wissenschaftlern, sowie neue Experimente und Unterrichtsmaterialien informieren.

Abb. 2: Links: Messestand mit EXPOneer und verschiedenen Experimenten bei der IdeenExpo in Hannover. Rechts: Besucher informieren sich über die Forschung des SFB 803 und probieren einige der Experimente aus.

Adapted Primary Literature

Ein weiteres Projekt in der Öffentlichkeitsarbeit des SFB 803 ist die Arbeit mit sogenannter Adapted Primary Literature (Adaptierte Primärliteratur, APL) (Yarden, Norris, Phillips, 2015). Sie ist als Bindeglied zwischen Lehrbüchern und Primärliteratur zu verstehen und kann sowohl in der schulischen als auch der universitären Ausbildung als zusätzliches Tool zur Vermittlung wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen dienen. Zudem bietet sie die Möglichkeit, aktuelle Forschungsinhalte zeitnah und zielgruppengerecht der Öffentlichkeit zu präsentieren.

Das Hauptziel dieser Textform ist es, Wissenschaftskommunikation in einem authentischen Kontext zu vermitteln und somit zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung und zugleich einem Verständnis für die Natur der Naturwissenschaft beizutragen (Yarden, Brill, Falk, 2001). Dabei wird vor allem das wissenschaftliche Lesen als wichtige naturwissenschaftliche Kompetenz in den Mittelpunkt gestellt. Um dies zu gewährleisten, werden die Inhalte der Primärliteratur zwar didaktisch reduziert und an das Vorwissen der jeweiligen Zielgruppe angepasst, jedoch bleiben die Strukturmerkmale sowie das Argumentationsniveau des wissenschaftlichen Artikels erhalten. Die Aufarbeitung der Texte erfolgt dabei in einem kooperativen und iterativen Prozess zwischen Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Schulpraxis. Die APL wird im Anschluss der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht, wobei insbesondere eine Dissemination in den Chemieunterricht erfolgen soll.

Danksagung

Wir danken der DFG (SFB 803, Projekt TPÖ) für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

European Commission (2014). The EU Framework Programme for Research & Innovation. Verfügbar unter https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_inBrief_EN_FinalBAT.pdf

Kampschulte, L., Parchmann, I. (2015). The Student-Curated Exhibition – A New Approach to Getting in Touch with Science. LUMAT, 3 (4), 462-482

Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. ZfDN, 14, 243-261

Suhr, W., Schlichting, H. J. (2011). Antibubbles – Experimentelle Zugänge. In Nordmeier, V., Grötzebauch, H. (Hrsg.), PhyDid B

von Hoff, E., Milsch, M., Ehlers, M., Waitz, T., Mey, I. (2017). Membranforschung für die Öffentlichkeit: Ein Kooperationsprojekt zwischen Fachdidaktik und Fachwissenschaft. CHEMKON. 24 (4), 165-177

Willig, K. I., Harke, B., Medda, R., Hell, S. W. (2007). STED microscopy with continuous wave beams. Nature Methods. 4 (11), 915-918

Yarden, A., Brill, G., Falk, H. (2001). Primary literature as a basis for a high-school biology curriculum. Journal of Biology Education. 35 (4), 190-195

Yarden, A., Norris, S. P. Phillips, L. M. (2015). Adapted Primary Literature – The Use of Authentic Scientific Texts in Secondary Schools. Springer

Maria Weisermann[1]
Prof. Ilka Parchmann[1]
Prof. Stefan Schwarzer[2]

[1]IPN Kiel
[2]LMU München

Wirksamkeit einer schulischen Vor- und Nachbereitung von Schülerlaborbesuchen

Theoretischer Hintergrund

Der Leibniz-Wissenschafts-Campus KiSOC widmet sich der Fragestellung, wie die Bedeutung und Ergebnisse von Wissenschaft verständlich und motivierend vermittelt werden können. Eine mögliche Antwort sind MINT-Schülerlabore. Diese bieten Lernenden Abwechslung sowie handlungsorientiertes Arbeiten mit vielen Schülerexperimenten und Eigenaktivität (Euler & Weßnigk, 2011). An vielen Standorten sind diese Experimente an aktuellen naturwissenschaftlichen Themen orientiert und in einer authentischen Umgebung verankert (Braund & Reiss, 2006). Derartige Schülerlabor streben zudem eine Erhöhung der Begeisterung und des Verständnisses für naturwissenschaftliche Inhalte an und beschäftigen sich mit Aspekten der Nachwuchsförderung – etwa durch die Steigerung von Motivation und Interesse (Guderian & Primer, 2008; Dähnhardt, Haupt & Pawek, 2009). Bereits mehrere Studien konnten zeigen, dass MINT-Schülerlabore eine kurz- bis mittelfristige Stabilisierung positiver Effekte unter anderem auf Interesse und Selbstkonzept bewirken (Engeln, 2004; LeLa, 2010). Um langfristige Effekte erreichen zu können, sind für einen Schülerlaborbesuch bestimmtes Vorwissen und anschließend eine Festigung der erlangten Erkenntnisse notwendig, welche durch eine gründliche, schulische Vor- und Nachbereitung erreicht werden kann (Brandt, 2005). Einige Untersuchungen geben erste Hinweise darauf, dass dadurch bessere Lernleistungen, mehr Wissenserwerb und höheres Interesse erzielt werden können (Schwarzer & Itzek-Greulich, 2015; Streller, 2016).

Eine andere bisher noch nicht abschließend gelöste Problematik ist das negative Image, verbunden mit unklaren Vorstellungen von MINT-Berufen (Wesnigk, 2013; Euler, 2001; Kessels & Hannover, 2006; Maurischat, Taskinen & Ehmke, 2007), wobei jedoch nach wie vor in den Schulen eine geringfügige Akzeptanz und Umsetzung fachbezogener Berufsvorbereitung im MINT-Unterricht vorliegt (Haucke, 2013). Dies trägt ebenso dazu bei, dass Schülerinnen und Schüler kaum Wissen über naturwissenschaftlich spezifische, Interesseförderndende Ausbildungsberufe aufweisen (Nachwuchsbarometer, 2009). Dabei zeigen einige Studien, dass frühe Einblicke in naturwissenschaftliche Berufsfelder Schülerinnen und Schüler zusätzlich für Naturwissenschaften sensibilisieren können (Reiss & Mujtaba, 2016).

Zielsetzung und Design

Aus dem Stand der Forschung lassen sich die folgenden Forschungsfragen ableiten. Zum einen soll evaluiert werden, ob sich direkt nach einem Schülerlaborbesuch und nach einigen Monaten positive Effekte auf Fachwissen, Selbsteinschätzung und Berufsorientierung zeigen, wenn der Schülerlaborbesuch durch eine schulische Vor- und Nachbereitung begleitet wird. Zum anderen soll erforscht werden, ob sich dazu differentielle Effekte erkennen lassen, wenn die schulische Vor- und Nachbereitung neben dem fachlichen Fokus zusätzlich Aspekte der Berufsorientierung aufweist.

Hieraus ergibt sich ein Studiendesign mit drei Untersuchungsgruppen – Experimentalgruppe 1 mit ausschließlich einer fachlichen schulischen Vor- und Nachbereitung, Experimentalgruppe 2 mit einer fachlichen Vor- und Nachbereitung sowie integrierten Aspekten der Berufsorientierung und einer Kontrollgruppe, welche keine Vor- und Nachbereitung erhält.

Umgesetzt wird eine fragebogenbasierte Prä-Post-Follow-up-Erhebung, wobei die Untersuchung ein quasi-experimentelles Design darstellt. Der Fragebogen ist quantitativ angelegt

und erhebt sowohl in der Schule als auch im Schülerlabor verschiedene Konstrukte – wie etwa Einstellung zu MINT-Berufen (Wesnigk, 2013), motivationale Regulation (Müller, Hanfstingl, Andreitz, 2007), Fähigkeitsselbstkonzept (Pawek, 2009), aufgabenbezogene Selbsteinschätzung und Fachwissen sowie die Erwartung und Bewertung zum Schülerlaborbesuch (Schmidt, Di Fuccia, Ralle, 2011).

Intervention

Im Rahmen der Studie wurde zudem ein neues Experimentierprogramm zu nanotechnologischen Inhalten entwickelt, welches als Schülerlabor *nawi:klick!* in der Kieler Forschungswerkstatt angesiedelt ist. Dieses hat die Mittelstufe (8.-9. Klassenstufe) als Zielgruppe und richtet sich sowohl an Gymnasial- als auch Gemeinschaftsschülerinnen und -schüler. Das Programm lehnt sich an den Leitfaden der Fachanforderungen von Schleswig-Holstein an und ist in Form von sechs fächerübergreifenden Experimentierstationen konzipiert, dessen Inhalte von den Lernenden jeweils eigenständig in Gruppen erarbeitet werden sollen.

Zudem wurde der Laborbesuch für die beiden Experimentalgruppen durch eine obligatorische Vor- und Nachbereitung ergänzt. Diese soll den Lernenden vorab einen ersten Einblick in die Welt der Nanotechnologie erlauben sowie anschließend für die Wiederholung, Vertiefung und den Transfer der gelernten Inhalte sorgen.

Des Weiteren wurde die schulische Vor- und Nachbereitung für die Experimentalgruppe 2 durch Aspekte der Berufsorientierung erweitert. Hierbei bekommen die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, Ausbildungsberufe und Unternehmen kennen zu lernen, welche sich mit der Herstellung, Anwendung oder Untersuchung von Nanopartikeln beschäftigen. Hierdurch sollen ein stärkeres Verständnis für und ein besserer Überblick über die Vielfalt der naturwissenschaftlichen Ausbildungsberufe geschaffen werden. Die Experimentalgruppe 1 hat zur Anpassung der Lernzeit eine zusätzliche Aufgabe bekomme, die jedoch kaum neuen Wissenszuwachs fördert.

Erste Ergebnisse

Zur Testung der Wirksamkeit einer schulischen Vor- und Nachbereitung mit bzw. ohne Berufsorientierung wurde bereits mit einer Pilotierungsphase begonnen, auf Grundlage der erste Ergebnisse generiert werden konnten. Die Konstrukte wurden anhand einer vierstufigen Likert-Skala erhoben (1 – stimmt gar nicht, 2 – stimmt kaum, 3 – stimmt eher, 4 – stimmt völlig). Die in den folgenden Abbildungen dargestellten Ergebnisse basieren auf den Daten dreier, von insgesamt elf anvisierten, Schulklassen. Hierbei fließen die Experimentalgruppe 1 (2 Schulklassen) und die Kontrollgruppe (1 Schulklasse) in die Ergebnisdarstellung mit ein. Daher kann an dieser Stelle lediglich von ersten Hinweisen gesprochen werden.

Zum einen kann festgehalten werden, dass die Erwartungen der Schülerinnen und Schüler an das Schülerlabor Untersuchungsgruppen-übergreifend übertroffen werden, wobei die Dimensionen Fachwissen, Experimentieren, Alltagskontext und Nachhaltigkeit einen signifikanten Anstieg mit mittleren bis hohen Effektstärken zeigen (Abb. 1).

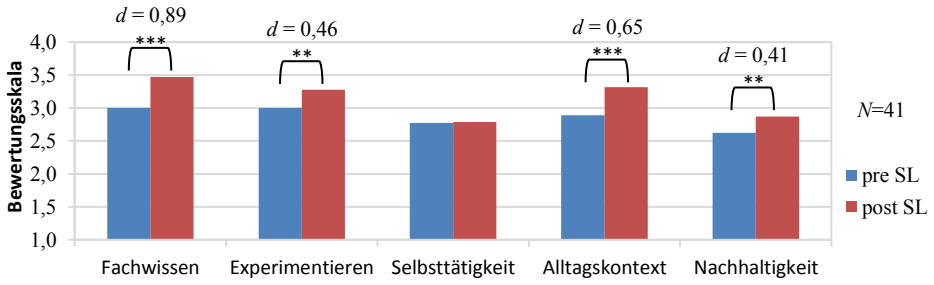


Abb. 1: Bewertung des Schülerlaborbesuchs (SL – Abkürzung für Schülerlabor).

Des Weiteren lässt sich Untersuchungsgruppen-übergreifend erkennen, dass die erteilte Intervention eine signifikante Steigerung der Dimensionen Selbsteinschätzung und Fachwissen hervorruft (Abb.2). Hierbei ist bei der Dimension Fachwissen eine sehr große Effektstärke zu verzeichnen.

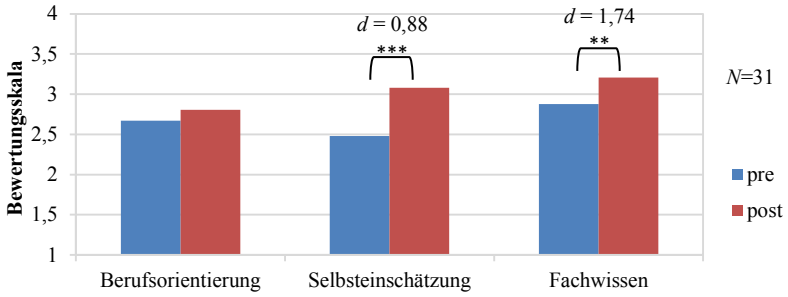


Abb. 2: Untersuchungsgruppen-übergreifende Darstellung der Dimensionen Einstellung zu MINT-Berufen, Selbsteinschätzung und Fachwissen vor und nach der Intervention.

Dabei erlauben die Daten die Vermutung, dass eine Intervention mit einer schulischen Vor- und Nachbereitung zu einem höheren Anstieg des Fachwissens führt als bei der Kontrollgruppe (Abb. 3), wobei bei der Experimentalgruppe 1 eine signifikante Steigerung zu bemerken ist. Hierbei lässt sich ebenso ein einseitiger signifikanter Anstieg mit einer mittleren Effektstärke zwischen den beiden Post-Gruppen erkennen.

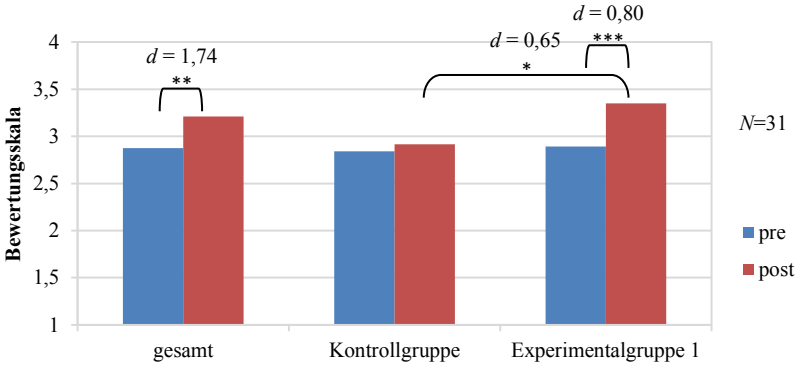


Abb. 3: Darstellung der Dimension Fachwissen in Abhängigkeit der verschiedenen Untersuchungsgruppen.

Ausblick

Im weiteren Verlauf der Studie soll die Wirkung der Verknüpfung von schulischen und außerschulischen Lernorten durch eine schulische Vor- und Nachbereitung anhand einer größeren Stichprobe unter Einbezug der Experimentalgruppe 2 weitergehend untersucht werden. Zudem soll im Anschluss die Nachhaltigkeit der erhobenen Konstrukte anhand einer Follow-up-Testung evaluiert werden.

Literatur

Brandt, A. (2005). *Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabore.* Göttingen: Cuvillier Verlag.

Braund, M. R. (2006). Towards a more authentic science curriculum: the contribution of out-of-school learning. *International Journal of Science Education, 28*, S. 1373-1388.

Dähnhardt, D., Haupt, O. J., & Pawek, C. (2009). *Kursbuch 2010: Schülerlabore in Deutschland.* Marburg: Tectum.

Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken.* Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Euler, M. (2001). Lernen durch Experimentieren. In M. Prenzel, U. Ringelband, & M. Euler, *Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. Bericht über einen Workshop in Kiel im Februar 2001* (S. 13-42). Kiel: IPN.

Euler, M., & Weßnigk, S. (2011). Lernen durch Forschen und Entwickeln - Schülerlabore und die Förderung kreativer Potenziale. *Plus Lucius*, S. 32-38.

Guderian, P., & Primer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche – eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland. *PhyDid-A*, S. 27-36.

Haucke, K. (2013). *Berufsorientierung im Chemieunterricht - Erhebung von Schülervorstellungen zu ausgewählten Berufen und Entwicklung von Konzepten zur Integration von Berufsorientierung in Unterricht und Lehrerbildung.* Oldenburg.

Kessels, U., & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Images von mathematisch-naturwissen-schaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessenentwicklung. In M. Prenzel, & L. Allolio-Näcke, *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 350-369). Münster: Waxmann.

Maurischat, C., Taskinen, P., & Ehmke, T. (2007). Naturwissenschaften im Elternhaus. In M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, & K. E. al., *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 203-223). Münster: Waxmann.

Müller, F., Hanfstingl, B., & Andreitz, I. (2007). *Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern: Adaptierte und ergänzte Version des Academic Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A) nach Ryan & Connell. Wissenschaftliche Beiträge aus dem Institut für Unterrichts- und Schule.* Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität.

Nachwuchsbarometer. (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften.* München/Düsseldorf: catech, VDI.

Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe.* Kiel.

Reiss, M., & Mujtaba, T. (2016). Should we embed careers education in STEM lessons? *The Curriculum Journal*.

Schmidt, I., Di Fuccia, D., & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte: Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus der Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. *MNU Journal*, S. 362-369.

Schwarzer, S., & Itzek-Greulich, H. (2015). Möglichkeiten und Wirkungen von Schülerlaboren: Vor- und Nachbereitung zur Vernetzung mit dem Schulunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht: Chemie*, S. 8-13.

Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school.*

Weßnigk, S. (2013). *Kooperatieves Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten.* Kiel.

Nele Milsch
Elena von Hoff
Ingo Mey
Thomas Waitz

Universität Göttingen

Zum Interesse von Jugendlichen an Science Outreach Projekten

Einleitung

Science Outreach Projekte (SOP) werden im Allgemeinen als Brückenschlag zwischen Wissenschaft und Gesellschaft verstanden. Ziel ist es, die Öffentlichkeit über aktuelle Forschungsfragen aufzuklären, eine mündige Gesellschaft zu fördern und diese für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu sensibilisieren. Hierfür müssen Bürgerinnen und Bürger die Möglichkeit haben, Auswirkungen und Folgen der Forschung evidenzbasiert beurteilen zu können. Darüber hinaus muss gewährleistet werden, dass Wissenschafts- und Forschungssysteme nach folgenden Bedingungen gestaltet werden: 1. transparent, 2. zugänglich, 3. allgemeinverständlich (Brake & Thornton, 2003; Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2017; Varner, 2014). Zudem muss die gesellschaftliche Relevanz der Forschung vor allem für zukünftige Generationen verdeutlicht werden, um bspw. einen hoch motivierten Nachwuchs für chemische Themenfelder zu gewinnen sowie eine wettbewerbsfähige Wirtschaft sicherzustellen (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2017). Um Schülerinnen und Schüler (SuS) für aktuelle Forschung zu motivieren ist es relevant, dass SOP die Interessen der SuS fokussieren, welche in der folgenden Studie explorativ untersucht wurden.

Fragestellung, Untersuchungsdesign und Stichprobe

In der Studie sollte der zentralen Fragestellung nachgegangen werden: Wie sollten schülernahe SOP im Kontext der Chemie konzipiert werden? Um erste Anhaltspunkte auf diese Frage zu finden, wurden SuS zu verschiedenen Komponenten im Hinblick auf die mögliche Konzeptionierung befragt. Dazu zählen: Wünsche und Erwartungen an chemischen SOP, bevorzugte Themenfelder, Interesse am Beruf eines Chemikers/einer Chemikerin, bevorzugter Zugang zu Informationen und das bevorzugte Medium für die Informationsbeschaffung. Hierfür wurden insgesamt 129 SuS der Jahrgangsstufen 9 bis 13 befragt. Die Altersspanne beträgt 14-20 Jahre und die Geschlechterverteilung ist nahezu homogen (63 Schülerinnen, 66 Schüler). Für die Erhebung wurde eine Paper-Pencil-Fragebogenstudie durchgeführt, in der sowohl offene als auch geschlossene Fragen gestellt wurden. Für die Erarbeitung von Antwortmöglichkeiten der bevorzugten Themenfelder wurde das niedersächsische Kerncurriculum (Niedersächsisches Kultusministerium, 2009) für das Fach „Chemie“ herangezogen bzw. Themen abgeleitet, um die Implementierung von Inhalten aus SOP in den Schulalltag zu ermöglichen. Ferner wurden die Antwortmöglichkeiten bezüglich des Interesses am Beruf eines Chemikers/einer Chemikerin in einem interdisziplinären Rahmen mit (Fach-)Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern abgestimmt.

Ergebnisse

Zunächst wurden die SuS konkret nach ihren Erwartungen und Wünschen an einen Besuch von chemischen SOP befragt, um erste Hinweise für die Konzeptionierung von adressatennahen SOP zu erlangen. Es konnte festgestellt werden, dass sowohl allgemeine Erwartungshaltungen wie „neue Informationen“ geäußert wurden, als auch konkrete Bezüge zu der Chemie „...mehr über die alltägliche Arbeit im Labor zu erfahren.“ Im Folgenden werden weitere Erwartungen und Wünsche an SOP aufgelistet:

- „viele Experimente“
- „Ich erwarte eine Laborbesichtigung“

- „Erklärung des Ablaufs von Forschung“
- „Aufklärung über Forschungsergebnisse“
- „Das ich viel über die Arbeit von Chemikern und die Chemie lerne“

Schülernah gestaltete SOP bieten die Möglichkeit, das Interesse der SuS an naturwissenschaftlicher Forschung zu erhöhen bzw. aufrecht zu erhalten. Dementsprechend wurde erhoben, welche Anknüpfungspunkte zwischen den Institutionen Schule und Wissenschaft existieren, um die SuS nachhaltig im schulischen Kontext für chemische Themenfelder zu motivieren. Die Ergebnisse zeigen (siehe Abbildung 1), dass Themengebiete, wie „Chemie & Medizin“ und „Aktuelle Themen der Chemie“ mehr als 80-mal, „Chemie & Ernährung“ und „Chemie im Alltag“ mehr als 60-mal ausgewählt wurden. Insgesamt ist die Verteilung bzgl. der Geschlechter annähernd homogen mit Ausnahme des Themenfeldes „Energiequellen“.

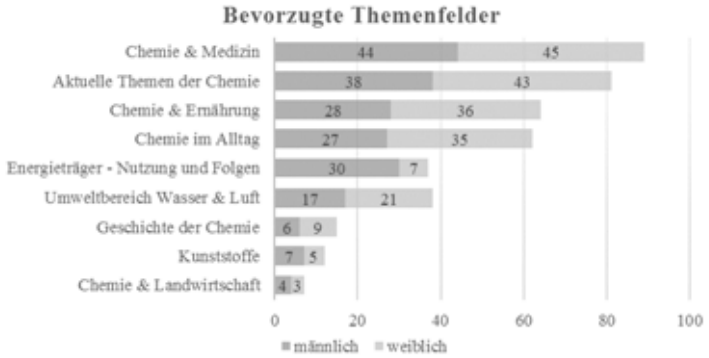


Abb. 1: Absolute Häufigkeit von bevorzugten Themenfelder im Kontext der Chemie. Befragung von N=129 SuS (weibl. 63, männl. 66). Mehrfachnennungen möglich.

Für die Entwicklung von Angeboten, in Hinblick auf die Berufsorientierung, wurde untersucht, welche Themen SuS am Beruf eines Chemikers bzw. einer Chemikerin interessieren, damit die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Arbeiten bzw. Kontexten schülernah gestaltet werden kann. Die SuS gaben Themengebiete wie „Alltägliche Laborarbeit“ mehr als 80-mal, „Studierendenalltag“ sowie „Verdienstmöglichkeiten“ über 60-mal an (siehe Abbildung 2).

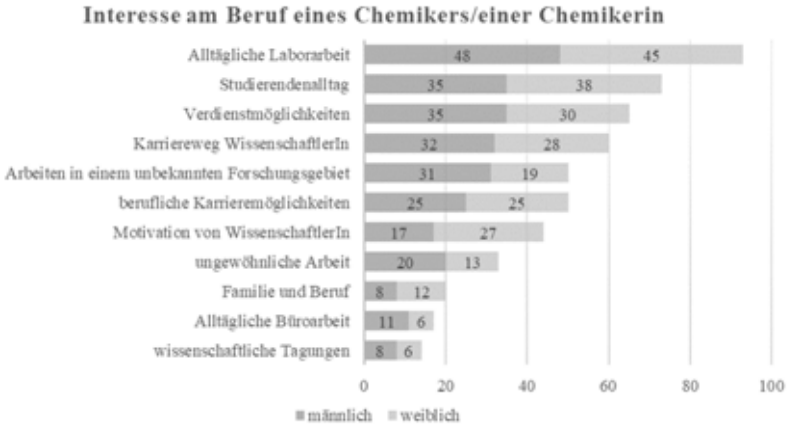


Abb. 2: Absolute Häufigkeit des Interesses am Beruf eines Chemikers/einer Chemikerin. Befragung von N=129 SuS (weibl. 63, männl. 66). Mehrfachnennungen möglich.

Für den nachhaltigen Informationsfluss der entwickelten Inhalte der SOP stellt sich die Herausforderung, wie SuS bestmöglich mit Informationen versorgt werden können. Bei der durchgeführten Studie wurde daher gefragt, wie die SuS sich bevorzugt über Themen informieren. Es konnte deutlich gezeigt werden, dass digitale Zugänge (112; 87%), wie das Internet, präferiert für die Informationsbeschaffung von SuS gewählt werden. Ein persönliches Gespräch (12; 9 %) sowie die analogen Zugänge wie Printmedien (5; 4 %) wurden lediglich von 17 SuS vor dem digitalen Zugang bevorzugt.

Das Medium für die Vermittlung von zukünftigen SOP ist ein wichtiger Faktor, damit die bereitgestellten Informationen schülernah gestaltet werden können. Die Studie zeigt, dass sowohl Video als auch Text die bevorzugten Medien (mehr als 80-mal ausgewählt) für die Informationsbeschaffung darstellen (siehe Abbildung 3).

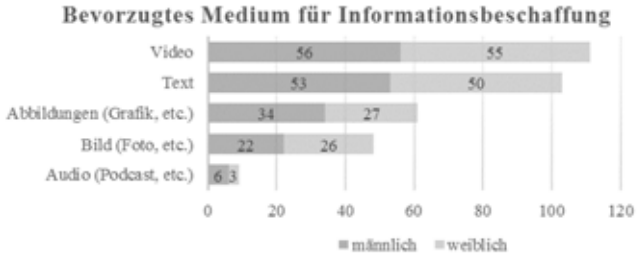


Abb. 3: Absolute Häufigkeit der bevorzugten Medien für die Informationsbeschaffung. Befragung von N=129 SuS (weibl. 63, männl. 66). Mehrfachnennungen möglich.

Fazit

Die Erwartungen und Wünsche an SOP von SuS (Alter: 14-20 Jahre) sind vielseitig. Sie reichen von dem Wunsch nach neuen Themen, über das Experimentieren, bis hin zu Einblicken in die Forschungslandschaft, Labore und den Arbeitsalltag. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für die Konzeptionierung von chemiebezogenen SOP besonders Themen wie „Chemie & Medizin“, „Aktuelle Themen der Chemie“, „Chemie & Ernährung“ und „Chemie im Alltag“ geeignet sind, um das Interesse der SuS anzusprechen. Für die Vermittlung dieser Themen können Kontexte wie die „Alltägliche Laborarbeit“ oder der „Studierendenalltag“ genutzt werden. Insgesamt sollten die entwickelten Inhalte der SOP digital in Form von Videos und Texten bereitgestellt werden, um diese möglichst schülernah zu vermitteln.

Danksagung

Wir danken der DFG (SFB 803, Projekt TPÖ) für die finanzielle Unterstützung.

Literatur

Brake, M., & Thornton, R. (2003). Science fiction in the classroom. Physics Education, 38 (1), 31–34.

Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2017). Wissenschaft mit der und für die Gesellschaft. Abgerufen von http://www.horizont2020.de/einstieg-wg.htm.

Niedersächsisches Kultusministerium. (2009). Kerncurriculum für das Gymnasium - gymnasiale Obertufe, die Gesamtschule - gymnasiale Oberstufe, das Fachgymnasium, das Abendgymnasium, das Kolleg: Chemie. Abgerufen von http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_chemie_go_i_2009.pdf.

Varner, J. (2014). Scientific Outreach: Toward Effective Public Engagement with Biological Science. BioScience, 64 (4), 333–340.

Lorenz Kampschulte[1]
Karsten Eilert[2]
Ilka Parchmann[1]

[1]IPN Kiel
[2]Friedrich-Schiller-Gymnasium Preetz

Schülerkuratierte Ausstellungen als Tool für Wissenschaftskommunikation

Schülerkuratierte Ausstellungen sind Ausstellungen, die von Schülerinnen und Schülern selbst konzipiert, gebaut und anschließend an der Schule gezeigt werden. Dabei setzen sich die beteiligten Schülerinnen und Schüler nicht nur intensiv mit dem Thema der Ausstellung auseinander, sondern gleichzeitig auch mit Wegen der Kommunikation des Themas an eine breitere Bevölkerungsgruppe (meist Mitschülerinnen / Mitschüler und Eltern). Gleichzeitig kann durch die Präsentation der Ausstellung an der Schule das Thema eine deutlich größere Schülergruppe erreichen als nur die mit der Bearbeitung befasste Klasse. Dies bringt nicht nur Multiplikationseffekte, sondern kann gleichzeitig die Motivation für das Projekt fördern, auf Seite der Schülerinnen und Schüler ebenso wie auf Seite der Lehrenden.
Ein Ziel ist es dabei, durch die Entwicklung der Ausstellungsinhalte neue Zugänge für naturwissenschaftlich-technische Themen im Unterricht zu erschließen und dabei die Themen tiefergehend und aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu bearbeiten (Kampschulte & Parchmann, 2015). Zudem bieten die alternativen Zugänge zu den naturwissenschaftlichen Themen, sei es durch historische, gesellschaftspolitische oder künstlerische Blickwinkel, die Chance auch Schülerinnen und Schüler zu gewinnen, die sonst deutlich weniger naturwissenschaftsaffin sind.
Ein zweites großes Ziel der schülerkuratierten Ausstellungen ist es, Schülerinnen und Schüler an die Wissenschaftskommunikation heranzuführen: Durch die Nutzung von Elementen der Wissenschaftskommunikation (hier Ausstellungen) erschließen sie sich aktiv einen Teil der Wissensgesellschaft. Die Wissenschaftskommunikation ist zentraler Bestandteil unserer Wissensgesellschaft, sie fungiert als Mediator zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit, oft auch als Filter (Könneker & Lugger, 2013). So beeinflussen etwa die Nachrichtenwerte wie Nähe, Dynamik oder Identifikation (z.B. Schulz, 1976) stark, welche Themen in der Öffentlichkeit sichtbar werden und welche eher im Verborgenen bleiben. Auch wenn die Zahl der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die selbst eine aktive Rolle in der Kommunikation einnehmen – etwa durch Blogs oder Videos – in den letzten Jahren stetig angestiegen ist, verbleibt der überwiegende Anteil der Kommunikationsarbeit in den Händen von Journalistinnen und Journalisten sowie Mitarbeitenden der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit (Bauer, 2017, S.22). Durch die große Bandbreite der Medien, die zur Darstellung in einer Ausstellung genutzt werden können (Text, Grafik, Bild, Exponat, Video, Audio, …), sind für jedes Thema verschiedene Varianten denkbar, so dass dieser Auswahlprozess zur Reflexion der Vermittlung genutzt werden kann. Indem Schülerinnen und Schüler selbst unterschiedliche Inhalte für die Ausstellung aufbereiten, wird somit sofort klar, dass es Themen gibt die leicht und anschaulich zu vermitteln sind, andere wiederum deutlich schwieriger. Nicht anders geht es professionellen Kommunikatorinnen und Kommunikatoren, wenn sie Beiträge für die Öffentlichkeit erarbeiten, was zu einer Verschiebung des Bildes von Wissenschaft führen kann. Dies bei der Bewertung von Themen zu bedenken ist auch ein wichtiger Baustein beim Zugang zur Wissensgesellschaft.
Grzega (2008) beschreibt zwei wichtige Komponenten als Grundlage des Zugangs zur Wissensgesellschaft: Zum einen ein breites, überblicksartiges Grundwissen, das an einzelnen Stellen exemplarisch vertieft ist, so dass hier Expertenwissen existiert. Zum anderen nennt er ein Portfolio aus persönlichkeitsbezogenen Kompetenzen, sozialen Kompetenzen und Methodenkompetenz als wichtige Grundlage. Der Unterrichtsansatz des Lernens durch Lehren (LdL) beansprucht für sich alle dieser Faktoren zu fördern (Martin, 2000). In leicht

abgewandelter Form ist der Ansatz des LdL das zentrale Element bei schülerkuratierten Ausstellungen: In einer 1. Stufe werden innerhalb der Klasse gemeinsam die Inhalte der Ausstellung erarbeitet – das geschieht üblicherweise in Kleingruppen, die einen intensiven Austausch untereinander haben um trotz vieler Einzelthemen das Gesamtbild der Ausstellung nicht aus den Augen zu verlieren. In einer 2. Stufe wird LdL außerhalb der Klasse genutzt, um die Ausstellung den Mitschülern vorzustellen, zum Beispiel in Form von Führungen. So können die beiden von Grzenga (2008) herausgearbeiteten Komponenten im Rahmen einer schülerkuratierten Ausstellung intensiv adressiert werden. Zusätzlich lassen sich im Rahmen von Ausstellungen auch organisatorische Lernstrategien elaborieren, etwa die Textreduktion (z.B. Ballstaedt, 2006) oder die Nutzung der Ausstellunggestaltung zur Konzeption eines Wissensschemas des Themas (z.B. Kopp, 2005).
Im Rahmen des EXPOneer Projekts (www.exponeer.de) wurde ein Ausstellungssystem speziell für den Einsatz in Schulen konzipiert. Bis heute wurden etwa 40 Ausstellungen in dieser Form realisiert. Ein typisches Ausstellungsprojekt zieht sich über etwa 8-10 Wochen bei 2h / Woche. In der ersten Phase (ca. 4-6 Wochen) wird das nötige Fachwissen erarbeitet, etwa im curricularen Unterricht oder anhand eines Lernmoduls. Zudem werden die Leitideen der Ausstellung entwickelt und gegen Ende der Phase die zentralen Inhalte ausgewählt. In der zweiten Phase (ca. 4 Wochen) werden die Inhalte ausgearbeitet und für die Ausstellung aufbereitet. Der eigentliche Bau der Ausstellung erfolgt im Anschluss an einem Tag (ca. 6h).

Abb. 1: Die schülerkuratierte Ausstellung „nanotech“ der Lernwerft in Kiel.

Im aktuellen Kieler Sonderforschungsbereich 1261 „Biomagnetic Sensing“ werden solche Ausstellungen eingesetzt, um die Ergebnisse eines Lernmoduls zu medizinischen Bildgebungsverfahren zu präsentieren. In den ersten Fallstudien, die im Rahmen der EU-Projekte IRRESITIBLE und PANaMa durchgeführt wurden, lag der Fokus neben der Verbesserung des Projektablaufs vor allem auf der Motivation, da diese als eine wichtige Voraussetzung für Lernerfolg gilt (Decy & Ryan, 1993). Dabei wurden insgesamt 17 Ausstellungsprojekte mit unterschiedlicher Detailtiefe analysiert.
In einer Selbsteinschätzung der Motivation über die verschiedenen Projektphasen zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Motivation durchweg mittel bis hoch einstufen, mit einer im Projektverlauf bis zum Bautag hin leicht ansteigenden Tendenz.
Zusätzlich geführte fokussierte Gruppeninterviews hatten das Ziel, motivationsfördernde und -hindernde Faktoren zu ermitteln. Dazu wurden Karten mit kurzen Statements entwickelt, die aus vorangegangenen Projekten bekannte oder antizipierte Probleme bzw. Promotoren schildern. Die Karten wurden von den Schülerinnen und Schülern sortiert, kommentiert und bei Bedarf ergänzt. Als größte Hindernisse entpuppen sich eine unklare Projektstruktur sowie in einigen Klassen die hohe Zusatzbelastung durch das Projekt – demgegenüber wurde die Herausforderung „auch mal etwas Schwieriges zu machen“ als stark motivierend gewertet.

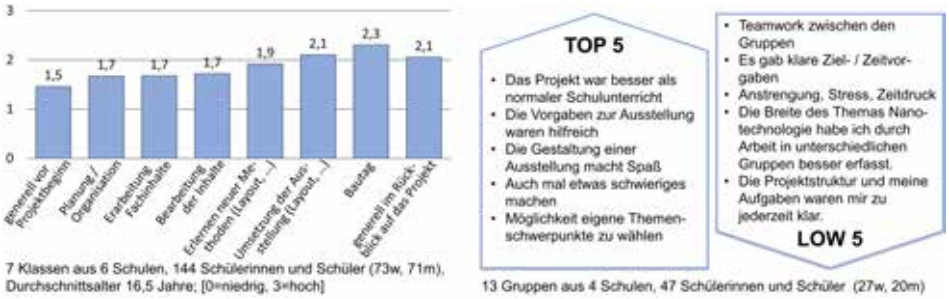


Abb. 2: Schülerinnen und Schüler: Motivation im Projektverlauf, Selbsteinschätzung (post); Die fünf best und schlechtest bewerteten Aussagen aus den fokussierten Gruppeninterviews.

Um den Mehrwert eines Ausstellungsprojekts als Unterrichtsform zu untersuchen wurde das Format in Bezug auf die Merkmale von Unterrichtsqualität (Helmke, 2009) analysiert. Aufbauend darauf wurde ein leitfadenbasiertes, fokussiertes Lehrendeninterview entwickelt und zehn Lehrkräfte befragt, die bereits ein Ausstellungsprojekt durchgeführt haben. Die befragten Lehrkräfte benannten das professionelle Design/Aussehen der Ausstellungen als einen wichtigen Aspekt für ihr Interesse. Zudem gaben sie an, dass sie das Förderpotential der Ausstellungen vor allem im Kompetenzbereich der Kommunikation sehen. Besonders in der Gruppenarbeit waren Kommunikationsabläufe, gegenseitige Hilfestellungen, Teamwork und das Knüpfen sowie Festigen von sozialen Kontakten möglich. Im Bereich der Projektorganisation, Strukturiertheit und Zielklarheit zeigten die Ergebnisse Schwierigkeiten: nur jede zweite Lehrkraft setzte Hilfsmittel wie Mindmaps, Zeitpläne oder Checklisten zur Strukturierung ein, vielfach fehlten klar formulierte und kommunizierte Projektziele sowie die nötige Verbindlichkeit für die Aktivitäten.

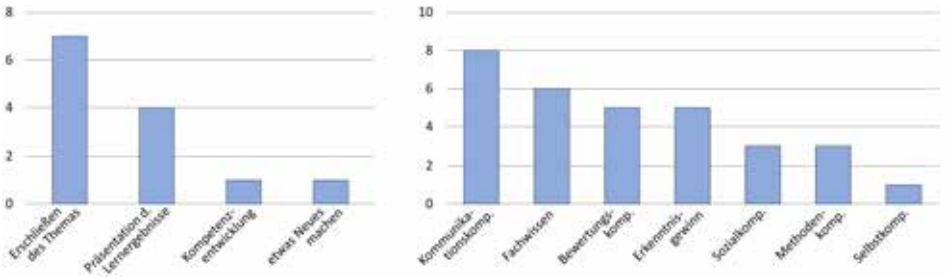


Abb. 3: Interviews mit Lehrkräften [N=10]: Gründe der Durchführung des Ausstellungsprojekts; Zentrale Kompetenzen, die durch das Ausstellungsprojekt gefördert werden.

Zusammenfassend zeigt sich sowohl aus Schüler- als auch aus Lehrendensicht bei den wichtigsten Aspekten ein kongruentes Bild: die größten Hürden liegen im Aufbau eines funktionsfähigen Projektmanagements und in der Kommunikation – sowohl der Gruppen untereinander als auch zwischen den Gruppen und den Lehrenden. Um die Lehrkräfte bei diesen Herausforderungen besser zu unterstützen wurde kürzlich ein Lehrendenleitfaden entwickelt (www.exponeer.de/bauanleitungen).

Aus der Perspektive der Nutzung von schülerkuratierten Ausstellungen als Tool um einen Zugang zur Wissensgesellschaft zu ermöglichen sind sowohl die Förderung der Kommunikationskompetenz als auch der Bewertungskompetenz und der Methodenkompetenz zentrale Aspekte. Zumindest die ersten zwei zählen nach Einschätzung der Lehrenden auch zu den am besten durch ein solches Projekt geförderten Kompetenzen.

Literatur

Ballstaedt, S.-P. (2006). Zusammenfassen von Textinformation. In Mandl, H. & Friedrich, H. F. (Hg.), Handbuch Lernstrategien. Göttingen: Hogrefe, S. 117-126.

Bauer, M.W. (2017). Kritische Beobachtungen zur Geschichte der Wissenschaftskommunikation. In: Bonfadelli, H., Fähnrich, B., Lüthje, C., Milde, J., Rhomberg, M., & Schäfer, M. (Hg.), Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation. Springer VS, Wiesbaden

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

Grzega, J., & Schöner, M. (2008). The didactic model LdL (Lernen durch Lehren) as a way of preparing students for communication in a knowledge society. JET, 34(3), 167-175.

Helmke, A. (2009). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität – Diagnose, Evaluation und Verbesserung von Unterricht, 4. Aufl., Kallmeyer-Verlag.

Kampschulte, L., & Parchmann, I. (2015). The student-curated exhibition – A new approach to getting in touch with science. LUMAT, 3(4), 462-482.

Könneker, C., & Lugger, B. (2013). Public science 2.0 – Back to the future. Science, 342(6154), 49-50.

Kopp, B., & Mandl, H. (2005). Wissensschemata. Forschungsbericht 177, Department Psychologie, Institut für Pädagogische Psychologie, LMU München.

Martin, J.-P. (2000). Lernen durch Lehren: ein modernes Unterrichtskonzept. Schulverwaltung Bayern, Carl Link / Deutscher Kommunal-Verlag, März 2000, Nr. 3, S. 105-110.

Schulz, W. (1976). Die Konstruktion von Realität in den Nachrichtenmedien: Analyse der aktuellen Berichterstattung. Freiburg (Breisgau), München: Alber.

Die Autoren danken der DFG für die Unterstützung des Sonderforschungsbereichs 1261 sowie der EU für die Förderung der Projekte IRRESISTIBLE (grant #612367) und PANaMa (Interreg Deutschland-Danmark).

Michael Komorek Universität Oldenburg
Peter Röben

Das Promotionsprogramm GINT – Lernen in informellen Räumen

Forschung und Nachwuchsförderung
Im Oktober 2016 startete das Promotionsprogramm "MINT-Lernen in informellen Räumen - Untersuchung von Prozessen Forschenden Lernens an außerschulischen MINT-Lernorten und ihrer Einbettung in regionale Lernkontexte". Das Programm wird vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) gefördert und läuft bis 2020. Sprecher sind Prof. Dr. Michael Komorek (Didaktik und Geschichte der Physik) und Prof. Dr. Peter Röben (Technische Bildung). Das Programm wird von der Universität Oldenburg in Kooperation mit den Universitäten Hannover, Vechta, Odense (Dänemark) und Rethymno (Griechenland) sowie mit rund zwanzig außerschulischen Bildungseinrichtungen, Schülerlaboren, Regionalen Umweltbildungszentren, Wattenmeerhäusern, Energiebildungszentren, Küstenforschungsinstituten und Museen durchgeführt. Insgesamt wurden zwölf Georg-Christoph-Lichtenberg-Stipendien vergeben. Es wirken Doktorandinnen und Doktoranden aus den Fachdidaktiken der Geographie, der Informatik, der Naturwissenschaften, der Philosophie und der Technik sowie aus den Bildungswissenschaften mit. Weitere vier anderweitig finanzierte Doktorand/innen mit inhaltlich passenden Themen wurden in das Programm eingebunden. Die Promovierenden befassen sich mit der Erforschung außerschulischer fachlicher Lernangebote in den beteiligten Disziplinen. Untersucht wird, wie Lernen an außerschulischen Lernorten im Detail abläuft und wie die Entwicklung regionaler Bildungslandschaften (Huber, 2014) einschließlich der Integration außerschulischer Bildungsangebote in den Schulunterricht stattfindet. Weitere Informationen ist unter: https://www.uni-oldenburg. de/gint/ zu finden.

Das Programm setzt ein umfangreiches Qualifizierungskonzept um. Dreitägige Workshops zweimal im Jahr, regelmäßige Seminare zu den Kerntehmen und Forschungsmethoden, Kleingruppenarbeit zur Datenauswertung und Vorträge Externer sind ebenso vorgesehen wie eine systematische Präsenz der Doktorand/innen auf Tagungen und ein Heranführen an die Publikationstätigkeit.

GINT?
Im Promotionsprogramm wurde die Grenze nicht streng bei den MINT-Fächern gezogen, da viele außerschulische Lernangebote über die naturwissenschaftlich-technische Grenze hinausgehen und interdisziplinäre Ansätze liefern. Deswegen gehören auch die Fächer Geographie und Philosophie zum Spektrum des Programms. Die Geographie hat eine lange Tradition der Kooperation mit außerschulischen Lernorten und einen reichen Erfahrungsschatz didaktischer Reflexion über ihre Nutzung. In der Philosophie hat man damit begonnen, an außerschulischen Lernorten zu philosophieren. Da die Fächer Mathematik und Philosophie nicht an der Antragstellung beteiligt waren, wurde das Akronym GINT gewählt.

Außerschulisches Lernen
Die Anzahl außerschulischer Lernorte wie die Schülerlaboren an Universitäten, Unternehmen oder den Science Centern, Wissenschaftsmuseen, Erfinderclubs hat in den letzten 15 Jahren erheblich zugenommen. Sie richten sich mit dem „Haus der kleinen Forscher“ z. T. an ganz junge Kinder oder mit Angeboten zur Biotechnologie an Oberstufenschüler/innen. Vertreten und dokumentiert wird ein großer Teil der Schülerlabore durch den Verein „Lernort Labor e.V.“ (Dänhardt et al. 2010; Schülerlabor-Atlas Lernort Labor; 2015). Die

durchaus ganz unterschiedlich ausgerichteten Angebote sollen Motivation und Interesse fördern und dazu anregen, sich mit Natur, Gesellschaft, Technik und Wissenschaften auseinanderzusetzen (Hobbensiefken, 2010). Sie sollen einen ungezwungenen Zugang zu Phänomenen liefern, diese Phänomene dabei entweder verständlich erklären oder absichtlich nicht erklären (vgl. Konzept der Phänomenta Flensburg), sie sollen zudem oft Forschendes Lernen/Inquiry Learning (Hmelo-Silver, Duncan, & Chinn, 2006) unterstützen.

Gründe für das Aufkommen informeller GINT-Lernangebote
Es wird diskutiert, dass außerschulische Lernorte einige Lücken schulischer Angebote schließen und traditionellen Unterricht um wichtige Elemente ergänzen können (Euler, 2005). Gesellschaftliche, wissenschaftliche und technologische Veränderungen der letzten 25 Jahre haben sich demnach nur geringfügig in einem veränderten Angebot der Schule abgebildet oder wenn doch, dann in Zusatzangeboten, die eher randständiger Natur sind (AGs, Nachmittagsangebote). Andere Erklärungen zielen darauf, dass die Vermittlung von Wissen schon heute und vermehrt noch in Zukunft neben der Schule andere Kanäle sucht und findet. In einer vielgestaltigen Mediengesellschaft, die neues Wissen in kurzer Zeit produziert, übernimmt das Schulsystem zwar weiterhin eine wichtige Rolle beim Wissensaufbau und bei der Bildung, aber parallele Angebote, die insbesondere auf ein Lebenslanges Lernen und auf Individualisierung und Differenzierung abzielen, gewinnen an Bedeutung.

Charakteristika und Modellierung von außerschulischen GINT-Lernprozessen
Die Hoffnung, die mit den konstruierten außerschulischen Lernumgebungen verbunden ist, besteht darin, dass Kinder und Jugendliche hier freier, selbstbestimmter, effektiver, realitätsnäher und mithin authentischer, phänomenorientierter, anwendungsorientierter, kontextorientierter und nachhaltiger lernen als in der Schule und zwar entsprechend dem eigenen Interesse (vgl. Hobbensiefken 2010); insbesondere freie Experimentiersituationen sollen diese Charakteristika aufweisen (vgl. Börlin 2012). Inwiefern und welche Lernprozesse an außerschulischen GINT-Lernorten tatsächlich ablaufen, ist empirisch wenig untersucht. Lernen findet zwar gewollt oder ungewollt immer dann statt, wenn man sich einer neuen Situation aussetzt; doch welcher Art die Lernprozesse in diesen „konstruierten“ Lernumgebungen sind, inwiefern sie mit den intendierten Lernprozessen der Anbieter übereinstimmen, ist noch zu wenig erforscht (Clausen, 2015; vgl. auch Schmidt et al., 2011; Di Fuccia et al., 2005).

Dass eine gewisse Interesse- und Motivationssteigerung mit dem Besuch insbesondere von Schülerlaboren verbunden ist, konnten Engeln (2004), Scharfenberg (2005), Glowinski (2007), Guderian (2007) und Pawek (2010) zeigen. Ob weitere Ziele speziell im Bereich des fachlichen Lernens erreicht werden, ob Lernprozesse ablaufen, die eine andere Struktur aufweisen als schulische Lernprozesse, und inwieweit diese Prozesse mit dem Model des Inquiry based Learning (Wolf & Fraser, 2008; vgl. www.ceebl.manchester.ac.uk/ebl/) beschrieben werden können, bleibt in diesen Studien offen (Kirschner et al., 2006).

Informelles Lernen
Der Begriff des informellen Lernens ist zumindest in Deutschland noch wenig etabliert (BMBF, 2001), wenngleich er international relativ hohen Stellenwert genießt (BMBF, 2001, 2005), indem z.B. die OECD ein Projekt „Recognition of non-formal and informal learning“ betreibt (Cross, 2007; OECD, 2013). Informelles Lernen beschreibt in den meisten Fällen weniger die Strukturiertheit der Lernprozesse selbst, sondern das Maß der Strukturiertheit der Lernumgebung. Dies erklärt sich dadurch, dass sowohl unter einem konstruktivistischen Lernparadigma (Gerstenmeier & Mandl, 1995), bei dem Lernprozesse höchst individualisiert ablaufen (dabei aber nicht beliebig), als auch unter einem instruktionalen Paradigma ein

enger Zusammenhang zwischen der Struktur der Lernumgebung und den mit hoher Wahrscheinlichkeit durch sie ablaufenden Lernprozessen besteht. Eine Hypothese, die oft unausgesprochen mit informellem Lernen verbunden ist, besagt, dass informelles Lernen selbstbestimmt, variantenreich und damit differenzierbar, frei von Leistungsdruck und authentisch sowie durch nur wenige Zielvorgaben geprägt ist (vgl. BMBF, 2001; Tully, 2006; Zürcher, 2007; Cross, 2007). Ob sich die genannten Merkmale aber tatsächlich wiederfinden lassen und wie sich die intendierten Lernprozesse empirisch beschreiben lassen, wird im Promotionsprogramm GINT untersucht.

Forschungsfragen und Postersymposium

Diese Überlegungen leiten zu einer Reihe von Fragen, die in den Postern des Symposiums aufgegriffen und bearbeitet werden.

- *Charakterisierung der Lernorte:* Wie sind außerschulische Lernorte unter lerntheoretischem Blickwinkel zu charakterisieren? D.h. welche Lernprozesse können dort potentiell und tatsächlich vor dem Hintergrund von Basismodellen des Lernens wie Lernen aus Eigenerfahrung, Konzeptlernen, Problemlösen, Forschendes Lernen/Inquiry Learning ablaufen?
- *Lernvoraussetzungen:* Welche Voraussetzungen (Interessen, Wissen, Motive, Erfahrungen) der Schüler/innen haben einen bedeutenden Einfluss auf ihre Lernprozesse an außerschulischen Lernorten?
- *Motivation und Lernen:* Wie ist das Verhältnis von Interesse- und Motivationssteigerung zu inhaltlichen Lernprozessen vor dem Hintergrund der intendierten Ziele der außerschulischen Lernorte zu bewerten? Inwiefern wird langfristiges Lernen, das nicht zu trägem Wissen führt, unterstützt? Wie nehmen Schüler/innen ihren Aufenthalt am außerschulischen Lernort wahr? Wie beurteilen Sie die Umgebung, Ausstattung und das Personal? Wie wirken ihre dortigen Handlungen auf sie zurück?
- *Bildung für Nachhaltigkeit:* Inwiefern wird an den außerschulischen MINT-Lernorten für Fragen der nachhaltigen Entwicklung sensibilisiert? Inwiefern können die konkreten Lernangebote (z.B. aus dem Bereichen Energie, Küstenschutz, Dynamik des Wattenmeeres, Vogelzug, Regionalentwicklung) zur Sensibilisierung beitragen?
- *Instrumente:* Welche Instrumente sind geeignet, Prozesse informellen Lernens aufzuklären? Wie sind die Lernprozesse zu diagnostizieren?
- *Entwicklung außerschulischer Lernorte:* Inwiefern können differenzierte Lernumgebungen gestaltet werden, die Heterogenität nach verschiedenen Merkmalen wie Leistung, Vorerfahrung, Interesse, Geschlecht, ethnisch-kultureller Hintergrund etc. berücksichtigen?
- *Außerschulische und schulische Lernprozesse*: Wie lassen sich Erkenntnisse über außerschulische Lernprozesse nutzen, um MINT-Schulunterricht zu verbessern? Wie sind Phasen informellen Lernens in den Schulunterricht effektiv und effizient einzubetten (vgl. Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011)? Welche Beziehung nimmt die Schule in Bezug auf außerschulische Lernorte ein? Entwickelt sich eine Lernortkooperation?

Fazit

Das Programm GINT setzt an Fragestellungen an, die die Didaktiken in den nächsten Jahren vermehrt beschäftigen werden, nämlich welche Prozesse nichtschulischer Bildung sich in einer sich weiter differenzierenden, an digitalen Medien orientierten Wissensgesellschaft entwickeln werden, wie man deren Qualität beurteilen und steigern kann und wie sich schulische und nicht-schulische Bildungsangebote forschungsbasiert sinnstiftend verknüpfen lassen. Die Forschungsarbeiten im Postersymposium setzen an diesen Fragen an.

Literatur

BMBF (Hrsg.) (2001). Informelles Lernen – Die internationale Erschließung einer bisher vernachlässigten Grundform menschlichen Lernens für das lebenslange Lernen aller. Bonn: BMBF.

BMBF (Hrsg.) (2005). Stand der Anerkennung non-formalen und informellen Lernens in Deutschland im Rahmen der OECD Aktivität „Recognition of non-formal and informal Learning". Bonn: BMBF.

Börlin, J. (2012). Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seines Vergleichs. Berlin: Logos.

Clausen, S. (2015). Systemdenken in der außerschulischen Umweltbildung – eine Feldstudie. Münster Waxmann.

Cross, J. (2007). Informal Learning. Rediscovering the natural pathway that inspire innovation and performance. San Francisco: Pfeiffer.

Dähnhardt, D., Haupt, O. & Pawek, C. (2010). Kursbuch 2010 – Schülerlabore in Deutschland. Marburg: tectum.

Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2005). Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung. In: D. Höttecke (Hrsg.). GDCP-Tagungsband 2004, Münster: Lit., 220-223.

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos.

Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 16 (90), 4-12.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. Zeitschrift für Pädagogik 41, 6, 867-888.

Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Kiel: Universität Kiel.

Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte – Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Berlin: Humboldt-Universität.

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2006). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). Educational Psychologist, 42(2), 99-107

Hobbensiefken, G. (2010). Analyse von physikorientierten Konzepten für außerschulische Lernorte. Bachelor-Arbeit. Oldenburg: Universität.

Huber, S. G. (Hrsg.) (2014). Kooperative Bildungslandschaften – Netzwerke(n) im und mit System. Neuwied: Carl Link.

Lernort Labor (2015). Schülerlabor-Atlas 2015. Stuttgart: Klett MINT.

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. Educational Psychologist, 41, 75–86.

OECD (2013). Recognising Non-Formal and Informal Learning: Outcomes, Policies and Practices. New York: OECD-Press.

Pawek, C. (2010). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation. Kiel: Universität.

Scharfenberg, F.-J. (2005). Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. Dissertation, Bayreuth: Universität.

Schmidt, I., Di Fuccia, D. S. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte – Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht 64 (6), 362-369.

Tully, C. J. (Hrsg.) (2006). Lernen in flexiblen Welten: Wie sich das Lernen der Jugend verändert. Weinheim: Juventa

Wolf, S. J. & Fraser, B. J. (2008). Learning environments, attitudes, and achievement of middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. Research in Science Education 38, 321-341.

Zürcher, R. (2007). Informelles Lernen und der Erwerb von Kompetenzen: Theoretische, didaktische und politische Aspekte. Materialien zur Erwachsenenbildung, Nr. 2. Wien: BUKK.

Annika Roskam Universität Oldenburg
Kai Bliesmer
Michael Komorek

Phänomenologisches und analoges lernen in Nationalparkhäusern

Forschungsbedarf

Die Küste, das Wattenmeer und der Ozean sind wichtige Lebensräume und stellen auch einen globalen Wirtschaftsraum dar. Klimaveränderungen und Umwelteinflüsse wirken sich hier sensibel aus (Davidson-Arnott, 2010). In Bildungseinrichtungen des Nationalparks Wattenmeer wird dies im Rahmen von Ausstellungen thematisiert, um eine *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung* zu realisieren. (Geo-)physikalische Aspekte sind in den Bildungsangeboten der Nationalparkhäuser aber oft unterrepräsentiert, obwohl erst zusammen mit ihnen systemische Sichtweisen und die komplexe Dynamik in der Küsten- und Meeresregion deutlich werden können. Studien zeigen, dass die Bildungseinrichtungen (geo-)physikalische Aspekte zwar als sinnvoll und notwendig erachten, ihnen aber meist die Zugänge fehlen oder sie die physikalische Sicht für nicht umsetzbar halten (Bliesmer, 2016; Roskam, 2016). Somit fehlen zum einen fachdidaktische begründete und didaktisch rekonstruierte Ausstellungskonzepte und -exponate (s. Beitrag von Bliesmer in diesem Band), die Besuchern von Ausstellungen die physikalische Perspektive mit Bezug zu weiteren Perspektiven nahebringen. Und es fehlen empirische Studien zu den Denk-, Entschlüsselungs- und Lernprozessen von Besuchern in der Auseinandersetzung mit Exponaten in Ausstellungen.

Theoretischer Hintergrund

Traditionell stehen bei der Konzeption von Ausstellungen gestalterische und ästhetische Prinzipien im Vordergrund; und es geht um Fragen, wie ein Besucher durch die Ausstellung geleitet werden kann. Allerdings gibt es Ansätze in der Ausstellungsdidaktik, das Lernen in Ausstellungen als Veränderungen von Vorstellungen zu interpretieren (vgl. Matusov/Rogoff, 1995), so dass (kognitive) Prozesse und ihre Untersuchung zu einem Forschungsfeld geworden sind. In der vorliegenden Studie sollen die Denk- und Lernprozesse von Besuchern zu einem selbst entworfenen Ausstellungskonzept und entsprechenden Exponaten zum Themenfeld der Strömungen an der Küste und im Wattenmeer untersucht werden. Epistemologisch liegt der Studie eine (sozial-)konstruktivistische Sicht auf fachliches Lernen zugrunde (Möller, 2007; Gerstenmeier & Mandl, 1995), wonach Lernen als aktiver Konstruktionsprozess des beteiligten Individuums in der sozialen Situation verstanden wird. Diese Sicht beschreibt Basismodelle des Lernens wie Konzeptlernen (Duit & Treagust, 2003), Lernen aus Eigenerfahrung oder Problemlösen in konsistenter Weise. Ansätze zum design-based research (Design-Based Research-Collective, 2003) bzw. zur fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Hussmann et al., 2013) bilden die forschungsmethodische Basis.

Fachdidaktischer Entwicklungszirkel

Die Studie wird von der DBU gefördert, um physikalischer Aspekte von Küste, Watt und Ozean in bestehende oder neue Ausstellungskonzeptionen zu integrieren. Als Promotionsprojekt ist diese Arbeit Teil des Promotionsprogramms GINT, das außerschulisches Lernen in den MINT-Disziplinen untersucht. Konkret wurde eine Ausstellung mit fünf Exponaten zum Thema der Strömungen in verschiedenen Größenordnungen entwickelt und für einen Zeitraum von zwei Monaten im Nationalparkhaus Dangast der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Der Titel der Ausstellung war „Ursache – Strömung – Wirkung“. Die Phänomene in der Ausstellung waren der Tsunami (Größenordnung 1000-4000 km), der Golfstrom (2000-4000 km), die Gezeitenwelle in der Nordsee (10-1000 km), die Entstehung von Dünen (1-100 km) und die Entstehung von Rippestrukturen im Wattboden (1cm-1km).

Im design-based research-Zyklus (Abb. 1) sind eine Reihe von Akteuren beteiligt und es sind zahlreiche Entwicklungsaufgaben und empirische Fragestellungen zu bearbeiten. Die Sichtweisen der Ausstellungsanbieter und die Prozesse auf Besucherseite sind in Einklang zu bringen. In einem iterativen Prozess werden zunächst die Ziele der geplanten Ausstellung definiert und eine didaktische Strukturierung (vgl. Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012) von Lernprozessen am Exponat und in der Ausstellung durchgeführt. Es folgt die Entwicklung und Realisation von Exponaten. Sobald die Ausstellung besucht werden kann, werden Besucher beobachtet und befragt. Domänenspezifische Theorien (vgl. den Begriff der lokalen Theorie bei Hussmann et al., 2013) werden auf Grundlage der empirischen Ergebnisse formuliert. Der Zyklus schließt sich, wenn das Ausstellungskonzept und die Exponate durch die empirischen Daten weiterentwickelt werden können. Dieser Prozess ist im Rahmen der Ausstellung „Ursache – Strömung – Wirkung“ durchlaufen worden.

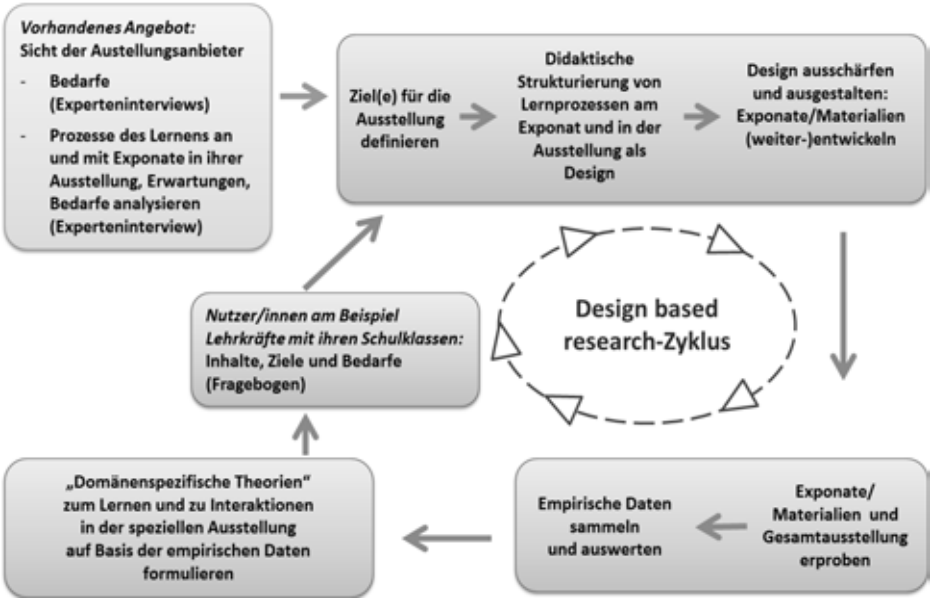


Abb. 1: Entwicklungszyklus für die Ausstellung „Ursache-Strömungen-Wirkungen“

Entwicklung von Exponaten

Phase I: Die Exponate in unserer Ausstellung sollen jeweils für sich genommen eine Lernaufgabe darstellen (vgl. Abb. 2). Im ersten Schritt soll das Exponat, das an einer Station der Ausstellung anzufinden ist, ein Phänomen produzieren, einen Vorgang, der ohne Erklärungswissen wahrgenommen, untersucht, manipuliert werden soll. Der unmittelbare Zugang mit seinen ästhetischen Reizen soll in dieser ersten Begegnung mit dem Exponat als sinnliche und körperliche Erfahrung im Vordergrund stehen. Der Besucher hat die Möglichkeit, seine eigenen Erfahrungen mit dem Phänomen zu machen, als Hilfe steht hier ein „Beobachtungsauftrag“ bereit.

Phase II: Durch Lernmaterialien an der Station wird die physikalische Perspektive angeboten, so dass der Besucher differenziert, je nach Vorwissen, Erklärungswissen aufbauen kann.

Phase III: Ebenfalls durch das Lernmaterial wird der Besucher nun unterstützt, Analogiebeziehungen (vgl. Duit, 1991) zwischen dem Exponat und dem geophysikalischen System, für das es steht, herzustellen. Dazu wird die Bildung eines mentalen Modells des geophysikalischen Systems provoziert. Es gibt hier jeweils einen „Modellbildungsauftrag“.

Phase IV: Im Vergleich aller fünf Exponate soll der Besucher an Gemeinsamkeiten zwischen den Exponaten erkennen, dass es in allen Fällen um den Zusammenhang von Ursachen, die auf Strömungen führen, und Strömungen, die bestimmte Wirkungen haben, geht. Jedes Exponat soll als Repräsentant dieses übergreifenden Prinzips gesehen werden.

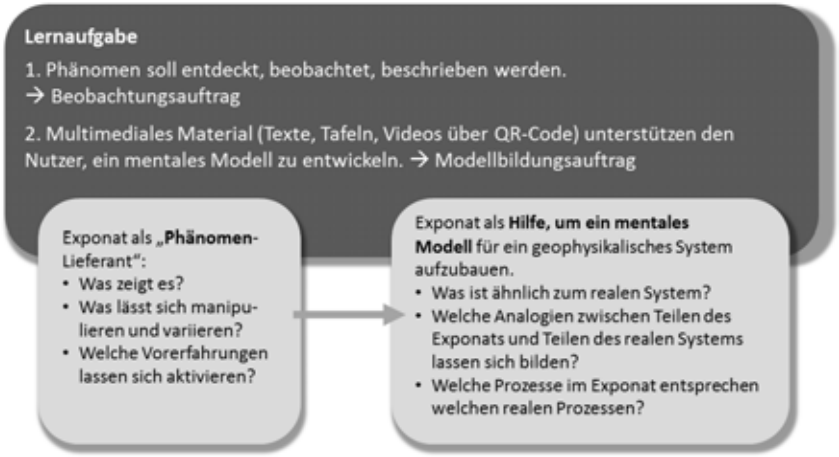


Abb. 2: Lernkonzept hinter den Exponaten

Empirische Erhebung

Inwiefern die in den Phasen I-IV geplanten Handlungen und kognitiven Prozesse in der gewünschten Weise ablaufen, wird in einer empirischen Studie untersucht. Hierbei werden Interviews und Beobachtungsraster genutzt. Die Studie umfasst vier Anteile:

1. 1. Juni-Juli 2017: In einer Feldstudie im Nationalparkhaus Dangast werden Besucher bei der Nutzung der Exponate beobachtet und teilweise während der direkten Interaktion mit den Exponaten befragt. Auch wurden strukturierte Interviews nach dem Begehen der Ausstellung mit Besuchern geführt.
2. Sep.-Nov. 2017: In einer Laborstudie werden mit der unveränderten Ausstellung teaching experiments durchgeführt, die bis zu drei Stunden dauern und bei denen sich die Besucher intensiver als im Nationalparkhaus mit den Exponaten und dem Ausstellungskonzept auseinandersetzen.
3. Dez.-Feb.2018: Auf Basis der gewonnen Daten und im Sinne des in Abb. 1 beschriebenen Zyklus‘ werden das Ausstellungskonzept und die Exponate überarbeitet. Erneut werden teaching experiments im Labor durchgeführt, um die ablaufenden Handlungen und kognitiven Prozesse zu modellieren.
4. März-Apr. 2018: Abschließend wird die Ausstellung wiederum in einem Nationalparkhaus unter Realbedingungen erprobt und es werden parallel zu Schritt 1 Daten erhoben.

Schluss

Die Erfahrungen mit der erstellten Ausstellung zeigen, dass die Erwartungen von Besuchern, was eine Ausstellung leisten kann, noch weit von unseren Zielen abweichen. Die Exponate werden durch die Besuchertypen sehr unterschiedlich genutzt; sich an Exponate heranzutrauen, etwas zu verändern, gehört nicht zu den Vorstellungen, was in einer Ausstellung zu tun ist. Hier ist noch weitere didaktische Entwicklung zu leisten, um den Zugang zu einer interaktiven Ausstellung zu erleichtern und auch um die „Haltekraft“ an den Exponaten zu erhöhen. Wer sich allerdings auf die Exponate und das Lernmaterial einlässt, ist durch die hohe Interaktivität positiv eingenommen. Erste Auswertungen zeigen, dass das Konzept der Ausstellung weitgehend aufgeht.

Literatur

Bliesmer, K. (2016). Fachdidaktische Analyse der Bildungsangebote deutscher Meeresforschungsinstitute. Oldenburg: Universität Oldenburg.

Davidson-Arnott, R. (2010). Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Cambridge: University Press.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, 32(1), 5-8.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. In: Science Education 75 (6), S. 649-672.

Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful frame-work for improving science teaching and learning. IJSE, 25(6), 671-688.

Duit, R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and Learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective (S. 13-37). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. Zeitschrift für Pädagogik 41(6), 867-888.

Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme (S. 25-42). Münster: Waxmann.

Matusov, E.; Rogoff, B. (1995). Evidence of Development from People's Participation in Communities of Learners. In: J. H. Falk und L. D. Dierking (Hg.): Public institutions for personal learning: Establishing a research agenda. Washington D.C.: American Association of Museums, S. 97–104.

Möller, R. (2007). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In J. Kahlert et al. (Hrsg.). Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 258-266.

Roskam, A. (2016). Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-)physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste. Oldenburg: Universität Oldenburg.

Christin Marie Sajons[1]
Dirk Stiefs[2]
Michael Komorek[1]

[1]Universität Oldenburg
[2]DLR_School_LAB Bremen

Zielstrukturen, Charakteristika und Abläufe in Schülerlaboren

Forschungsbedarf

Die Schülerlaborforschung konzentrierte sich bislang vor allem darauf, die Entwicklung von Interessen durch den Besuch von Schülerlaboren zu untersuchen (Engeln, 2004; Scharfenberg, 2005; Glowinski, 2007; Guderian, 2007). Denk- und Lernprozesse (Pawek, 2009; Weßnigk, 2012) und das komplexe Gefüge der Nutzungsprozesse in Schülerlaboren sind bislang wenig untersucht worden. Hierin besteht aber ein großer Bedarf, weil Angebote außerschulischer Lernorte vielfach den naturwissenschaftlichen Unterricht ergänzen (Braund & Reiss, 2007; Tal, 2012; Rohs, 2016; Harring et. al., 2016). Eine besondere Rolle spielen dabei Schülerlabore, weil sie aufgrund ihrer Experimentierangebote einerseits vergleichbar mit Schulsituationen sind. Anderseits verspricht gerade ihre Andersartigkeit ein informelles Arbeiten (Stocklmayer, Rennie & Gilbert, 2010), eine hohe Eigenaktivität und einen Beitrag zur Scientific Literacy (Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011; Weßnigk, 2012; Haupt et al., 2013). Der Forschungsbedarf besteht bzgl. der komplexen Angebots-Nutzungs-Dynamik in MINT-Schülerlaboren, zu deren Modellierung die Perspektiven der Lernorte, die der Besucher und die Charakteristika der Schülerlaborangebote systematisch aufeinander bezogen werden müssen. Hier setzen Studien wie diese des Promotionsprogramms GINT an.

Forschungsfragen

In der hier vorgestellten Studie werden drei Forschungsfragen bearbeitet (Details dazu im Beitrag von Sajons & Komorek in diesem Band); Schwerpunkt in diesem Beitrag ist die Charakterisierung von Angeboten im Schülerlabor (Frage 3).

1) Welche Denk- und Lernprozesse der Schüler/innen oder allgemein Besucher finden auf der Handlungsebene und auf kognitiver Ebene statt? Wie nutzen die Schüler/innen die Angebote? Welche Merkmale der Angebote initiieren, fördern oder hemmen das Lernen?
2) Welche Ziele verfolgen Schülerlabore und worin sehen sie ihre Potentiale? Welche Vorstellungen bestehen bei den Betreibern davon, wie die Angebote wirken?
3) Wie lassen sich die Schülerlabore und ihre Angebote in Bezug auf aktuell als lernrelevant diskutierte Konstrukte charakterisieren? Welche Profile ergeben sich für die betrachteten Schülerlabore?

Theoretische Basis

Epistemologisch liegt der Studie eine (sozial-)konstruktivistische Sicht auf fachliches Lernen zugrunde (Gerstenmeier & Mandl, 1995), wonach Lernen als aktiver Konstruktionsprozess des beteiligten Individuums in der sozialen Situation verstanden wird. Um die komplexen Prozesse des Angebots in Schülerlaboren und der Nutzung dieser Angebote durch die besuchenden Schüler/innen zu modellieren, wird das Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke (2009) an die Spezifika von Schülerlaboren adaptiert. Die forschungsmethodische Basis bilden Überlegungen zur fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Hussmann et al., 2013) bzw. zum design-based research (Design-Based Research-Collective, 2003).

Charakterisierung von Schülerlaborangeboten

An der Studie haben drei Schülerlabore teilgenommen, das Zentrum für Natur und Technik in Aurich, der außerschulische Lernort Technik und Natur in Wilhelmshaven und das

DLR_School_Lab in Bremen. Für die Analyse der Angebotsstruktur ist ein Charakterisierungsraster entwickelt worden. Es umfasst elf pädagogisch-didaktische Konstrukte, die eine Relevanz für die Entwicklung von Interessen (Glowinski, 2007) und für fachliches Lernen haben. Die elf Facetten, die unten vorgestellt werden, differenzieren das Begriffspaar *formell* und *informell* aus, denn es hat sich im Projekt gezeigt, dass dieses Begriffspaar zu grob und unpräzise ist, um Lernorte und ihre Angebote zu charakterisieren. In der vorliegenden Studie ist an jedem der drei Lernorte durch mehrere Rater ein Profil der Angebote entstanden.

Facetten der Lernvoraussetzungen

a) Einbezug von Vorwissen. Mit dieser Facette ist gemeint, inwieweit die Angebote im Schülerlabor auf Vorwissen der Schüler/innen aufbauen bzw. es explizit einbeziehen. So hätte ein Angebot, das unabhängig vom Vorwissen der Schüler/innen bestimmte Phasen durchläuft, einen eher formellen Charakter, weil es nicht flexibel auf tatsächlich auftretende Vorstellungen oder Schülerwissen reagiert.

b) Umgang mit Heterogenität. Hier stellt sich die Frage, inwiefern das Lernangebot auf Heterogenität bzw. individuelle Voraussetzungen eingestellt ist, diese entweder ausblendet oder aber aktiv darauf reagiert und ggf. sogar die Unterschiedlichkeit der Voraussetzungen als Potential für die geplanten Aktivitäten nutzt (vgl. Vock & Gronostaj, 2017).

Facetten der Ziele und Inhalte des Lernangebots

c) Facette Zielgerichtetheit. Mit dieser Facette ist gemeint, inwiefern eine Aktivität im Schülerlabor auf ein bestimmtes, für die Schüler/innen erkennbares Ziel hinausläuft oder eine Zieloffenheit besteht (vgl. Meyer, 2016). Beispielsweise kann eine Aufgabenstellung mit dem festen Ziel verbunden sein, ein bestimmtes Problem zu lösen. Oder es kann vom Angebot her gesetzt sein, ein bestimmtes Produkt herzustellen. Im Gegensatz dazu kann ein Angebot Schüler/innen dazu anregen, ihre Ziele selbst zu definieren. Wie autonom also können Schüler/innen vorgehen?

d) Facette Kontextorientierung. Mit dieser Facette ist gemeint, ob Kontexte im Schülerlabor-Angebot eine strukturgebende Rolle spielen oder das Angebot fachorientiert ist und Kontexte (lediglich) als Beispiele eingesetzt werden. Beispielsweise kann ein Angebot so strukturiert sein, dass Probleme und Aufgabenstellungen durch den Kontext definiert werden (ggf. ein Schüsselproblem wie Klimaänderung, Energieversorgung, …) (Nawrath & Komorek, 2013).

e) Facette Mehrperspektivität. Mit dieser Facette ist gemeint, inwieweit Angebote eines Schülerlabors Themenfelder nur aus einer fachlichen Perspektive heraus betrachten oder ob Disziplingrenzen überschritten und unterschiedliche Perspektiven aufgegriffen werden. Wird eine disziplin- oder schulfachbezogene Perspektive eingenommen, so wäre von einer eher formellen Ausprägung des Angebotes auszugehen.

f) Facette Produktorientierung. Mit dieser Facette ist gemeint, ob Schüler/innen im Schülerlabor ein Produkt, z.B. ein Fahrzeug oder ein Windrad, herstellen. Beispielsweise kann es sein, dass an einem Produkt an mehreren Stationen weitergearbeitet wird; dem Produkt wäre dann eine „globale“ Bedeutung zuzuschreiben. Im Gegensatz dazu kann das Produkt auch eine lokale Bedeutung haben, wenn es nur an einer einzigen Station angefertigt oder genutzt wird, ohne erneut aufgegriffen zu werden.

g) Facette Ausrichtung an Kerncurricula. Mit dieser Facette ist gemeint, ob das Angebot thematisch oder kompetenzorientiert an das Kerncurriculum angebunden ist. Beispielsweise können Kompetenzen, die laut Kerncurriculum in einer bestimmten Jahrgangsstufe beherrscht werden sollen, im betrachteten Lernangebot unterstützt werden.

Facetten der Motivation und Aktivität

h) Facette Fremdsteuerung (Geschlossenheit) vs. Selbststeuerung (Offenheit). Mit dieser Facette ist gemeint, ob Aktivitäten im Schülerlabor die Schüler/innen in die Lage versetzen,

selbst über das Vorgehen zu entscheiden, also Entscheidungsspielräume bzgl. Ziele, Verfahren, Produkte, Kontexte etc. gegeben sind (eher informell) oder ob diese Entscheidungen durch die Betreuenden bzw. die Struktur des Angebots und der Arbeitsmaterialien vorgegeben und damit fremdgesteuert sind (eher formell) (vgl. Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, 2016).
i) Facette Modi der Interaktion. Mit dieser Facette ist gemeint, inwiefern ein Angebot explizit auf Interaktivität der Schüler/innen setzt und sie darin unterstützt zu interagieren, z.B. beim Experimentieren oder beim Konstruieren. Unterschiedliche Herangehensweisen der Förderung von Interaktivität lassen sich gegenüberstellen.
j) Facette Unterstützung der Wahrnehmung von Selbstwirksamkeit und Autonomie. Diese Facette beschreibt, inwieweit sich Schüler/innen beim Durchlaufen des Angebots als fähig und wirksam wahrnehmen (können) (vgl. Bandura, 1977; Deci & Ryan, 2000, 2008). So nehmen sich Schüler/innen dann als wirksam wahr, wenn sie eine Aufgabe selbst lösen können oder wenn sie merken, dass sie Wissen aufbauen, das sie auf andere Situationen und Probleme anwenden können. Hier spielt also die Wahrnehmung eigener Fähigkeit und der Eigenständigkeit (Autonomie) die zentrale Rolle.
k) Facette Rolle des Schülerlabor-Personals und der Lehrkräfte. Hier ist gemeint, welche Funktion die Mitarbeiter des Schülerlabors und auch die Lehrkräfte bei der Unterstützung der Denk- und Lernprozesse der Schüler/innen haben. Beispielsweise können sie die Denk- und Lernprozesse der Schüler/innen engführen (eher formell) oder individuelle, nicht vorhersehbare Ideen und Prozesse der Schüler/innen aktiv unterstützen (eher informell).

Erfahrungen mit dem Einsatz des Rasters und Fazit
Um die Facetten für den Prozess der Analyse zu operationalisieren, wurde ein Beobachtungsbogen entwickelt, der einem Rater die Facetten vergegenwärtigt. Dazu werden die Pole der möglichen Ausprägungen der Facette skizziert und Leitfragen zu jeder Facette formuliert. Auf dem Bogen ist dann Platz für Eintragungen. Als Beispiel seien hier die beiden Pole und die Leitfragen zur Facette der Produktorientierung genannt:

- *Pol: Nachbauen & lokale Bedeutung:* Vorgegebenes Produkt wird 1:1 nachgebaut – die Gestaltung des Produkts innerhalb einer Phase spielt keine Rolle für spätere Phasen des Angebots (lokale Bedeutung).
- *Pol: Einfluss der Schüler/innen & globale Bedeutung:* Die Schüler/innen haben Einfluss auf Gestaltung des Produkts und dieses wird über mehrere Stationen weiterentwickelt.
- *Leitfragen:* Inwiefern wird im Angebot auf ein Produkt hingearbeitet? Inwiefern wirkt die Produktorientierung auf Interesse und Motivation an den Aufgabenstellungen?

Der Einsatz des Rasters findet während des Betriebs des Schülerlabors statt. Das Angebot wird dabei aus einer dritten, neutralen Perspektive heraus analysiert. Die Fokussierung der Beobachtung auf einzelne Facetten ist in der komplexen Situation des Schülerlabors von großem Nutzen, denn der Rater hat nun einen Interpretationsrahmen für die Wahrnehmung der Geschehnisse. Durch die Leitfragen und die Darstellung der Pole je Facette kann die Beobachtung auf bestimmte Handlungen, Strukturen, Merkmale des Angebots gelenkt werden. Zu jeder Leitfrage werden Beobachtungen, kurze Beschreibungen der Situation oder auch besondere Aussagen von Betreuern oder Schüler/innen notiert, die für die Beantwortung der Leitfrage von Bedeutung sind.

Mit den hier vorgestellten Charakterisierungsfacetten kann die Struktur komplexer Schülerlaborangebote modelliert werden. Eine grobe Einordnung in formelle und informelle Lernangebote wird abgelöst durch ein System von Facetten aus der Schulforschung, die auf den Kontext des außerschulischen Lernens übertragen werden. Die Ergebnisse der Charakterisierung haben in der vorliegenden Studie wesentlich dazu beigetragen, die Angebote der drei beteiligten Lernorte begründet und auf einzelne Facetten bezogen weiterzuentwickeln.

Literatur

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. Psychological Review, 84, 191-215.

Braund, M. & Reiss, M. (2007). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. International Journal of Science Education 28(12), 1373-1388.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry, 11, 227-268.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2008). Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. Canadian Psychology/Psychologie canadienne, 49(3), 182-185.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, 32(1), 5-8.

Deutsches Institut für Erwachsenenbildung (2016). Selbstgesteuertes lernen. www.die-bonn.de/wb/2016-selbstgesteuertes-lernen-01.pdf (Zugriff vom 14.10.2017)

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. Zeitschrift für Pädagogik 41(6), 867-888.

Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Bereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Dissertation. Kiel: Universität Kiel.

Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Berlin: Humboldt-Universität.

Harring, M., Witte, M. D. & Burger, T. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen – Interdisziplinäre und internationale Perspektiven. Weinheim: Beltz

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013): Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU 66/6, 324–330 .

Helmke, A. (2015). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze: Klett.

Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen. In: M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.). Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Münster: Waxmann, 25-42.

Meyer, H. (2016). Was ist guter Unterricht. 11. Auflage. Berlin: Cornelsen

Nawrath, D. & Komorek, M (2013). Kontextorientierung aus Sicht von Physikkehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 233-257.

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel: Universität Kiel.

Rohs, M. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen. Berlin: Springer.

Scharfenberg, F. (2005). Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: Empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. Bayreuth: Universität Bayreuth.

Schmidt, I., Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte, MNU 64/6, 362-368.

Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J. & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education, Studies in Science Education, 46 (1), 1-44.

Tal, T. (2012). Out-of-School: Learning Experiences, Teaching and Students' Learning. In: B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.). Second International Handbook of Science Education. Heidelberg: Springer, 1109-1122.

Vock, M. & Gronostaj, A. (2017). Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht. Berlin: Friedrich Ebert Stiftung.

Weßnigk, S. (2012). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Kiel: Universität Kiel.

Anastasia Striligka[1] [1]Universität Oldenburg
Krystallia Halkia[2] [2]University of Athens
Dimitris Stavrou[3] [3]University of Crete

Untersuchung von Bildungsangeboten an informellen Lernorten der Meeresforschung

Einleitung und Theoretischer Hintergrund

Im zunehmenden Maße wird ein Potential in der Popularisierung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in der breiten Öffentlichkeit gesehen und entsprechende Aktivitäten werden auch erwartet. Unter den Stichworten wie *public understanding of science* oder auch *citizen science* wird die Mündigkeit von Bürger/innen angesprochen, die eine demokratische Gesellschaft benötigt. Aber auch der Unterhaltungswert von und der Genuss im Umgang mit wissenschaftlichen Themen nimmt zu. Die Vermittlung insbesondere naturwissenschaftlicher Methoden und Forschungsergebnisse wirft allerding die nicht triviale Frage auf, wie sie innerhalb der Schule, aber vor allem auch außerschulisch umgesetzt werden kann(Martin, 2004). Erkenntnisse der Meeresforschung sind für Bildungsprozesse in Schule und an außerschulischen Lernorten bislang kaum systematisch aufgearbeitet worden, obwohl alle Fragen rund um die Themen der Küste, des Meeres und der Tiefsee in Zeiten von Klimaveränderung, sich reduzierender Biodiversität und Ausbeutung der Meere hoch relevant sind. Aber auch neue Erkenntnisse über die Vielfalt im Meer und über neue Methoden, das Meer zu verstehen, sind bildungsrelevant, weil hier mittels eines anregenden Kontextes fachliches Wissen angeboten werden kann.

Zahlreiche Zentren für Meeresforschung halten in diesem Rahmen selbst Bildungsangebote bezüglich ihrer Forschung vor, um aufzuklären und auch um ihrem öffentlichen Auftrag, ihre Forschung zu erklären, nachzukommen. Die empirische Untersuchung dieser Angebote soll klären, welche Effekte sie auf das Lernen und Verstehen der Besucher haben. Ziel ist es, die Angebote zu optimieren, was aufgrund der durchgängig interdisziplinären Themenfelder herausfordert (Merilino et al., 2015). Ziel der Optimierung der Angebote ist es nicht nur, gezielt das Interesse von Schüler/innen zu wecken (DeWitt et al., 2007; Guderian, 2007; Holmes, 2011; Faria et al., 2012; Scharfenberg et al., 2014), sondern Schüler/innen sollen auch an aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse heranführen und dabei ihre fachlichen und methodischen Kompetenzen zu entwickeln helfen (Tuckey, 1992). Dadurch sollen sie technologisch und wissenschaftlich gebildete Bürger und Bürgerinnen werden (Phipps, 2010; Falk & Needham, 2011).

Forschungsfragen

Die hier vorgestellte Hauptstudie konzentriert sich dabei auf Lern- und Interaktionsprozesse von Schüler/innen bei einem Besuch in einem Meeresforschungszentrum. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt, die auf empirischen Weg untersucht werden:

- Inwiefern ist die didaktische Strukturierung der Angebote eines Zentrums für Meeresforschung (z.B. des HCMR in Athen) zum einen fachlich angemessen und zu anderen angepasst an die kognitiven Fähigkeiten der Schüler/innen?
- Welche Prozesse laufen bei den Schüler/innen ab und inwieweit werden die Ziele des betrachteten Meereszentrums und des konkreten Bildungsangebots erreicht?
- Welche Stärken der Angebote zu *Meeresökologie* und zu *Vulkane und Meeresarchäologie* sind erkennbar; welche Schwierigkeiten auf Seiten der Schüler/innen zeigen sich bei der Durchführung?

Design der Studie

Forschungsrahmen: Im Rahmen der Studie wurde mit dem Hellenic Center of Marine Research (HCMR) in Athen kooperiert. Dessen Programme *Meeresökosysteme* und *Vulkane und Meeresarchäologie* wurden evaluiert. Hauptziele dieser und anderer Bildungsangebote des HCMR sind die Vertiefung des Wissens über den Klimawandel, die Naturgefahren, die Umweltverschmutzung, die Meeresforschung allgemein, das kulturelle Erbe im Küstenbereich und fachlicher Themen mit Bezug zu den Disziplinen Chemie, Biologie, Physik und Geologie. Jedes Bildungsangebot hat eine Dauer von ca. 2 ½ Stunden und beinhaltet eine Präsentation und zwei Gruppenaktivitäten. Die Schulbesuche werden in den Einrichtungen "Triton Anavyssou" durchgeführt.

Forschungsschritte:
(1) Es wurde die für die betrachteten Inhalte relevante Forschungsliteratur analysiert und die konkreten Bildungsangebote wurden kriteriengeleitet charakterisiert. Ein Grundlage dafür waren auch offizielle Informationsmaterialien wie die Webseite des HCMR, Broschüren und andere graue Materialien.
(2) Daraufhin wurden die Forschungsfragen konkretisiert und geeignete Forschungsinstrumente wie Interviews entweder entwickelt oder adaptiert.
(3) Es wurden Interviews mit den Forscher/innen des Instituts und den pädagogisch Verantwortlichen geführt, die die konkreten Bildungsangebote entworfen hatten und betreuten. Für die Schüler/innen kamen Pre- und Post-Fragebögen zu Einsatz und bestimmtes Verhalten wurde videographiert. Auch die Lehrkräfte sollten einen Fragebogen bearbeiten.
(4) Die Auswertung wurden Methoden der Dokumentenanalyse eingesetzt. Die empirisch gewonnenen Interviewdaten wurden mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet.

Stichprobe: Insgesamt nahmen 115 Schülerinnen und Schüler aus drei Schulen teil. Von ihnen besuchten 46 Schüler/innen die dritte Klasse; sie besuchten das Bildungsangebot *Meeresökologie*. 35 Schüler/innen der vierten Klasse und 34 Schüler der fünften Klasse besuchten das Bildungsangebot *Vulkane und Meeresarchäologie*. Außerdem wurden zwölf Lehrkräfte und die Hauptverantwortliches der Bildungsangebote des HCMR interviewt.

Erhebungsinstrumente und Auswerteschwerpunkte: In dieser Studie wurde die Methode der Datentriangulation gewählt. Es wurden also Daten aus drei verschiedenen Quellen (Sichtweise und Verstehen der Schüler/innen, Einschätzungen der Lehrkräfte und Analyseergebnisse bzgl. der Bildungsangebote) erhoben und aufeinander bezogen. Es wurden Pre- und Post-Fragebögen für die Schüler/innen je nach Thematik des Besuchs und ihrer Altersgruppe entwickelt und Videos zur Analyse ihres Verhaltens bei der Nutzung der Angebote aufgenommen. Der erste Fragebogen der Schüler wurde am Anfang des Besuchs ausgefüllt und betrifft die Erwartungen, die Interessen und das Vorwissen der Schüler/innen. Der zweite Fragebogen wurde direkt nach dem Ende ihres Besuchs ausgefüllt. Mit diesem wurde untersucht, was den Schülern am meisten gefallen hat, wo sie Schwierigkeiten hatten, die Angebote zu verstehen, was sie am Lernort und am konkreten Bildungsangebot ändern würden und ob sie die von den Anbietern erhofften kognitiven Ziele erreichen konnten.

Der Fragebogen für die begleitenden Lehrkräfte basierte auf Ideen von Cox-Peterson et al. (2003) und Griffin et al. (1997). Es wurde mit offenen Fragen untersucht, wie sie die Bildungsangebote dieses Zentrums ausgewählt haben, wie sie den Besuch unter verschiedenen Kriterien bewerteten, wie sie den Besuch im Schulunterricht eingebettet hatten oder es noch wollen und ob sie Änderungsvorschläge für das Angebot haben. Zusätzliche wurden Interviews mit den Verantwortlichen der Bildungsangebote geführt. Sämtliche Daten wurden mittels Qualitative Inhaltsanalyse systemtisch aufeinander bezogen

Ergebnisse
Die Bildungsangebote des HCMR beziehen Vorwissen und Vorstellungen der Schüler/innen nicht explizit in ihre didaktische Strukturierung ein; es wird also nicht darauf gesetzt, dass Vorwissen genutzt werden kann, neues Wissen anzuknüpfen. Die spricht für eine systematisch Unterschätzung der Fähigkeiten der Schüler/innen durch die Bildungsverantwortlichen. Hingegen überschätzt werden die maximal 12jährignen Schüler/innen dadurch, dass die Dichte der neu eingeführten Fachwörter extrem hoch ist. Zählungen haben bis 150 neu eingeführte wissenschaftliche Begriffe pro Stunde ergeben. Insgesamt führt die didaktische Strukturierung der beiden betrachteten Angebote zu einer kognitiven Überforderung der Schüler/innen. Durch den Vergleich von pre-Test und post-Test und anhand der Ergebnisse der Schülerinterviews kann gezeigt werden, dass die kognitiven Ziele des Angebots nicht erreicht werden konnten. Ein signifikanter Wissenszuwachs konnte nicht festgestellt werden. So war eines der Ziele, Wale als Säugetiere von Fischen zu unterscheiden. Lediglich 40% der Schüler/innen waren dazu im pre-Test in der Lage; aber auch im post-Test lag der Wert in der gleichen Höhe. Die aus der Literatur gut bekannten Schülervorstellungen, wonach ein Wal als Fisch eingestuft wird (Trowbridge & Mintzes, 1988; Kubiatko & Prokop, 2007) werden hier bestätigt. Ein anderes Beispiel liegt im Bereich der Vulkanologie. So ist es das Ziel des Angebots zu erklären, wodurch und wie Vulkane entstehen. Im pre-Test ist das entsprechende Wissen wie erwartet gering; aber auch im post-Test können nur 50% der befragten Schüler/innen erklären, welche Mechanismen zu Vulkanaktivitäten der Erde führen.

Obwohl es deutlich geworden ist, dass die didaktische Strukturierung die kognitiven Fähigkeiten der Schüler/innen überfordert, äußern nur sehr wenige Lehrkräfte konkrete Änderungswünsche. Nur zwei von zwölf Lehrkräften wünschten sich eine geringere Fachwortdichte; die Hälfte der Lehrkräfte bezogen sich auf Details der Ausstellungen bzw. des Angebots wie die zu hohe Lautstärke während der Präsentationen; oder sie wünschten sich generell mehr Aktivitäten für die Schüler/innen, ohne konkrete Aktivitäten vorzuschlagen. Die restlichen vier Lehrkräfte sahen gar keinen Änderungsbedarf. Hier zeigt sich die Diskrepanz zwischen der empirisch festgestellten kognitiven Überforderung der Schüler/innen und dem fehlenden Bewusstsein der Lehrkräfte, dass hier ein Problem besteht.

Es zeigt sich, dass die Einschätzungen der Betreiber des Lernortes und der Lehrkräfte und die empirisch feststellbaren Probleme auf Schülerseite stark auseinandergehen (wobei die Schüler/innen die Probleme, die auftreten, nicht als Probleme des Lernortes oder des Lernangebotes benennen können). Dies ist deswegen eine Unternutzung des Potentials, da doch der Lernort als Ganzes und das konkrete Lernangebot über viele Stärken verfügen, die besser eingesetzt werden könnten. Die Infrastruktur des Lernortes und die Möglichkeiten in den betrachteten Lernangeboten können viel Eigenaktivität der Schüler/innen zulassen. Und die Interessen der Schüler/innen werden tatsächlich geweckt, wie die Daten zeigen. Es entsteht somit beim Besuch eine positive Grundhaltung der Schüler/innen gegenüber dem Lernort und dem konkreten Lernangebot: 84,8% der Schüler/innen würden einem Freund/einer Freundin den Lernort und das Kursangebot weiterempfehlen. Als Gründe geben diese Befragten an, dass sie „Spaß hatten und auch etwas Neues gelernt haben“.

Fazit
Ein reichhaltiges Angebot eines Meeresforschungsinstituts, interessierte und motivierte Schüler/innen und Lehrkräfte und Anbieter mit besten Absichten kommen nicht zusammen, weil das Gespür für die kognitiven Grenzen von Laien (wie insbesondere Schüler/innen) fehlt. Dass alles gut läuft, bedeutet eben nicht, dass alle gewünschten (kognitiven) Prozesse stattfinden. Äußere Handlung und innere Lernhandlung werden zu schnell gleichgesetzt. Hier ist es wichtig, die Lernorte fachdidaktisch zu beraten, was bisher nicht passiert.

Literatur

Cox-Peterson, A. M., Marsh, D. D., Kisiel, J. & Melber L. M. (2003) . Investigation of Guided School Tours, Student Learning, and Science Reform Recommendations at a Museum of Natural History. Journal of research in science teaching, Vol. 40, 2, PP. 200–218

DeWitt, J. & Osborne, J. (2007) Supporting Teachers on Science-focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice, International Journal of Science Education, 29:6, 685-710

Falk, J. & Needham, M. D. (2011). Measuring the Impact of a science center on its community. Journal of Research in Science Teaching, 48(1), 1 – 12.

Faria, C. & Chagas, I. (2012) Investigating School- Guided Visits to an Aquarium: What Roles for Science Teachers?, International Journal of Science Education, Part B, 3:2, 159-174,

Griffin, J. & Symington, D. (1997). Moving from Task- Oriented to Learning- Oriented Strategies on School Excursions to Museums. John Wiley & Sons, Inc, Sci Ed 81:763-779

Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte - Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Humboldt-Universität zu Berlin.

Holmes J. A. (2011). Informal learning: Student achievement and motivation in science through museum-based learning. Learning Environ Res (2011) 14:263–277

Martin, M. W. L. (2004) An Emerging Research Framework for Studying Informal Learning and Schools, Wiley Periodicals, Inc, Science Education 88(Suppl. 1):S71– S82 DOI 10.1002/sce.20020

Merlino, S., Bianucci, M., Evangelista, R., Fieschi, R. & Mantovani, C. (2015) Oceanography outreach and education in informal and non-formal learning environments, OCEANS 2015 – Genova

Phipps, M. (2010) Research Trends and Findings From a Decade(1997–2007) of Research on Informal Science Education and Free-Choice Science Learning, Visitor Studies, 13:1, 3-22

Scharfenberg, F. & Bogner, F. (2014), Outreach Science Education: Evidence-Based Studies in a Gene Technology Lab. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 2014, 10(4), 329-341

Tuckey, C. (1992). Children's informal learning at an interactive science centre. International Journal of Science Education. VOL. 14, NO. 3, 273-278

Trowbridge, J. E. & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of animals and animal classification. School Science and Mathematics. Vol. 85, No. 4, pp. 304-316. DOI: 10.1002/tea.3660250704

Kubiatko, M. & Prokop, P. (2007) Pupils' misconceptions about animals. Journal of Baltic Science Education, Vol. 6, No. 1, 5–14

Chris Richter[1]
Christin Sajons[1]
Claudia Gorr[1]
Claus Michelsen[2]
Michael Komorek[1]

[1]Universität Oldenburg
[2]Syddansk Universitet

Vernetzung außerschulischer GINT-Lernorte

Bildungsregionen

Die Entwicklung von Bildungsregionen ist das erklärte Ziel der Niedersächsischen Landesregierung (2014). Dabei ist vor allem die organisatorische Verknüpfung von Schulen und außerschulischen Bildungseinrichtungen in den Landkreisen gemeint (auch mit informellen Lernangeboten, vgl. Rohs, 2016; Harring et. al., 2016). Eine Vernetzung der Lernorte, die über organisatorische Fragen hinausgeht und dabei inhaltliche Verknüpfung außerschulischer Lernorte im Bereich MINT und Geografie voranbringt, findet z.T. durch die Interessensverbände *gleichartiger* Lernorte statt, z.B. die Nationalparkverwaltung, den Verein anerkannter Umweltbildungseinrichtungen, den Verein Lernort Labor e.V. oder das Netzwerk der Schülerlabore GENAU in Brandenburg.

Komplementäre Vernetzungen in der Bildungsregion

Eine *komplementäre Vernetzung* geht über organisatorische Kontakte hinaus. Mit diesem Begriff ist gemeint, dass sich *verschiedene Typen* von Lernorten wie Museen, Schülerlabore, Umweltbildungszentren, Science Center zur gegenseitigen Ergänzung miteinander verknüpfen, was ihre Inhalte, methodischen Zugänge oder ihre generellen auch weltanschaulichen Perspektiven angeht. Komplementär kann eine Vernetzung bezogen auf gemeinsame Themen wie etwa den Küstenschutz sein. Hierzu können ein Nationalparkhaus an der Küste, ein Museum oder ein Schülerlabor sehr unterschiedliche Zugänge bieten. Im Schülerlabor können z.B. verschiedene Deichvarianten selbst gebaut und ausprobiert werden, während im Museum Sturmfluten und historische Aspekte von Deichbau und Veränderungen im Küstenraum thematisiert werden können. In einem Nationalparkhaus kann das Dilemma von Küstenschutz und Naturschutz, die oft gegeneinander stehen, angesprochen und visualisiert werden. Auch gemeinsame Bildungsziele wie die *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung* (BNE) oder generell *public understanding of science* bieten Ansätze, die unterschiedlichen Herangehensweisen der außerschulischen Lernorte zu vernetzen und dadurch gemeinsame Ziele besser zu erreichen. Ebenso bildet die Entwicklung von Kompetenzen der Besucher oder die gemeinsame Nutzung von Objekten und Produkten Ausgangspunkte komplementärer Zusammenarbeit. Komplementäre Vernetzung wird derzeit aus vielen organisatorischen Gründen heraus selten realisiert oder es wird der Mehrwert noch nicht erkannt. Dieser kann aber für alle Akteure hoch sein:

- Die Besucher der Lernorte können durch sich ergänzende Zugänge ein besseres Verständnis komplexer Themen wie Küste, Klima, Umweltschutz, Energieversorgung oder regionale Entwicklung erlangen und damit ihre Sensibilität für gesellschaftliche Konflikte und Dilemmata steigern. Auch interdisziplinäres fachliches Verstehen kann dadurch gelingen.
- Den Lernorten eröffnet sich eine effektivere Nutzung ihrer Angebote, was auch zu einer Profilierung und Ausschärfung der Angebote beitragen kann. Denn ein Ort kann sich auf bestimmte Zugänge beschränken, wenn bekannt ist, dass andere Orte etwas Ergänzendes anbieten. Auch werden damit Wege der Innovation eröffnet.
- Und in der Bildungsregion erhöht sich die Bildungsteilhabe von ansonsten Bildungsbenachteiligten. Auch wird die Flexibilität bzgl. gesellschaftlicher Herausforderungen und Schlüsselprobleme erhöht, wenn diese vernetzt thematisiert werden.

Pfade der komplementären Vernetzung
Das Gesagte führt auf differenzierte „Pfade der Vernetzung“ (Abb. 1), die eine Vielfalt von Anknüpfungen zwischen den Lernorten aufzeigen. Bei einer Fachtagung des Promotionsprograms GINT diskutierten fünfzig Vertreter/innen außerschulischer Lernorte der Region Nordwest Niedersachsen im August 2017 an der Universität Oldenburg über ihre Bedarfe und Möglichkeiten der Vernetzung. In drei Workshops wurden folgende Leitfragen diskutiert: Wie hilft die Vernetzung, die Ziele unseres Lernortes besser zu erreichen? Wie können wir durch Vernetzung die Stärken unseres Lernortes ausbauen? Wie können Materialien, Verweise und Objekte die Vernetzung realisieren?

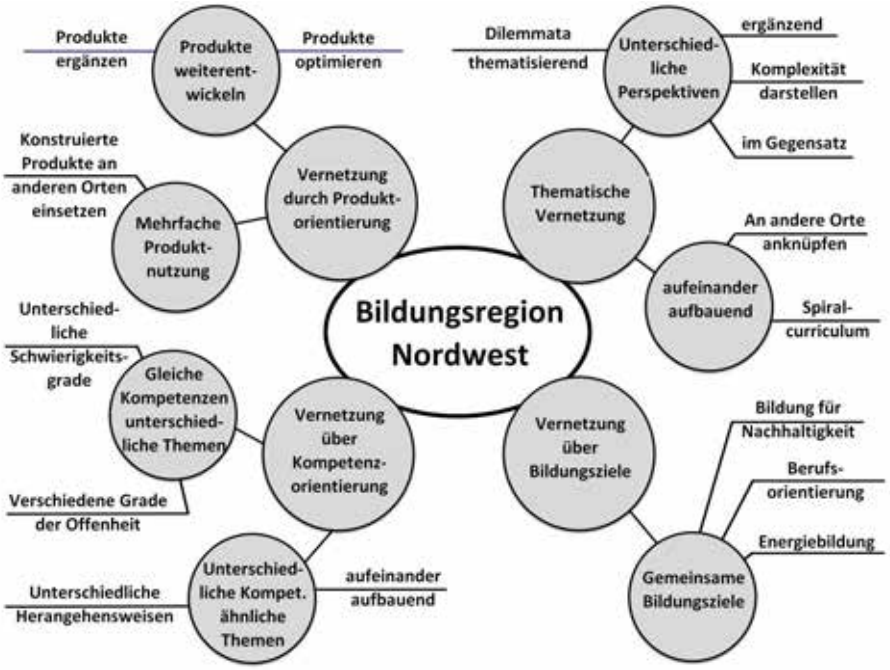


Abb. 1. Vielfältige Möglichkeiten der komplementären Vernetzung

Im Ergebnis wurde ein Bewusstsein dafür geschaffen, dass eine komplementäre Vernetzung überhaupt denkbar ist und mit einem Mehrwert verbunden sein kann. In den Workshops wurden spezifische Wege der komplementären Vernetzung für die jeweiligen Lernorte erarbeitet. Ganz konkret bildete sich eine lokale Gruppe von acht Lernorten im Raum Wilhelmshaven, die ihre Angebote aufeinander abstimmen wird. Bei den anstehenden Entwicklungen wird diese lokale Gruppe vom Promotionsprogramm GINT wissenschaftlich begleitet.

Verknüpfung von Schule, außerschulischem Lernort und Lehrerbildung
Weitere Beispiele der regionalen Vernetzungen sind in der Region Nordwest Niedersachsen zu verzeichnen. Im Projekt SchAU mit drei Schulen, zwei Nationalparkhäusern an der Nordseeküste, einer Müllverbrennungsanlage und zwei universitären Schülerlaboren (physiXS und CHEMOL) stellen Lehramtsstudierende der Fächer Physik und Chemie bereits in ihrem zweiten Fachsemester den Kontakt zu Schüler/innen her (Makrinus, 2013); und den Schüler/innen wiederum eröffnen sich bestimmte Themen an verschiedenen außerschulischen Lernorten aus unterschiedlichen Perspektiven und methodischen Zugängen. Das Projekt wurde wissenschaftlich begleitet (Schneuing, 2017).

Ablauf im Projekt SchAU

44 Studierende und 90 Schüler/innen nahmen am ersten Durchgang des Projekts teil. Die Studierenden hospitierten zunächst an einem Tag den Unterricht in der Schule, um ihre Schülergruppen jeweils kennenzulernen. An diesem Tag arbeiteten sie bereits mit Kleingruppen von Schüler/innen bestimmte Aufgabenstellungen in den Problemkontexten *Physik und Meer, Küstenschutz* und *Müll* (vgl. Nawrath & Komorek, 2013). Rund zwei Wochen später besuchten die Schüler-Studenten-Gruppen jeweils ein Nationalparkhaus an der Küste bzw. eine Müllverbrennungsanlage mit Bezug zu den in den Gruppen entwickelten Aufgaben. Weitere zwei Wochen später besuchten die Schüler/innen die Schülerlabore an der Universität (vgl. Haupt et al., 2013; Braund & Reiss, 2007). Die Studierenden hatten zuvor Experimentierstationen für die Schüler/innen vorbreitet, an denen die Schüler/innen experimentell ihre jeweilige Problemlösungen weiter untersuchen konnten.

Ergebnisse

Die Erwartungen und Wahrnehmungen der Studierenden wurden per Fragebogenstudie zu vier Zeitpunkten jeweils vor und nach den jeweiligen Aktivitäten erhoben (Schneuing, 2017). Kernpunkte der qualitativen Auswertung (Mayring, 2015) sind hier zusammengefasst. Da dies der erste Durchgang dieser Art war, wurden zunächst generelle Organisationsschwierigkeiten beklagt. Positiv haben die Studiereden folgendes hervorgehoben:

- Die Kombination der Lernorte über einen bestimmten Zeitraum fördert aus Studentensicht die Fähigkeiten zur längerfristigen Planung und zur Übernahme von Verantwortung für eine Lerngruppe (vgl. Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, 2016).
- Der frühe Kontakt im 2. Semester mit Schüler/innen ist positiv, weil er die Chance bietet, intensiv in die Denkwelt der Schüler/innen einzutauchen (was sonst auch in den Schulpraktika kaum möglich ist), wie dieses studentische Zitat belegt: *Ich fand das Schülerlabor ziemlich aufschlussreich, da man für sich selbst sehen konnte, wie man im direkten Umgang mit den SuS reagiert und mit aufkommenden Problemen umgeht*. Der Wunsch nach mehr Praxiserfahrung im Studium wurde durch die Teilnahme am Vernetzungsprojekt erfüllt (vgl. Makrinus, 2013), was dieses Zitat ausdrückt: *Am meisten Spaß gemacht hat mir die Arbeit mit den SuS, da diese im Lehramtsstudium zu kurz kommt.*
- Die Förderung experimenteller Fähigkeiten im Schülerlabor sowohl bei den Studierenden selbst als auch bei den beteiligten Schüler/innen wurde von den Studierenden besonders positiv hervorgerufen.
- Als problemtisch wurde der Besuch in den Nationalparkhäusern bewertet, weil die Angebote dort nicht flexibel auf die Vorarbeiten der Studierenden-Schüler-Gruppe ausgerichtet werden konnten; im Gegensatz dazu wurde die Nutzung des Schülerlabors an der Universität aufgrund maximaler Flexibilität als sehr positiv wahrgenommen.

Fazit

Beide hier dargestellten Vernetzungsprojekte zeigen einerseits, dass Vernetzung nur mit viel Aufwand zu realisieren ist. Es ist viel zu organisieren und alle Beteiligten müssen sich auf neue Denkweisen einlassen und eine gewisse Frustrationstoleranz mitbringen. Anderseits wird durchgängig von positiven Erfahrungen berichtet, sobald man sich auf den Weg macht. Für Studierende kann sich in Vernetzungen der Wunsch nach mehr und intensiveren Praxiserfahrungen erfüllen. Für außerschulische Lernorte bieten Vernetzungen eine Weiterentwicklung ihrer Angebote und damit eine bessere Umsetzung ihres Bildungsauftrags. Allerdings geschehen solche Vernetzungen nicht von allein und es bleibt die Aufgabe u.a. von Uni-Projekten, aktiv zu werden und die beginnenden Prozesse in der Anfangsphase zu begleiten oder sie in die Hochschuldidaktik zu integrieren. Eine wissenschaftliche Begleitung ist notwendig, um über die positiven Eindrücke hinaus eine distanzierte Modellierung und Bewertung der ablaufenden Prozesse vornehmen zu können.

Literatur

Braund, M. & Reiss, M. (2007). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out-of-school learning. International Journal of Science Education 28(12), 1373-1388.

Deutsches Institut für Erwachsenenbildung (2016). Selbstgesteuertes lernen. www.die-bonn.de/wb/2016-selbstgesteuertes-lernen-01.pdf (Zugriff vom 14.10.2017)

Harring, M., Witte, M. D. & Burger, T. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen – Interdisziplinäre und internationale Perspektiven. Weinheim: Beltz

Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013): Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. MNU 66/6, 324–330 .

Makrinus, L. (2013). Der Wunsch nach mehr Praxis. Heidelberg: Springer

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

Nawrath, D. & Komorek, M (2013). Kontextorientierung aus Sicht von Physikkehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 233-257.

Niedersächsisches Kultusministerium (2014). Rahmenkonzept für Bildungsregionen in Niedersachsen. Hannover: MK

Rohs, M. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen. Berlin: Springer.

Schneuing, K. (2017) . Untersuchung der Reflexionskompetenz bei Lehramtsstudierenden ohne schulpraktische Erfahrungen. Masterarbeit. Oldenburg: Universität.

Online:
www.uni-oldenburg.de/gint/beschreibung-des-programms/vernetzungstreffen-ausserschulischer-gint-lernorte/

Sönke Janssen
Gunnar Friege
Leibniz Universität Hannover

Prozesse und Bedingungen informellen Lernens

Einleitung

In der deutschen Bildungslandschaft spielen außerschulische Lernorte eine immer wichtigere Rolle (Euler, 2005). Dazu gehören beispielsweise Schülerlabore, Museen, Science Center, Lehr-Lernlabore und Ausstellungen. Die Effekte und Wirkungen dieser Lernumgebungen wurden in verschiedenen Forschungsarbeiten untersucht. Positive Effekte des Besuchs eines außerschulischen Lernortes auf das Interesse, die Motivation und den Wissenserwerb konnten gezeigt werden (Engeln, 2004; Glowinski, 2007; Pawek, 2009; Itzek-Greulich, 2014). Über die für die Wirkungen verantwortlichen Nutzungs- und Lernprozesse ist relativ wenig bekannt. Ebenso wenig aufgeklärt ist, welchen Einfluss die nicht-formale (informelle) Lernumgebung (im Vergleich zur Schule) auf diese Prozesse hat. Das jüngst gestartete Graduiertenkolleg „MINT-lernen in informellen Räumen (GINT)“ (https://www.uni-oldenburg.de/gint/) widmet sich u.a. der Untersuchung ablaufender Prozesse und Bedingungen des informellen Lernens. Diese Arbeit beschäftigt sich aktuell mit dem außerschulischen Lernort „Zukunftslabor MINT“ und dem speziellen Workshop-Angebot „Elektronik und Löten“.

Erste Herangehensweise

Im Sinne eines Angebots-Nutzungs-Modelles (Helmke, 2012) ist der außerschulische Lernort zunächst als Angebot zu verstehen, das den Schülerinnen und Schülern sowie Lehrerinnen und Lehrern unterbreitet wird. Ganz ähnlich zum klassischen Schulunterricht wird ein Angebot gestaltet, welches dann von den Schülerinnen und Schülern genutzt wird. Ob und in welchem Umfang dieser Nutzungsprozess auch einen Lernprozess darstellt, ist von verschiedenen Mediationsprozessen, wie z.B. der Motivation, abhängig (Helmke, 2012). In dem hier untersuchten Workshop-Angebot des „Zukunftslabor MINT“ löten die Schülerinnen und Schüler eine kleine elektronische Schaltung mit zwei blinkenden LEDs in Partnerarbeit.
Das Workshop-Angebot wird in einer Triangulation aus drei Perspektiven beschrieben:

- Charakterisierung eines Labortages hinsichtlich lernrelevanter Facetten (siehe Ch. Sajons & M. Komorek, (eingereicht))
- Interviews mit leitendem und betreuendem Personal
- inhaltliche Analyse der Dokumente und Aufgaben im Workshop

Die Charakterisierung des Labortages erfolgte mit einem Charakterisierungsraster und wurde von zwei unterschiedlichen Personen am selben Tag durchgeführt. Das Raster enthält verschiedene lernrelevante Facetten, wie die Selbstwirksamkeitswahrnehmung oder das Anknüpfen an Vorwissen. Den jeweiligen Facetten wird der formelle oder informelle Charakter zugeordnet. Auf der Ebene des konkreten Angebotes ist so eine Unterteilung hinsichtlich formaler und nicht-formaler Bestandteile möglich.

Anhand eines leitfadengestützten Interviews wurde die Sichtweise von den Betreibern und Betreuern des Schülerlabors auf verschiedene Aspekte erhoben. Hier werden Meinungen und Sichtweisen sowohl auf das Schülerlabor im Allgemeinen als auch auf das konkrete Workshop-Angebot „Elektronik und Löten“ gesammelt und analysiert. Neben den Sichtweisen zu einigen Facetten des Charakterisierungsrasters werden auch Fragen zu ihrer Person oder den Zielen des Schülerlabors gestellt.

Zuletzt galt es die ausgeteilten Arbeitsblätter, Materialien und Aufgabenstellungen zu analysieren. Insbesondere wurden in der Analyse fachliche Ziele deutlich, die mit dem Workshop-Angebot verknüpft sind.

Die Triangulation der Daten aus Charakterisierung, Interviews und Dokumentenanalyse liefert ein genaues Bild des Angebotes, welches von Schülerinnen und Schülern im außerschulischen Lernort genutzt wird.

Im zweiten Schritt werden die Nutzungs- und Lernprozesse untersucht. Ein Fragebogen erfasst Mediatoren, die den Nutzungsprozess auf der Schülerinnen- und Schülerseite potentiell beeinflussen können. Dazu gehört neben einem Selbstkonzept in diesem physikalisch-technischem Bereich auch das Vorwissen. Während des Labortages wird der Nutzungsprozess über Audioaufnahmen in den Lerndyaden erfasst. Ergänzend dazu werden begleitende Beobachtungen mit einem Beobachtungsraster getätigt. Als Grundlage für die Beschreibung dieser Lernsituation dient das Modell des dialogischen Lernens (Beck, 2000). In diese Lerndyaden bringt jede Schülerin und jeder Schüler ein anderes Vorwissen und andere Fähigkeiten mit ein. Im gemeinsamen Dialog wird dann eine Aufgabe bearbeitet und daraus gehen wiederum die zwei Lernenden mit verändertem Wissen und Fähigkeiten heraus. Die dabei ablaufenden Nutzungs- und Lernprozesse sollen mit einer qualitativen Inhaltsanalyse aus den Transkripten der Dialoge und den ergänzenden Beobachtungen rekonstruiert werden. Ein weiterer Einflussfaktor geht von den Interventionen der leitenden und betreuenden Personen aus. Diese sind ebenfalls auf den Audioaufnahmen vorhanden und werden analysiert. Die Frage ist hierbei, wie die Nutzungsprozesse von den Schüler-Betreuer-Interaktionen gesteuert werden?

Erste Eindrücke und Ausblick

In einer Pilotstudie (August 2017) zeichnen sich interessante Punkte für den Lernprozess ab. In den Transkripten der Dialoge wird ein starker emotionaler Bezug zum behandelten Gegenstand deutlich. Hinweise darauf liefern sowohl die Wahl der Sprache als auch das geäußerte unbedingte Erfolgsverlangen. Für diese Untersuchung und die Entwicklung geeigneter Lernumgebungen wird ein Design-Based-Research Forschungsansatz verfolgt (Schecker, 2014). Dazu werden die Ergebnisse der ersten Untersuchungen genutzt, um eine Veränderung der Lernumgebung vorzunehmen (Intervention). Daraufhin wird die Lernumgebung einer erneuten Untersuchung unterzogen. Ansatz für einen ersten Design-Based-Research Zyklus könnte die Sprache in den Arbeitsanweisungen oder die Einflussnahme auf das hergestellte Produkt bieten. Darüber hinaus soll die Technik des Eye-Tracking zum Einsatz kommen. Dabei handelt es sich um eine Brille, welche die Bewegung der Augen aufzeichnet und dadurch einen Blick auf die Nutzungsprozesse aus der Perspektive des Lernenden liefert. Durch die Fallanalyse einzelner Schülerinnen und Schüler, wobei z.B. die Blickverweildauer ausgewertet wird, können Hypothesen zu den Nutzungsprozessen und möglichen Einflussfaktoren generiert werden.

Ergänzt werden die Untersuchungen zu Lernprozessen im Schülerlabor mit ähnlichem Methodeninventar in einem anderen außerschulischen Lernort. Die an diesem Schülerlabor getätigten Untersuchungen werden erweitert, um einen anderen informellen Lernort: das Museum. Hier bietet der Einfluss von Exponaten interessante Anhaltspunkte, die Nutzungs- und Lernprozesse zu untersuchen. Dadurch ist es möglich, das informelle Lernen aus zwei unterschiedlichen Perspektiven und Herangehensweisen zu analysieren.

Literatur

Beck, E. et. al. (2000) Lernen im Dialog – Beschreibung und Analyse von Schülerdialogen beim Lösen eines Problems in einer Lerndyade. Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften (3), S. 509-534

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos

Euler, M (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 90, 4-12

Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Bereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Kiel: CAU

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

Itzek-Greulich, H. (2015). Einbindung des Lernortes Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht: empirische Untersuchung zu kognitiven und motivationalen Wirkungen eines naturwissenschaftlichen Lehr-Lernarrangements. Tübingen: Eberhard-Karls-Universität

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel: CAU

Sajons, C. & Komorek, M. (eingereicht). Charakterisierungsraster für Angebote im Schülerlabor als Grundlage zur Analyse von Lernprozessen. In: M. Wilhelm, A. Rempfler & B. Sommer Häller (Hg.): Aneignungspraktiken an ausserschulischen Lernorten, Tagungsband zur 5. Tagung Ausserschulische Lernorte der PH Luzern vom 9./10. Juni 2017, Münster: Lit, xx

Schecker, H. (Hrsg.), Parchmann, I., Krüger, D. (2014) Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum

Micha Winkelmann
Susanne Weßnigk
Leibniz Universität Hannover

Lernprozesse im Schülerlabor NILS unter Berücksichtigung individueller Interessenstrukturen

Einleitung

Während schulische Lernprozesse schon länger intensiv beforscht wurden (Niedderer, 1996; Seidel, 2003), liegen wenige Erkenntnisse über Lernprozesse in informellen Räumen wie z.B. einem Schülerlabor vor. Die Beforschung von Lernprozessen in informellen Lernumgebungen ist Ziel des Promotionsprogramms GINT, in dem 12 Projekte verortet sind. Im Zuge meiner Promotion werden die Lernprozesse im Schülerlabor NILS (Niedersächsische Lernwerkstatt für Solare Energiesysteme) untersucht. Mittlerweile sind in der Schülerlaborforschung einige Arbeiten entstanden, die kurz- bis längerfristige Wirkungen eines Schülerlaborbesuchs auf affektive Konstrukte oder auch die naturwissenschaftliche Berufsorientierung zeigen konnten (u.A. Engeln, 2004; Pawek, 2009; Weßnigk, 2013).

Da in denselben inhaltlichen Kontexten aber verschiedene Aktivitäten unterschiedlich attraktiv bewertet werden (Azevedo, 2013), ist davon auszugehen, dass Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Aktivitäten im Schülerlabor bevorzugen bzw. sich für unterschiedliche Aktivitäten interessieren. Interesse spielt eine zentrale Rolle in der Entwicklung von Erkenntnis und beeinflusst den Lernprozess sowie die Lernleistungen (Hidi & Renninger, 2006; Krapp & Prenzel, 2011).

Ein Modell, das sich in Bezug auf die Untersuchung spezifischer handlungsorientierter naturwissenschaftlicher Interessen als geeignet erwiesen hat, ist das RIASEC+N Modell (Dierks, 2014; adaptiert nach Holland, 1997). Es fokussiert auf das Interesse an naturwissenschaftlichen Tätigkeiten und kann als Grundlage für die Beschreibung von Lernenden dienen (Blankenburg, 2015).

Forschungsfragen

Ziel des Promotionsprojektes ist es, die Lernprozesse im Schülerlabor NILS zu beforschen. Im Einzelnen sollen folgende Forschungsfragen untersucht werden:

1. Inwiefern lassen sich im NILS spezifische (Handlungs-)Muster für einzelne Stationen identifizieren?
2. Welche hemmenden bzw. fördernden Faktoren lassen sich identifizieren und charakterisieren?
3. In welchem Maße wird das Verständnis für Solarenergie durch den Besuch im NILS gefördert?

Bezüglich spezifischer Schülerinteressen werden folgende Forschungsfragen untersucht:

4a. Inwieweit ist es möglich, die RIASEC+N Skala personenbezogen zur Typisierung von Schülerinnen und Schülern zu verwenden?
4b. Wie unterscheiden sich die Lernprozesse bei Berücksichtigung verschiedener Interessenausprägungen?

Methode

Zur Beantwortung der ersten beiden Forschungsfragen wird der Besuchstag hinsichtlich der zu erreichenden kognitiven und handlungsspezifischen Inhalte detailliert beschrieben, auch unter Berücksichtigung von halbstrukturierten Leitfadeninterviews mit den Mitarbeitern des Schülerlabors. Während des Labortages werden als Grundlage für die differenzierte

Beschreibung der Lernprozesse einzelne Schülerinnen und Schüler begleitend beobachtet. Die begleitende Beobachtung ist halbstrukturiert und soll die Handlungsmuster der Schülerinnen und Schüler an den einzelnen Stationen anhand verschiedener Merkmale (z.B. wurde die Anleitung beachtet oder Hilfe in Anspruch genommen?) erfassen. In Kombination mit freien Anmerkungen zu den Merkmalen sollen Rückschlüsse auf fördernde und hemmende Faktoren des Lernens geschlossen werden. Alle Schülerinnen und Schüler erhalten zusätzlich einen Fragebogen in Form eines den Labortag begleitenden Laufzettels. Dieser erfasst die subjektive Einschätzung der Schülerinnen und Schüler über Schwierigkeiten und benötigte Hilfen an den Stationen.

Für die Beantwortung der dritten Forschungsfrage wird das Verständnis der Lernenden zur Solarenergie im pre-post Design mittels Fragebogens erhoben. Dabei dient die Datenerhebung vor dem Laborbesuch der Erfassung des Vorwissenstandes zum Thema Solarenergie aus physikalischer Sicht, sowie im Kontext der Energiewende. Im Multiple-Choice-Format werden Fragen zu dem Aufbau und der Funktionsweise von Photovoltaikanalgen, Solarthermie und Elektrizitätslehre gestellt.

Itembeispiel:

Welche Funktion hat eine Solarzelle?

a) Erwärmung von Wasser mit Sonnenlicht
b) Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie
c) Umwandlung von Wärme in elektrische Energie
d) Betrieb von Gewächshäusern

Ebenso werden die Kenntnisse über neue Energieträger im Vergleich zu fossilen Energieträgern und der Transfer des Wissens auf verschiedene Situationen im Kontext der Energiewende erfasst.

Für die Beantwortung der Forschungsfrage 4 wird in einem Pretest untersucht, ob ein differenziertes Interessenprofil für alle Schülerinnen und Schüler nach dem RIASEC+N Modell angelegt werden kann (Dierks, 2014; Blankenburg, 2015). Dazu wurde das Testinstrument zum Solarenergieverständnis sowie der RIASEC+N Interessentest an 9. und 10. Klassen des Gymnasiums getestet (n=303).

Analyse und Ergebnisse einer Pilotierung (Forschungsfrage 4a)

Solartest:

U.A. durch Elimination von Heywood Cases sowie Items mit einer Itemschwierigkeit <0,3 bzw. >0,7 führte zu einer Reduktion von 48 auf 26 Items.

Interessenprofil:

Mit dem Ziel einer Typisierung von Schülerinnen und Schülern wurde mittels Cattels-Scree-Test und der vorhandenen Testgruppe eine optimale Faktorenanzahl von drei aus den sieben RIASEC+N Kategorien ermittelt ($p<0.001$). Davon ausgehend wird eine Korrelationsmatrix aller sieben Kategorien betrachtet. Hier lassen sich mittels hierarchischer Clusteranalyse drei Untergruppen mit höchstmöglicher interner Ähnlichkeit finden (siehe Abb. 1). Die erhaltene Variableninterkorrelation lässt sich ebenso sinnvoll mit den jeweiligen Eigenschaften der der Merkmale erklären. Eine Ausprägung im Bereich „Realistic“ beschreibt eine technisch geschickte Person, „Conventional“ eine geregelte und präzise Arbeitsweise. Personen mit einer hohen Ausprägung der Eigenschaft „Artistic“ sind kreativ und „Investigative“ liegt eine analytische Problemlösefähigkeit zugrunde. Das Attribut „Social“ weißt auf soziale Neigungen der Person hin, „Enterprising“ auf die Fähigkeit eine Führungsrolle innerhalb einer

Gruppe zu übernehmen und „Networking“ auf die Veranlagung viel im Austausch mit anderen zu arbeiten (Dierks, 2014). Die aus der Clusteranalyse extrahierten Gruppen sind die Gruppe 1) Investigative-Artistic, die damit eine Ausprägung im kreativ-forschenden Bereich zeigen. Die Gruppe 2) Realistic-Conventional dagegen eine Ausrichtung an eher Handwerklichen, geregelten Handlungen im naturwissenschaftlichen Bereich. Gruppe 3) umfasst die Enterprising-Social-Networking Neigungen und damit ein in Richtung Gruppendynamisch ausgeprägtes Interessenprofil.

Das so statistisch erhaltende Ordnungssystem ist theoretisch zu begründen. In einer Folgestudie soll zudem durch eine konfirmatorische Faktorenanalyse überprüft werden, ob dieses Gerüst in weiteren Stichproben bestand hat. Da eine eindeutige Zuordnung aller Schülerinnen und Schüler in diese diskreten Gruppen jedoch zunächst nicht in allen Fällen gegeben ist, wird für die folgende Studie der Lernprozessuntersuchung keine strikten Typisierungen angestrebt. Stattdessen werden spezifisch starke Ausprägungen der Schülerinnen und Schüler in einzelnen Merkmalen betrachtet und anhand dieser Ausprägungen Unterschiede in den Lernprozessen während eines Labortages gesucht.

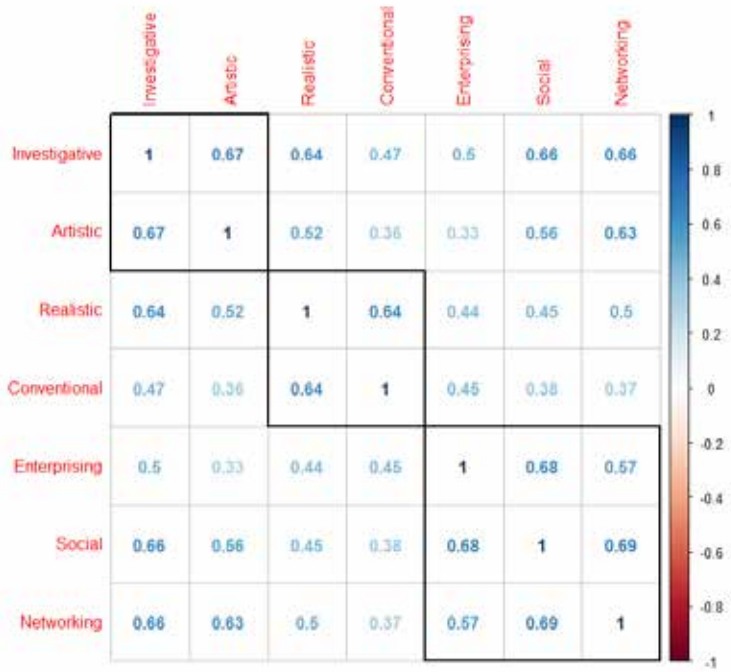


Abbildung 1: Hierarchische Clusteranalyse der RIASEC+N Kategorien mit Lance-Williams Algorithmus und Ward's Minimum-Varianz-Methode (n=303)

Literatur

Azevedo, F. S. (2013). The Tailored Practice of Hobbies and Ist Implication for the Design of Interest Driven Learning Enviroments. Journal oft he Learning Sciences, 22(3), 462-510.

Blankenburg, J. S. J. (2015). Modellbasierte Entwicklung und Evaluation eines naturwissenschaftlichen Projekttages zur Heranführung an Schülerwettbewerbe. Kiel

Dierks, P. O. (2014). Das Interesse an Naturwissenschaften: Entwicklung eines RIASEC-basierten Interessenmodells zur differenzierten Analyse von Interessenprofilen bei Jugendlichen. Kiel

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos.

Hidi, S., & Renninger A. K. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. Educational Psychologist, 41(2), 111-127.

Holland, J. L. (1997). Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work enviroments. (3rd ed.). Odessa, Fl: Psychological Assessment Recources.

Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research of Interest in Science: Theories, methdos, and findings. International Journal of Science Education, 33(1), 27-50.

Niedderer, H (1996). Überblick über Lernstudien in Physik. In: Lernen in den Naturwissenschaften. Kiel: IPN 1996, S. 119-144

Pawek, Ch. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Kiel: CAU.

Seidel, T. (2003). Lehr-Lernskripts im Unterricht. Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Lernprozesse - eine Videostudie im Physikunterricht. Münster: Waxmann.

Ward, J. H., Jr. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function, Journal of the American Statistical Association, 58, 236–244

Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Kiel: MACAU

Peter Röben[1]
Henrike Haverkamp[1]
Dirk Stiefs[2]

[1] Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
[2]DLR Bremen

Vermittlung technischen Wissens im Schülerlabor
Technische Bildung am außerschulischen Lernort DLR-Schülerlabor

Schülerlabore nehmen eine wichtige Stellung unter den außerschulischen Lernorten ein und haben in den letzten Jahren einen enormen Zuwachs gehabt. Ein wichtiger Schwerpunkt liegt dabei auf die Vermittlung von Naturwissenschaften und ihren Methoden. Allerdings werden häufig auch technische Themen angesprochen. Aber ob bei ihrer Vermittlung die Technik auch bei den Schülerinnen und Schülern (SuS) ankommt, wird von uns z.Z. untersucht. Im Beitrag wird die Vorgehensweise erläutern und ein vorläufiges Resultat berichtet.

Technische Bildung und technisches Wissen

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist ein von der Bundesrepublik Deutschland eingerichtetes Forschungszentrum mit ca. 8 000 Mitarbeitern an 20 Standorten mit einem Etat von 888 Mio €, der zu 51 % aus Drittmitteln gespeist wird (DLR 2017).
Die DLR ist sehr aktiv beim Einrichten und Betreiben von Schülerlaboren. Von den 20 bundesweiten Standorten der DLR haben inzwischen mehr als die Hälfte Schülerlabore eingerichtet. Nach eigenen Angaben haben seit der Einrichtung des ersten Schülerlabors im Jahre 2000 mehr als 250 000 SuS bei der DLR experimentiert (DLR 2017). Die DLR ist vor dem Hintergrund der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie zu sehen. Diese Branche hat einen Umsatz von 34,7 Mrd. Euro und lieferte 17 % der weltweit gebauten Flugzeuge aus. Darüber hinaus steckt in jedem Flugzeug der Welt die Arbeit von deutschen Unternehmen, wie es im Bericht der Koordinatorin für die Deutsche Luft-und Raumfahrt heißt (Ministerium für Wirtschaft und Energie, 2017). Diese Branche wird nicht nur wegen ihres Umsatzes als bedeutsam angesehen, sondern auch – vielleicht sogar noch mehr – wegen ihrer strategischen Bedeutung: „Luft- und Raumfahrt sind Treiber für technologische Innovationen und wissenschaftliche Exzellenz. In Bereichen wie dem Leichtbau mit CFK, der intelligenten Robotik oder bei modernen Produktionsverfahren sind sie ein Innovationsmotor – weit über die eigenen Branchengrenzen hinaus. Hightech-Aktivitäten, insbesondere digitalisierte Simulationsverfahren und Produktionstechnologien, sind wesentliche Treiber der Digitalisierung der Wirtschaft.“ (a.a.O. S. 4). Die DLR verfolgt an jedem Standort Schwerpunktthemen, in Bremen ist es die Raumfahrt. Das Bremer „Institut für Raumfahrtsysteme analysiert und bewertet komplexe Systeme der Raumfahrt in technischer, wirtschaftlicher und gesellschaftspolitischer Hinsicht. Es entwickelt Konzepte für innovative Raumfahrtmissionen mit hoher Sichtbarkeit auf nationalem und internationalem Niveau.“ (DLR 2017)
Vor dem Hintergrund des vielfach beschworenen Fachkräftemangels konkurriert diese Branche natürlich auch um die besten Köpfe des Nachwuchses und weiß, dass man nicht erst bis zum Eintritt in den Arbeitsmarkt warten kann, um zukünftige Mitarbeiter für sich einzunehmen. Der Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie führt daher schon Aktionen für Grundschulkinder durch. Auch die DLR hat einen solchen Wettbewerb mit 90 Grundschulklassen und fast 2 000 SuS durchgeführt. Die Schülerlabore der DLR reihen sich ein in eine umfassende Strategie der Nachwuchswerbung für anspruchsvolle Berufe in einer Hochtechnologie-branche.
Die Schülerlabore des DLR werden als DLR_School_Labs bezeichnet und folgen der inhaltlichen Ausrichtung des Standorts, an dem sie angesiedelt sind. Das Bremer

Schülerlabor legt seinen Schwerpunkt auf das Thema Raumfahrt. Es heißt auf der Website „Wie kommen Mensch und Technik ins Weltall und welchen Bedingungen muss man dort gerecht werden? Wie wird die Erde aus dem All beobachtet und wie werden fremde Planeten, Monde und Asteroiden erforscht?“ (DLR 2017). In eigenen Worten wird dort folgendes Ziel verfolgt:

„Schülerinnen und Schüler können in der authentischen Umgebung einer Forschungseinrichtung selbst Experimente durchführen, die konkrete Bezüge zu aktuellen Projekten aus Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie aufweisen. So erfahren sie spielerisch, wie spannend Naturwissenschaften und Forschung sein können.“ (DLR 2014, S. 3)

Hier sind drei Punkte hervorzuheben, die das Experimentieren im DLR-Schülerlabor von dem in einer Schule unterscheidet:

1. Die authentische Umgebung: Eine Forschungseinrichtung unterscheidet sich grundlegend von einem Schulgebäude und schon der Besuch und der Aufenthalt haben eine anregende Wirkung auf die meisten SuS.
2. Der Bezug zu konkreten Forschungsarbeiten: SuS können hier die Bedeutung der Experimente in einem Ausmaß erfahren, das in der Schule nicht herzustellen ist. Vermittelt wird die Bedeutung durch authentische Wissenschaftler, die über ihre Arbeit berichten.
3. Der spielerische Umgang mit dem Experiment. Das Spielerische erlaubt einen freien Zugang zum Experimentieren, der sich von dem in der Schule grundsätzlich unterscheidet. Die Handlungen von Lehrern und Schülern in der Schule sind von der Notengebung geprägt. Damit ist ein spielerischer Zugang wie im Schülerlabor nur eingeschränkt möglich und findet in Veranstaltungen wie z.B. den Arbeitsgemeinschaften statt und nicht im Pflicht- oder Wahlpflichtunterricht.

Die Experimente in Bremen lassen sich in drei Themenbereiche zusammenfassen:

- Extreme und Gefahren im Weltraum
- Satellitentechnik und Fernerkundung
- Mars-Mission. (vgl. ebd., S. 10)

Das Angebot der DLR richtet sich zunächst an Schulklassen. Die Formate eines Aufenthalts im Schülerlabor umfassen u.a. eintägige Klassenbesuche, Kurse, Arbeitsgemeinschaften und Schülerwettbewerbe. Während durch die Klassenbesuche eine große Zahl von Jugendlichen in Kontakt mit der DLR kommt, erlauben die anderen Formate auch eine Begabtenförderung von Jugendlichen, die einen viel intensiveren Kontakt erfordert.

Ein eintägiger Klassenbesuch hat folgenden Ablauf: SuS werden von Mitarbeitern des DLR begrüßt, es folgt eine Besichtigung des Laborgeländes, bei dem ein Einblick in die Forschungsaktivitäten des DLR-Standortes vermittelt wird. In Kleingruppen von drei bis fünf Personen werden dann die Experimente durchgeführt und der Besuch am Ende des Tages mit einer Abschlussbesprechung abgeschlossen.

In Kooperation mit der Arbeitsgruppe Technische Bildung (ATB) der Uni Oldenburg soll untersucht werden, inwieweit die angebotenen Experimente das technische Wissen der SuS erweitern und sich ihnen die technische Dimension der Raumfahrt erschließt.

Das technische Wissen wird in den letzten Jahren intensiver didaktisch erforscht (siehe Röben/Wiemer 2016 und die dortigen Referenzen). Dabei geht es einerseits um Grundlagenforschung, also z.B. die Frage, was technisches Wissen im Unterschied zum naturwissenschaftlichen Wissen charakterisiert, abgesehen natürlich vom Inhalt. Wir gehen mit Ropohl davon aus, dass man Kategorien wie z.B. strukturelles und funktionales Regelwissen, technologisches Gesetzeswissen und auch technisches Können oder öko-soziotechnologisches Systemwissen bei SuS identifizieren kann (siehe Landherr u.a. 2016). Im weiteren Verlauf der Zusammenarbeit wollen wir auch Veränderungen dieses Wissens durch Interventionen nachspüren, die z.B. durch den Besuch eines Schülerlabors verursacht werden können.

Forschungsfrage und Methoden

In einer ersten Untersuchung wurde der Frage nachgegangen, welche Experimente, die die Schüler im Schülerlabor des DLR durchführen, einen eher technischen oder eher naturwissenschaftlichen Charakter haben. Die Grundidee dahinter ist folgende: Einerseits ist die Raumfahrt natürlich ein extrem technisches Geschäft. Aber diese Sicht ergibt sich aus der Perspektive der eingesetzten Mittel, was durch die hohe Anzahl von Ingenieuren und technischen Mitarbeitern beim DLR sicherlich noch unterstrichen wird. Aber die Ziele der Raumfahrt sind meist naturwissenschaftlich geprägt, z.B. im Bereich der Astronomie, der Geowissenschaften oder der Biologie. Unsere Vermutung ist daher, dass es im Kontakt zwischen SuS und DLR darauf ankommt, welcher Aspekt durch die DLR-Mitarbeiter in den Vordergrund gestellt wird, der technische oder der naturwissenschaftliche. Zu diesem Zweck wurden zunächst die angebotenen Experimente danach klassifiziert, inwieweit sie als technische Experimente einzuschätzen sind (Behnen 2016, S. 6ff). Hier ist nicht der Platz, den Unterschied zwischen naturwissenschaftlichen und technischen Experimenten ausführlich darzulegen, dies kann man z.B. bei Schmayl (1981), Walker (2013) und Röben (2018) nachlesen. Die theoretischen Bezüge für das technische Wissen sind in Röben/Wiemer (2016) dargestellt. Behnen entwickelte folgende Kriterien der Beurteilung:
1. Welcher Gegenstand wird im Experiment thematisiert? Natur und natürliche Phänomene oder technische Artefakte, Systeme und Ziele?
2. Welche Verfahrensweise bildet des Schwerpunkt des Experiments? Ursache-Wirkungszusammenhänge? Oder Zweck-Mittel-Zusammenhänge?
3. Welches Wissen/Kompetenzen sollen im Experiment erworben werden?
4. Wie lässt sich der Phasenverlauf des Experimentes charakterisieren? Kommt er dem eines technischen Experiments nah?
5. Welche Facetten des technischen Wissens nach Ropohl werden im Experiment erkennbar thematisiert? (Behnen 2016, S. 48)

Durch diesen Blick auf die Experimente hat man eine erste Einschätzung, wie ihre Präsentation und Durchführung bei den SuS ankommen könnte. Aber, da wir davon ausgehen, dass es auf die Vermittlungsperson ankommt, haben wir eine weitere Untersuchung begonnen, die durch teilnehmende Beobachtung und SuS-Befragung herausfinden soll, welche Wirkung die Experimente auf SuS tatsächlich ausüben. Da die Ergebnisse noch nicht vollständig vorliegen, soll hier nur ein Beispiel vorgestellt werden. Dem Experiment zur Lageregelung eines Satelliten wurde in der Voruntersuchung sowohl ein technischer als auch ein naturwissenschaftlicher Anteil zugesprochen. Denn die Lageregelung ist einerseits ein technisches Problem der Steuerung und Regelung mit Hilfe von motorbetriebenen Drehscheiben, andererseits nutzt man die Physik der Drehimpulserhaltung. Je nach fachlichem Hintergrund des Vermittlers wird im Kontakt mit den SUS entweder die Physik oder die Technik herausgestellt. Und in der Tat zeigen die ersten Analysen, dass die Physik des Drehimpulses den größten Teil der Präsentation ausmacht, während die technischen Aspekte eher unterrepräsentiert sind.
Eine weitere Untersuchung, die gerade abgeschlossen wurde, bezieht sich auf die Analyse des durch das Experimentieren gewonnenen technischen Wissens (Haverkamp 2017). Hierbei wird ein Ansatz zur Strukturierung des technischen Wissens (Röben/Wiemer 2015) mit Hilfe der concept maps Technik genutzt, um Veränderungen im technischen Wissen zu erheben.

Das Ziel unserer Untersuchungen soll es sein, die Experimente der DLR deutlicher als technische Experimente zu akzentuieren, wenn es von der Aufgabenstellung her sinnvoll ist.

Literatur

Behnen, C. (2017): Technikaspekte in Experimenten des DLR Schülerlabors Bremen. Bachelorarbeit.

DLR (2014): Die Schülerlabore des DLR. Raus aus Schule - rein ins Labor! Belm: M&E Druckhaus.

DLR (2017). http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-1717/2341_read-3943/. Abgerufen am 13.9.2017

Haverkamp, H. (2017): Untersuchung der Wissensstrukturen vor und nach dem Absolvieren verschiedener Experimente am DLR_School_Lab. Bremen. Masterarbeit

Landherr, J.; Wegner, H.; Wiemer, T. (2016): Lernwirksamkeit der zeitlichen Verknüpfung von Theorie und Praxis auf die Motivation von Schülerinnen und Schülern im Technikunterricht. In: Wolf Bienhaus (Hg.): Technik: Wirklichkeitsbereich und Bildungsgegenstand. 17. Tagung der DGTB in Ingolstadt vom 18.-19. September 2015. 1. Auflage. [Ansbach]: Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V, S. 176–189.

Röben, P.; Wiemer, T. (2015): Technisches Wissen - Definitionen und ihre Grenzen. In: TU - Technik im Unterricht (157), S. 5–11.

Röben, P. (2018, im Erscheinen): Das technische Experiment am Beispiel des Elektromotors im Kontext von Naturwissenschaft, Geschichte und Didaktik. In: Heinicke, S., Peters, S. und Schmit, S. (Hg.): „Was ist experimentieren? Ein Diskurs der Perspektiven im naturwissenschaftlichen Unterricht“. Münster NewYork: Waxmann.

Schmayl, W. (1981). Das Experiment im Technikunterricht. Methodologische und didaktische Studien zur Grundlegung einer Unterrichtsmethode. Bad Salzdetfurth: Franzbecker Didaktischer Dienst (Texte zur mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Forschung und Lehre, 11).

Walker, F. (2013). Der Einfluss von Handlungsmöglichkeiten auf den Wissenserwerb bei der Durchführung technischer Experimente. Universität Duisburg-Essen.

Frank Lüthjohann IPN Kiel
Stefanie Herzog
Ilka Parchmann
Birte Niebuhr
Aiso Heinze
Anke Lindmeier
Lorenz Kampschulte
Marc Wilken

Neue Ansätze zur Berufsorientierung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht

Hintergrund und Ziele des Projekts

Das deutsch-dänische Interreg-Projekt PANaMa (Perspektiven am Arbeitsmarkt mit Naturwissenschaften und Mathematik) möchte Jugendlichen berufliche Perspektiven in MINT-Berufen aufzeigen, um sie so für den regionalen Arbeitsmarkt zu motivieren. Dazu wurden Ansätze erarbeitet, Angebote zur Berufsorientierung in den regulären naturwissenschaftlichen Unterricht zu integrieren (vgl. u.a. Haucke, 2014; Frank, 2014).
Durch den direkten Kontakt zwischen Schulen und regionalen Unternehmen erfahren die Lernenden zum einen eine berufsbezogene Kontextualisierung naturwissenschaftlicher Fachinhalte. Zum anderen erfolgt so eine reflektierte Auseinandersetzung mit Berufsangeboten aus dem MINT Bereich direkt im Fachunterricht. Dieses gelingt durch eine konkrete Kooperation einer Schule mit einem lokalen Unternehmen, so dass das Unternehmen sowie und dessen Bedeutsamkeit für die Wirtschaft in der Region erarbeitet werden können. Dabei stehen Branchen der Region mit hohem Wachstumspotential und moderner Ausrichtung im Fokus: Energie, Landwirtschaft & Ernährung sowie High-Tech-Materialien.

Materialien in der Entwicklung

Für die Einbindung berufsorientierender Aspekte wurden verschiedene Möglichkeiten entwickelt. Von Kurzaufgaben mit Berufsbezügen über Materialien, welche berufsübergreifende Themen aufgreifen (z.B. Zahnräder), um so berufsunabhängige Kompetenzen zu vermitteln (hier: logisches Denken), bis hin zu unterschiedlich umfangreichen Unterrichtseinheiten zu naturwissenschaftlichen curricular verankerten Themen, bei denen je ein Ausbildungsberuf den Kontext bildet. Alle diese Einbindungsmöglichkeiten basieren auf dem folgenden Konzept der Verschmelzung von curricularen Vorgaben und Unternehmensaspekten im Unterricht (Abb. 1):

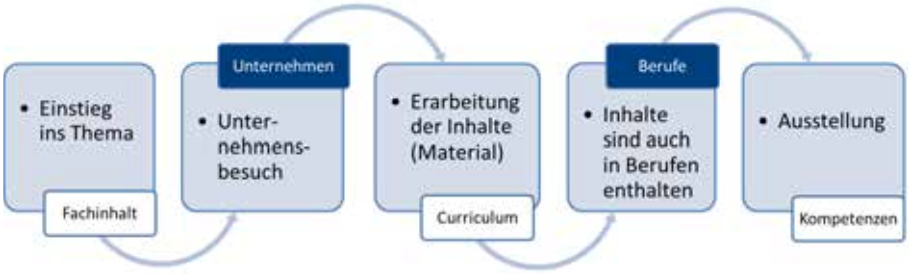


Abb. 1: Konzept der Verschmelzung von Vorgaben (hell) und Unternehmensaspekten (dunkel) im Unterricht

Erste Ergebnisse der Begleitforschung

Mit einem Prä-Post-Design werden die Einstellungen zum Unterrichtsfach, zur Selbsteinschätzung, Motivation und zu beruflichen Interessen mit einer 4-stufigen Likert-Skala (1: trifft zu; 2: trifft eher zu; 3: trifft eher nicht zu; 4: trifft nicht zu) quantitativ untersucht. Zum jetzigen Zeitpunkt haben 200 Schülerinnen und Schüler aus neun Schulen aus Schleswig-Holstein die prä-Fragen zu ein bis zwei Fächern beantwortetet, wobei die Verteilung pro Fach in Tab. 1 deutlich wird (*alle Bögen zu Mathematik und Physik wurden lediglich von einer Klasse ausgefüllt). Lernende von Gemeinschaftsschulen 54% der Probanden und Probandinnen ausmachten und die restlichen 46% Gymnasiastinnen und Gymnasiasten waren. Die Klassenstufen 9 (31,5%) und 10 (46,5%) sind stärker vertreten als der 11. Jahrgang (22%).

Fach	Biologie	Chemie	Mathematik	Naturwissenschaften	Physik
Anzahl Fragebögen	97	96	18*	85	19*

Tab. 1:Verteilung der Fragebögen pro Fach

Dabei ergab sich z.B. für die Skala *Bedeutung des Faches für Beruf & Arbeitswelt* (Beispielitems: „Viele Teile von Fach XX haben einen praktischen Nutzen oder einen direkten Anwendungsbezug in der Arbeitswelt.“ Oder „Fach XX hilft im Beruf, Probleme zu lösen.“) folgendes Bild (Abb.2): Die Schülerinnen und Schüler, die die Fragen im Hinblick auf Mathematik einschätzten, schrieben diesem Fach eine größere Bedeutsamkeit für den späteren Beruf zu als die Schülerinnen und Schüler, die die anderen naturwissenschaftlichen Fächer einschätzten.

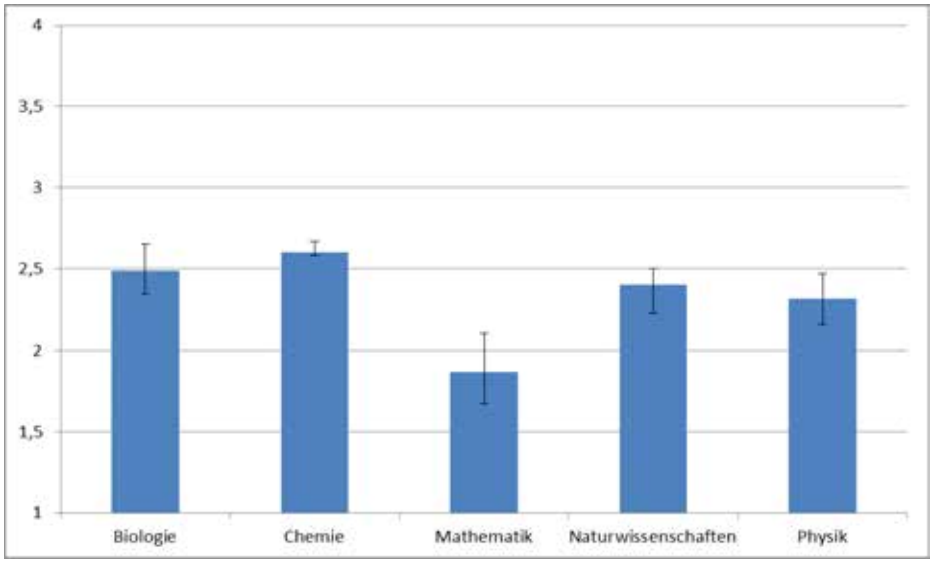


Abb. 2: Bedeutung des Faches für Beruf & Arbeitswelt

Gleiches gilt für die Skala *Lernmotivation* (Beispielitems: „Ich gebe mir in Fach XX Mühe, weil mir das Gelernte in meinem späteren Beruf weiterhelfen wird.“ Oder „Ich werde viele Dinge in Fach XX lernen, die mir dabei helfen werden, einen Job zu bekommen.“), für welche die Schülerinnen und Schüler, die die Fragen für Mathematik beantworteten, auch

für dieses Fach eine höhere Begründung angaben, warum sie sich mit diesem Fach beschäftigen sollten (vgl. Abb. 3).

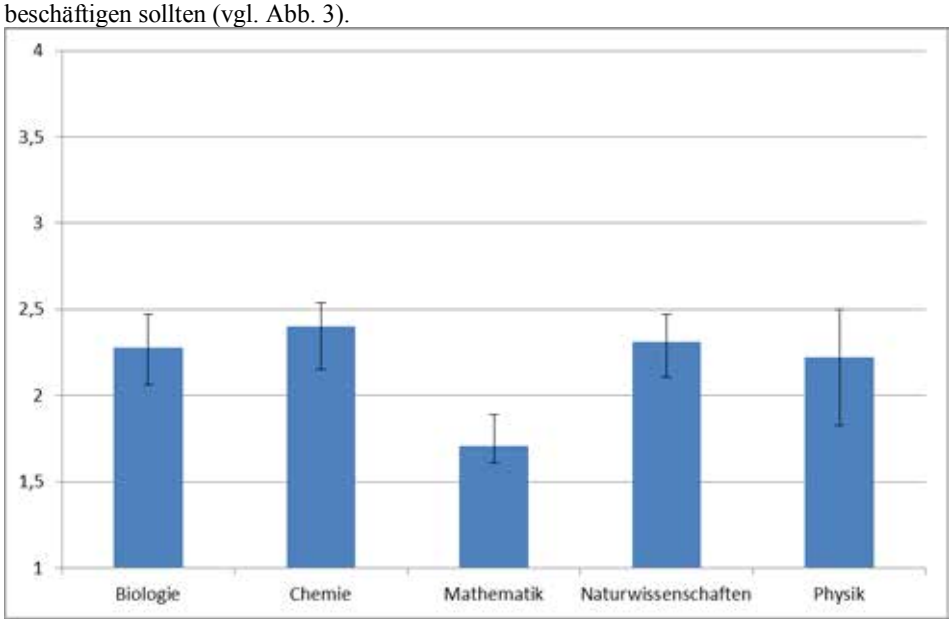


Abb. 3: Lernmotivation des Faches

Umsetzung und Dissemination

In der abgeschlossenen Projektphase haben je zwölf Schulen in Schleswig-Holstein und in Süddänemark eine schülerkuratierte Ausstellung erstellt, in der ein regionales Unternehmen, die dazugehörigen Ausbildungs- und Arbeitsmöglichkeiten und der naturwissenschaftliche Hintergrund präsentiert wurden. Mit der Ausstellung sind die erarbeiteten Berufsinformationen und Fachinhalte an Mitschülerinnen und Mitschüler sowie Eltern und Öffentlichkeit weitergegeben worden.

Lehrkräftefortbildungen

Nach der Phase der Erprobung in den Schulen finden Lehrkräftefortbildungen statt. Da viele Lehrkräfte den direkten akademischen Weg von der Schule über die universitäre Ausbildung zurück an die Schule eingeschlagen haben, finden diese Fortbildungen mit und in Unternehmen statt, so dass die Lehrkräften auch in Unternehmen hineinschnuppern können, um so ihren Schülerinnen und Schülern authentisch erklären zu können, in welchen Unternehmen und Berufen die Lernenden die schulischen Fachinhalte auch benötigen werden. Den Lehrkräften wird die Möglichkeit gegeben, konkret aus ihrer fachlichen Perspektive unterrichtliche Verankerungen in den Unternehmen wahrzunehmen. Dieses Prinzip integriert ein auch von der Eckener Schule in Flensburg vorgeschlagenes Konzept, in dem Lehrkräfte aus den Unternehmensbesuchen, bei denen sie aus ihrem Fachdenken kommend Beispiele für bestimmte fachliche Phänomene/Prinzipien in den Unternehmen erkennen und diese als Lernaufgaben für den eigenen Fachunterricht nutzen. Bei den Fortbildungen werden ebenfalls best practice Beispiele und Materialien vorgestellt.

Literatur

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

Frank, C. (2014). Arbeitswelt als Kontext – Empirische Grundlagen der Gestaltung berufsorientierender Lehr- und Lernprozesse für Naturwissenschaft und Technik. Technische Universität Dresden. Dissertation.

PANaMa. www.panama-project.eu

Hennes Alberding
Verena Pietzner
Universität Oldenburg

Lebensmittelchemische Berufe im Schülerlabor ChemOL[2]

Die Berufswahl sowie die Berufsorientierung bilden in den letzten Jahren ein vieldiskutiertes Thema in Wissenschaft, Politik, Schule und Gesellschaft. Für die wirtschaftliche, soziale und politische Zukunft eines Landes ist das Gelingen des Übergangs der Jugendlichen von der Schule in den Beruf in hohem Maße mitentscheidend (Famulla, Butz, Deeken, Michaelis, Möhle & Schäfer, 2008, S. 11). Obwohl es vielfältige Ausbildungsmöglichkeiten und gute Perspektiven gibt, haben Schülerinnen und Schüler nur wenig Interesse, einen Beruf aus dem Bereich Naturwissenschaft und Technik zu ergreifen. Die Gründe sind dabei sehr vielschichtig; so verfügen Jugendliche nur durchschnittliche Kenntnisse über Berufe aus dem naturwissenschaftlich-technischen Bereich (Haucke, 2014). Gleichzeitig zeigt die internationale ROSE-Studie, dass es dem deutschen Chemieunterricht nicht gelingt, den Lernenden interessante berufliche Perspektiven zu eröffnen (Krause, Stuckey & Eilks, 2014).

Die berufliche Orientierung ist ein mehrjähriger Prozess, welcher einem ständigen Wandel unterliegt. Die Jugendlichen gleichen in dieser Zeit ihr eigenes Interesse, ihr Wissen sowie ihre Wünsche mit den Möglichkeiten, Bedürfnissen und Anforderungen der Berufswelt ab, sodass am Ende dieses Prozesses im besten Fall eine fundierte Berufswahlentscheidung steht. Dieser Prozess kann jedoch nur dann von Erfolg gekrönt sein, wenn die Jugendlichen einerseits in ihrem Entscheidungsprozess eine Vielzahl von beruflichen Möglichkeiten aufgezeigt bekommen und andererseits die Möglichkeit erhalten, in selbst gewählten Berufszweigen konkretere Kenntnisse zu erwerben. In Bezug auf lebensmittelchemische Berufe ist dies leider nicht der Fall. Oft sind Berufe, welche diese Branche auszeichnen, wie der Milchwirtschaftliche Laborant oder der Destillateur, nicht bei den Heranwachsenden bekannt. Selbst sogenannte klassische Berufe der chemischen Branche sind bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I nur im geringen Maße geläufig (Haase, 2017, S. 85). Aus diesen Ausführungen lässt sich folgern, dass Schülerinnen und Schüler nur ein begrenztes Angebot an chemiebezogener Berufsorientierung erhalten und somit Anregungen von eitens der Schulen aber auch weiterer Bildungseinrichtungen erfolgen müssen.

Um den Schülerinnen und Schülern möglichst viele Chancen aufzuzeigen, ist es notwendig im Chemieunterricht entsprechende Ausbildungs-, Weiterbildungs- und Studienberufe zu thematisieren. Dies gilt vor allem für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I, denn in dieser Zeit wird in der Regel eine Berufsentscheidung getroffen. Hierbei muss beachtet werden, im Unterricht nicht nur inhaltliche Berufsfelder theoretisch aufzuzeigen, sondern auch andere Lernsinne anzusprechen (Bertels 2015, S. 11). Nach Deeken und Butz (2010, S. 22f) sollen berufsorientierende Maßnahmen demnach

- Arbeits- und berufsbezogene Systemkenntnisse vermitteln
- Kenntnisse über berufliche Tätigkeiten vermitteln
- Berufs- und arbeitsrelevante Kompetenzen fördern sowie
- praktische Erfahrungen und Kontakte der Berufswelt ermöglichen.

Für die Berufswahl sind Studien zufolge weitere Faktoren, wie z. B. ein Abgleich der eigenen persönlichen Vorstellungen mit den Rollenbildern des angestrebten Berufs, von Bedeutung (Parchmann, Lühken, Haucke & Pietzner, 2014). Ein solches Vorgehen ermöglicht die Förderung der reflektierten Berufswahlentscheidung durch die Lernenden (Bertels, 2015, S. 11).

Parchmann, Lühken, Haucke & Pietzner (2014) weisen auf das Potenzial von vertikaler und horizontaler Berufsorientierung hin. Im Vordergrund steht bei der horizontalen Berufsorientierung den Schülern eines Jahrgangs, unabhängig von einzelnen Unterrichtsfächern, eine Übersicht und eine Bandbreite von verschiedenen Berufszweigen aufzuzeigen. Eine vertikale Berufsorientierung, die einen vertieften Einblick in eine Branche oder in ein Berufsfeld ermöglicht, kann beispielsweise über Schulpraktika in der achten oder neunten Klasse erfolgen. Hier können die Schülerinnen und Schüler, in Abhängigkeit von ihren Interessen und ihrem persönlichen Charakter, in einen konkreten Beruf Erfahrungen sammeln sowie Tätigkeiten ausführen.

Eine Integration in den Fachunterricht sieht dieses ursprüngliche Konzept nicht vor, sodass eine Verknüpfung zwischen beruflichen und fachlichen Inhalten nicht realisiert wird. Es wäre jedoch zielführender, wenn eine Implementierung von horizontalen und vertikalen berufsorientierenden Maßnahmen im Fachunterricht stattfindet. Auch andere Autoren, wie zum Beispiel Butz (2006, S. 6) oder Albertus (2015, S. 49) fordern eine enge Verzahnung der Berufsorientierung mit dem alltäglichen Schulunterricht, denn es ist auch die Aufgabe des Chemieunterrichts, einen Beitrag zur Berufsorientierung zu leisten. Eine berufliche Kontextualisierung des Chemieunterrichts kann dazu beitragen, bei Schülerinnen und Schülern ein verstärktes Interesse für den fachlichen Inhalt zu wecken. Die Konsequenz für den alltäglichen Chemieunterricht ist, dass im Fachkontext des normalen Unterrichts sowohl Berufsfelder als auch konkrete Berufsbilder aufgezeigt werden (Parchmann, Lühken, Haucke & Pietzner, 2014), wobei neben den klassischen Chemieberufen wie z. B. Chemiker oder Chemielaborant auch Berufe mit unterschiedlichen Bezügen zur Chemie (z. B. Destillateur, Milchwirtschaftlicher Laborant,…) aufgezeigt werden sollten. Die Berufsfeldorientierung sowie das damit verbundene Aufzeigen von beruflichen Chancen und die Vorbereitung hierauf, stellen eine wichtige Säule naturwissenschaftlicher Bildung dar (Krause, Stuckey & Eilks, 2014).

Das Lernlabor ChemOL^2 greift die oben beschriebenen Aspekte der aktuellen Diskussion zur Berufsorientierung auf und stellt ein nachhaltigkeitsorientiertes Angebot für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I in Oldenburg und Umgebung dar. Bei Berufen in der produzierenden Lebensmittelindustrie sowie in der Lebensmittelüberwachung ist der Bezug zur Chemie oftmals nicht auf den ersten Blick zu erkennen. Bei Berufsbezeichnungen wie Lebensmittel-technischer Assistent oder des Milchwirtschaftlicher Laborant deuten die Bezeichnungen zunächst nicht auf einen Bezug zur Chemie hin. Der Destillateur wiederum trägt zwar das entsprechende Trennverfahren in der Berufsbezeichnung, wird jedoch ebenfalls nur selten genannt, anders die klassischen Berufe des Chemielaboranten und des Chemisch-technischen Assistenten.

Die konzeptionelle Grundidee des Lernlabors zu lebensmittelchemischen Berufen ist deshalb die Vermittlung chemischer Fachinhalte mithilfe kontextorientierter Unterrichtsmaterialien, wobei der Kontext die Berufsfeldorientierung im Bereich Lebensmittelchemie darstellt. Dabei werden vertieft innerfachliche sowie fachübergreifende Aspekte betrachtet, welche im Regelunterricht nur selten erfolgen.

Die Zielgruppe des außerschulischen Lernstandorts sind vor allem die Jahrgänge 7–10, da in diesem Zeitraum die Jugendlichen, je nach Schulform, beginnen sich intensiv mit der Planung ihrer beruflichen Zukunft auseinander zu setzen. Da die Zielgruppe sowohl Jugendliche umfasst, die einen Ausbildungsberuf anstreben, als auch jene, die ein Studium aufnehmen möchten, werden die im Labor eingesetzten Materialien differenziert gestaltet, sodass diese in allen Schulformen eingesetzt werden können.

Das Angebot soll den Lernenden ermöglichen, sich einen horizontalen Überblick über chemisch relevante Berufe im Bereich der Lebensmittelindustrie zu verschaffen. Hierfür werden berufsorientierende Unterrichtsmaterialien entwickelt, welche die angestrebten Kompetenzen des Chemieunterrichts aufgreifen, kontextorientiert vertiefen und darüber hinaus weitere, für chemische Berufe notwendige, Kompetenzen aufbauen helfen sollen, wie die Bewertung und Formulierung von Handlungsempfehlungen auf Basis durchgeführter Messergebnisse. Die Materialentwicklung erfolgt auf Basis der genannten drei Vermittlungsebenen unter Berücksichtigung einer zielgruppengerechten, schülerorientierten Reduzierung. Dabei muss die Komplexität der Themen entsprechend der Leistungsfähigkeit und -bereitschaft der Jahrgangstufen reduziert werden, ohne die Vielschichtigkeit zu stark zu elementarisieren. Dies gilt vor allem für die Vermittlung von Berufsbildern und typischen Tätigkeiten, denn es sollen möglichst keine stereotypischen Aspekte eines Berufes vermittelt werden. Die Auswahl der Arbeitsmaterialien ist für den Verlauf des Lernprozesses ein entscheidender Faktor, denn die Qualität der Materialien hat einen entscheidenden Einfluss auf das selbstständige laborpraktische Arbeiten der Schüler (Hofstein & Lunetta, 2004; Albertus, 2015, S. 55f.). Es werden Experimente ausgewählt, die sich als Schülerversuche eignen, um einerseits die Motivation und Denkprozesse der Schüler zu fördern, andererseits um die Auseinandersetzung mit dem Beruf anzuregen, indem die Schüler eine bestimmte Tätigkeit simulieren und Informationen zu den jeweiligen Berufen mit ihrer eigenen Identität abgleichen. Dieses ist für den Wissensaufbau sowie der Reflexion der eigenen Tätigkeit nach den theoretischen Grundlagen notwendig. So bestimmen die Jugendlichen an einer Station experimentell den Säuregrad einer Milch nach Soxhlet-Henkel. Dieses Verfahren wird in der Milchwirtschaft genutzt, um zu untersuchen, ob sich die Milch zur Käseherstellung eignet; dafür darf die Milch einen bestimmten Säuregehalt nicht übersteigen. Zur Bestimmung titrieren die Schülerinnen und Schüler die Milch mit verdünnter Natronlauge ($c = 0{,}25$ mol/L) und bewerten das Ergebnis.

Das Lernlabor ChemOL^2 mit dem Schwerpunkt lebensmittelchemische Berufe ist so konzipiert, dass es in den Räumlichkeiten der Universität Oldenburg als auch in naturwissenschaftlichen Kursräumen an weiterführenden Schulen durchgeführt werden kann. Der Ablauf ist dabei standortunabhängig. Zunächst wird die Klasse kurz in die Thematik des Schülerlabors eingeführt, anschließend erfolgen zwei Experimentalblöcke von je 90 Minuten in dem die Lernenden die oben beschriebenen Materialien experimentell bearbeiten. Anschließend erfolgt eine Nachbesprechung, in welcher anschließend die neu gewonnenen Erfahrungen ausgetauscht und besprochen werden. Alle drei Phasen berücksichtigen berufsorientierende Aspekte. Die Notwendigkeit eines mobilen Schülerlabors zeigt sich insbesondere bei der Betrachtung der Region Oldenburg, Oldenburger Land, sowie des Oldenburger Münsterlands und der Küstenregion rund um Friesland. Die Nachfrage an berufsorientierenden Maßnahmen seitens der Schulen ist vorhanden, jedoch stellt die räumliche Distanz häufig ein organisatorisches und auch finanzielles Problem für Schulen dar.

Literatur

Albertus, M. (2015). Berufliche Orientierung als Bestandteil zeitgemäßen Chemieunterrichts. Eine Interventionsstudie zur Implementierung ausgewählter berufsorientierender Elemente in chemiebezogene Lernumgebungen der Sekundarstufe I (Dissertation), abrufbar unter: http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000018057/ Dissertation_Michael_Albertus.pdf [Zugriff am 10.10.2017].

Bertels, N. (2015). Unterrichtsrelevante Einflussfaktoren auf chemiebezogene Berufswahlabsichten im Meinungsbild von Jugendlichen – eine empirische Studie über fachbezogene Entwicklungsaufgaben, Selbst-Prototyp-Abgleich, chemiebezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und motivationales Lernklima im Chemieunterricht. Dissertation, FU Berlin, abrufbar unter: http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/ MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000018067/DissxNinaxBertels.pdf [Zugriff am 10.10.2017].

Butz, B. (2006). Berufsorientierung an Schulen mit Ganztagsangebot. Eine Expertise im Auftrag des BLK-Verbundprojekts „Lernen für den GanzTag“ (Brandenburg), abrufbar unter: https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/faecher/gesellschaftswissenschaften/wirtschaft_arbeit_technik/Butz_Berufsorientierung_01.pdf [Zugriff am 06.10.2017].

Deeken, S., & Butz, B., (2010). Berufsorientierung - Beitrag zur Persönlichkeitsentwicklung. Bundesinstitut für Berufsbildung, abrufbar unter: https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/ de/publication/show/6544 [Zugriff am 10.10.2017].

Famulla, G.E., Butz, B., Deeken, S., Michaelis, U., Möhle, V., & Schäfer, B., (2008). Zielsetzung und Einordnung des Programms „Schule-Wirtschaft/Arbeitsleben“. In Berufsorientierung als Prozess -Persönlichkeit fördern, Schule entwickeln, Übergang sichern, Hohengehren: Schneider Verlag, 11-25.

Haase, L., (2017). Kenntnisse, Einstellungen und Bewertungen von Jugendlichen bezüglich chemischer Berufe. Ergebnisse eine Fragebogenstudie in der Sekundarstufe I an allgemein bildenden Schulen. Dissertation, Universität Oldenburg, abrufbar unter http://oops.uni-oldenburg.de/3222/1/haaken17.pdf [Zugriff am 14.10.2017].

Haucke, K. (2014). Berufsorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Anforderungen an die Lehrkräfte und Möglichkeiten einer praktischen Umsetzung. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 25 (140), 7-12.

Hofstein, A., Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education/Foundations for the twenty-first centrury. Science education, 88 (1), 28-54.

Krause, M., Stuckey, M., & Eilks, I. (2014). Spielend und multimedial über Berufe mit Chemiebezug lernen. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 25 (140), 13-17.

Parchmann, I., Lühken, A., Haucke, K., Pietzner, V. (2014). Chemie als Beruf – Chemie in Berufen! Vielfalt chemischer Perspektiven zur Berufsorientierung. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 25 (140), 2-6.

Judith Breuer
Christoph Vogelsang
Peter Reinhold

Universität Paderborn

Materialnutzung bei der Planung von Physikunterricht
Ergebnisse einer Interviewstudie

Einleitung

Ein wichtiges Ziel fachdidaktischer Forschung ist die Entwicklung von innovativen Unterrichtskonzepten auf Grundlage empirischer Erkenntnisse zur Verbesserung der Unterrichtsqualität. Ein möglicher Weg, solche Innovationen zu implementieren, verläuft über die Bereitstellung von entsprechend aufbereitetem Material für die Unterrichtsvorbereitung. Dieser Weg bietet sich insofern an, weil so Lehrkräfte schnell und flächendeckend erreicht werden können und dies außerdem der typischen Vorgehensweise bei der Unterrichtsvorbereitung entspricht, nämlich, dass Lehrkräfte selbstständig Materialien verwenden, um ihnen Elemente für ihre Unterrichtsplanung zu entnehmen. Für einige Konzepte liegen bereits erste Erkenntnisse zur Wirksamkeit dieser Vorgehensweise vor (vgl. z. B. Möller et al., 2009; Wilhelm et al., 2011), allerdings werden gegenwärtig innovative Neuentwicklungen nur von wenigen Lehrkräften im Unterricht umgesetzt.

Ziel dieser Studie ist es daher, mehr über die Materialnutzung und den Bedarf von Lehrkräften zu erfahren, um langfristig die Materialentwicklung zu optimieren, indem gezielter auf Bedürfnisse von Lehrkräften eingegangen werden kann. Dadurch soll der Anreiz für Lehrkräfte erhöht werden, bereitgestellte innovative Unterrichtskonzepte zu implementieren.

Forschungsstand

Die Nutzung von Materialien spielt bei der Unterrichtsplanung generell eine wichtige Rolle. In einer Studie zum lauten Denken mit 14 Mathematiklehrkräften wurde der Planungsprozess von Bromme (1981) näher untersucht. Demnach stellen das Schulbuch und die eigene Materialsammlung der Lehrkräfte zentrale Quellen bei der Unterrichtsvorbereitung dar (vgl. Tebrügge, 2001). In einer weiteren Studie wurden beispielsweise 1066 Lehrkräfte verschiedener Fächer schriftlich zum Einsatz des Lehrplans befragt, wonach dieser vor allem zur langfristigen Planung herangezogen wird (Vollstädt et al., 1999).

Für das Fach Physik wurde die Verwendung des Schulbuches mit einer schriftlichen Befragung von über 550 Lehrkräften genauer untersucht (Merzyn, 1994). Dabei wurde deutlich, dass das Schulbuch weniger im Unterricht selbst, sondern primär bei der Unterrichtsplanung verwendet wird. Härtig et al. (2012) konnten diese Ergebnisse durch eine Fragebogenstudie mit 112 Physiklehrkräften bestätigen und zudem den Verwendungszweck des Schulbuches differenzierter analysieren. Demnach wird das Schulbuch vor allem für die Auswahl von Inhalten, als Aufgabensammlung und zur Kontextsuche genutzt. Darüber hinaus berichten sie, dass neben dem Schulbuch der Lehrplan und Online-Quellen am häufigsten im Planungsprozess genutzt werden, wohingegen auf Fachzeitschriften oder Begleitmaterial für Lehrkräfte eher weniger zurückgegriffen wird (vgl. Bromme, 1981).

Insgesamt liegen allerdings nur wenige aktuelle Studien für dieses Forschungsgebiet vor, insbesondere für das Fach Physik. Ziel dieser Studie soll sein, dieses Desiderat anzugehen

und neben der Analyse der Nutzung verschiedener Materialien bei der Unterrichtsplanung auch Handlungsmuster im Umgang mit Materialien zu charakterisieren, um einen empirisch fundierten Beitrag zur Weiterentwicklung von Unterrichtsmaterialien liefern zu können.

Methode

Als Erhebungsinstrument wurden leitfadengestützte halboffene Interviews gewählt, um explorativ Erkenntnisse zu gewinnen. Es wurden insgesamt 31 (angehende) Physiklehrkräfte aus NRW, Niedersachsen und Hamburg interviewt. Der Anteil weiblicher Probanden beträgt 52 Prozent (siehe Tab. 1). Alle Interviews wurden von derselben Person in einer vertrauensvollen Gesprächsatmosphäre geführt, um eine möglichst große Authentizität der Antworten zu gewährleisten.

		HRSGe	GyGe	**Gesamt**
Studierende	Vor PS[1]	2	3	**10**
	Im PS	1	-	
	Nach PS	1	3	
Referendare		4	6	**10**
Lehrkräfte		3	8	**11**
Gesamt		**11**	**20**	**31**

Tab. 1: Zusammensetzung der Stichprobe

Die transkribierten Interviews wurden mittels strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (Kuckartz, 2012). Zur Überprüfung der Interrater-Reliabilität des entwickelten Kategoriensystems findet momentan noch eine Zweitkodierung statt.

Ergebnisse

Auf Basis der erhobenen Daten konnte die Nutzung einzelner Materialien im Planungsprozess näher analysiert werden. Dabei konnten insgesamt 14 Funktionen von Materialien bei der Planung von Physikunterricht identifiziert werden, wie zum Beispiel *Auswahl fachlicher Inhalte*, *Suche nach Experimenten* oder *Ideensuche.* Auffallend ist, dass das Schulbuch bei weitem für die meisten Funktionen bei der Unterrichtsvorbereitung genutzt wird und damit anscheinend eine zentrale Rolle im Planungsprozess einnimmt (siehe dazu Abbildung 1). Weiterhin scheinen Online-Quellen eine wichtige Anlaufstelle darzustellen. Ähnlich zu den vorgestellten Ergebnissen bisheriger Studien werden dagegen Materialien wie Lehrerzeitschriften oder Begleitmaterial von den Probanden vergleichsweise wenig genutzt.

Neben der Analyse einzelner Materialien wurde auch die personenspezifische Nutzung betrachtet. Dabei stellte sich heraus, dass die befragten Referendare am vielseitigsten bei der Unterrichtsvorbereitung vorgehen und sich im Vergleich zu den Studierenden und Lehrkräften am stärksten am Lehrplan orientieren. Dagegen greifen die befragten Lehrkräfte häufiger auf die eigene Materialsammlung zurück. Die Orientierung am Schulbuch ist bei den Studierenden besonders stark ausgeprägt.

Darüber hinaus wurde eine qualitative Typenbildung vorgenommen, wobei die Merkmale *experimentierfreudig*, *zeiteffizient*, *ergebnisorientiert* und *Anzahl der häufig genutzten Materialien* als Dimensionen definiert wurden (Kluge, 1999). Es konnten drei

[1] PS steht für das Praxissemester in NRW, welches in der Regel im 2. Mastersemester absolviert wird.

unterschiedliche Typen bezüglich der Materialnutzung charakterisiert werden: der Pragmatiker, der Kreative und der Vorsichtige.

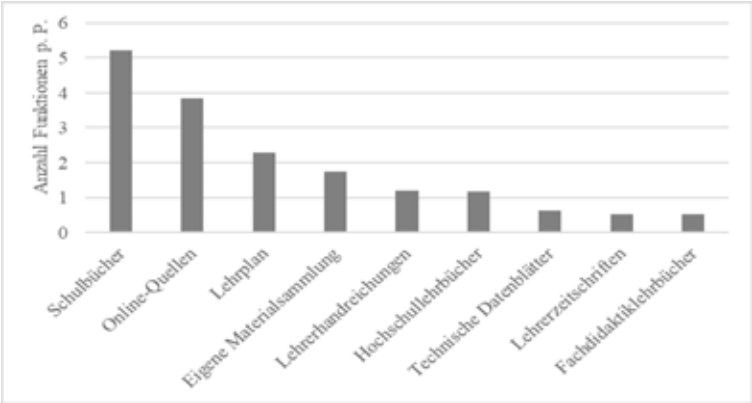


Abb. 1: Durchschnittliche Anzahl von Funktionen pro Material

Diese Typen werden in Tabelle 2 näher vorgestellt. Der größte Anteil der Probanden gehört dem pragmatischen Typus an, welcher im Gegensatz zu den beiden anderen Typen nur auf wenige Materialien im Planungsprozess zurückgreift.

Pragmatiker	Kreativer	Vorsichtiger
- Zeiteffizient - Nutzung weniger Materialien - Starke Orientierung am Schulbuch - Nicht experimentierfreudig - V. a. männliche Probanden - Anzahl der Probanden: 17	- Hoher zeitlicher Aufwand - Nutzung vieler Materialien - Viele Anpassungen am Schulbuch - Experimentierfreudig - Beide Geschlechter - Anzahl der Probanden: 5	- Hoher zeitlicher Aufwand - Nutzung vieler Materialien - Starke Orientierung am Schulbuch - Nicht experimentierfreudig - Nur weibliche Probanden - Anzahl der Probanden: 9

Tab. 2: Typen zur Vorgehensweise bei der Unterrichtsvorbereitung

Die Analyse der in den Interviews genannten Verwendungsgründe für Materialien (z. B. *praktisch/verfügbar* oder *sichere Quelle*) konnte die charakterisierten Nutzungstypen bestätigen. Es fällt auf, dass die Verteilung über die verschiedenen Erfahrungsstufen ähnlich ist, sodass vermutlich primär bestimmte Persönlichkeitsmerkmale und Werthaltungen ausschlaggebend für die verschiedenen Nutzungsmuster sind.

Ausblick

Aus den gewonnenen Erkenntnissen kann geschlossen werden, dass zur Implementation innovativer Ideen in der Praxis weniger auf die Vermittlung z. B. über Lehrerzeitschriften gesetzt werden sollte, wie es derzeit noch häufig der Fall ist. Stattdessen scheint die Bereitstellung von Materialien durch Online-Quellen eine vielversprechende Möglichkeit darzustellen, Lehrkräfte flächendeckend zu erreichen. Unter den charakterisierten Typen scheint vor allem der kreative Typus offen für neue Ideen zu sein, dieser macht allerdings den geringsten Anteil unter den Teilnehmenden aus. Um mit einem neu entwickelten Unterrichtskonzept also nicht auf Ablehnung zu stoßen, erscheint es empfehlenswert, an den Gewohnheiten der Lehrkräfte anzuknüpfen (vgl. Gräsel & Parchmann, 2004). Neben den gewonnenen Erkenntnissen sollte noch näher untersucht werden, wie Lehrkräfte mit innovativen Unterrichtskonzepten selbstständig umgehen, wenn ihnen diese zur Verfügung gestellt werden. Dazu ist ein Folgeprojekt in Planung.

Literatur

Bromme, R. (1981): Das Denken von Lehrern bei der Unterrichtsvorbereitung. Eine empirische Untersuchung zu kognitiven Prozessen von Mathematiklehrern. Weinheim: Beltz

Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004): Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. Unterrichtswissenschaft, 32 (4), 196-214

Härtig, H., Kauertz, A., & Fischer, H. (2012): Das Schulbuch im Physikunterricht. In B. Ralle (Hrsg.), Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 65 (4). Neuss: Seeberger-Verlag, 197-200

Kluge, S. (1999): Empirisch begründete Typenbildung. Zur Konstruktion von Typen und Typologien in der qualitativen Sozialforschung. Opladen: Leske und Budrich

Kuckartz, U. (2012): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computeruntersützung. Weinheim: Beltz.

Merzyn, G. (1994): Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht. Kiel: IPN

Möller, K., Kleickmann, T., & Tröbst, S. (2009): Die forschungsgeleitete Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für die frühe naturwissenschaftliche Bildung. Beiträge zur Lehrerbildung, 3, 415-423

Tebrügge, A. (2001): Unterrichtsplanung zwischen didaktischen Ansprüchen und alltäglicher Berufsanforderung. Eine empirische Studie zum Planungshandeln von Lehrerinnen und Lehrern in den Fächern Deutsch, Mathematik und Chemie. Frankfurt a. M.: Lang

Vollstädt, W., Tillmann, K.-J., Rauin, U., Höhmann, K., & Tebrügge, A. (1999): Lehrpläne im Schulalltag. Eine empirische Studie zur Akzeptanz und Wirkung von Lehrplänen in der Sekundarstufe I. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften

Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M., & Wiesner, H. (2012): Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik. In S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Berlin: LIT-Verlag, 31-47

Jennifer Dörschelln Universität zu Köln
Jun. Prof. Amitabh Banerji

OLEDs – Auf dem Weg zur Implementation eines innovativen Themas im Chemieunterricht

Organische Leuchtdioden – Eine curriculare Innovation

Die Frage danach, wie curriculare Innovationen in die Praxis des Chemieunterrichts einfließen können, sind im Kontext von Schulqualität bzw. Schulverbesserung aber auch auf schulpolitischer Ebene im Sinne der Bildungsplanung- und steuerung von großer Bedeutung (Goldenbaum, 2012). Trotzdem wird an wissenschaftliche Forschung immer noch der Vorwurf laut, die Qualität des Bildungswesens in zu geringem Maße zu beeinflussen (Gräsel, 2010). Fixsen und Odgen (2014) sprechen dabei von einer „science to service gap" aus der letztendlich die Implementationsforschung gewachsen ist. Implementation meint dabei die Umsetzung von Innovationen in die Praxis (Rürup & Bormann, 2013) und wird auch unter dem Stichwort Transfer genutzt (Jäger, 2004).

Das übergeordnete Forschungsziel dieser Arbeit ist es die curriculare Innovation „organische Leuchtdioden" (OLEDs) in den Chemieunterricht zu implementieren (Banerji, Dörschelln & Schwarz, 2017). Da OLEDs bereits in vielen Displays - beispielsweise in Smartphones - verbaut werden, stellen sie ein alltagsnahes und motivierendes Thema für Schüler dar. Durch ihre vielfältigen Eigenschaften werden sie in immer mehr Endgeräten Einsatz finden, aber auch neue Möglichkeiten für die Zukunft bereithalten, wie beispielsweise aufrollbare Computer (Royole, 2017) oder transparente, flächige Leuchtmittel (Philips, 2017).

Forschungsdesign

Aufbauend auf der Arbeit von Banerji, Tausch und Scherf (2012), die den industriellen Bau einer OLED für den Schuleinsatz transformiert und bereits erste Lernmaterialien dazu erstellt haben, wurden erste Untersuchungen im Schülerlabor der Chemiedidaktik der Universität zu Köln durchgeführt. Anhand von Beobachtungsstudien wurde dabei bereits erstelltes Material in iterativen Zyklen evaluiert, optimiert und erweitert. Das resultierende OLED Konzept wurde darauf folgend Lehrern aus Hessen und NRW in verschiedenen Lehrerfortbildungen mit dem Ziel vorgestellt, dass die Praktiker Materialien und Methoden evaluieren und Änderungsvorschläge einbringen können.

Im Folgenden werden Forschungsergebnisse aus den Fragebogendaten der Lehrerfortbildungen vorgestellt, die erste Hinweise darüber liefern sollen, wo und wie eine Implementation in der Schule überhaupt stattfinden kann. Darüber hinaus ist eine positive Einstellung der Lehrer gegenüber dem innovativen Thema von entscheidender Bedeutung für einen Implementationserfolg. Daher wurden, vor dem Hintergrund verschiedener Arbeiten (Michie et al., 2005; Petermann 2014; Damschroder et al. 2009), die sich mit der Erhebung des Implementationserfolgs beschäftigen, die Einstellungen der teilnehmenden Lehrer bezogen auf die Dimensionen Machbarkeit, Angemessenheit und Förderlichkeit des Themas in Hessen und NRW erhoben.

Abschließend wurde untersucht, wie das Thema im regulären Chemieunterricht konkret umgesetzt wird. Dazu wurde der Unterricht von fünf Lehrern aus NRW dokumentiert, die das Thema OLEDs in ihrer Lerngruppe eingesetzt haben. Im Anschluss an den Unterricht wurden darüber hinaus Interviews geführt, in denen die Lehrer den Einsatz der OLED in ihrem Unterricht evaluieren und weiteren Optimierungsbedarf aufdecken sollten.

Ergebnisse

Die Fragebogendaten aus den Lehrerfortbildungen in Abbildung eins zeigen, dass alle Lehrer in NRW und über 50% der Lehrer in Hessen die OLED im regulären Chemieunterricht einsetzen würden. Kein Lehrer würde das Thema für seine Schüler generell ausschließen. Diese positiven Ergebnisse decken sich auch mit den Einstellungen zum Einsatz des Themas in Abbildung drei. Insgesamt weisen über 88% aller Lehrer in NRW und Hessen eine positive Einstellung zum Einsatz der OLEDs im Chemieunterricht auf. Bei der Analyse der Einstellungsabhängigkeit vom Bundesland zeigt sich, dass die positiven Einstellungen der Lehrer unabhängig vom Bundesland sind (T-Test: p(.87)>.05). Dies deutet darauf hin, dass die landesspezifische Lehrerausbildung wie auch unterschiedliche Lehrpläne vermutlich keine Rolle bei der Implementation von OLEDs spielen. Für eine belastbare Aussage müssen aber insgesamt mehr Lehrer befragt werden.

Bei der Frage danach, welche Inhalte bei der Umsetzung des Themas im Unterricht eingesetzt werden sollen (Abbildung zwei), zeigt sich, dass alle Lehrer in beiden Bundesländern das Experiment zum Bau der OLED in ihrem Unterricht durchführen würden. Die wenigsten Lehrer würden hingegen OLED- und LC- (Flüssigkristall) Displays vergleichen. Mögliche Gründe hierfür können sein, dass dieser Inhalt für einige Lehrer fachlich zu anspruchsvoll oder zu weit entfernt vom landespezifischen Lehrplan ist.

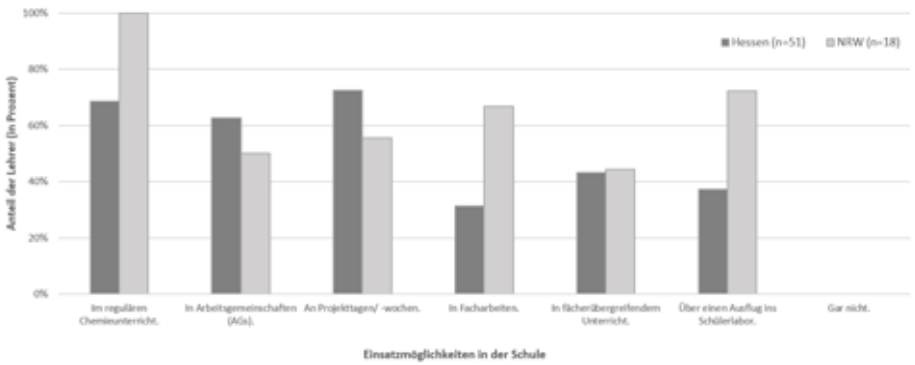


Abb. 1: Fragebogen-Ergebnisse von Lehrern in Hessen und NRW zum Item: „Folgendermaßen würde ich die OLED für meine Schüler einsetzen:“.

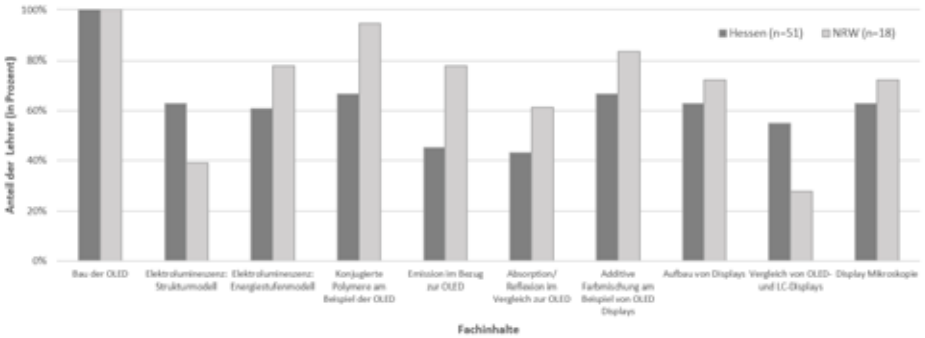


Abb. 2: Fragebogen-Ergebnisse von Lehrern in Hessen und NRW zum Item: „Folgende Inhalte würde ich gerne bei der Einbindung des Themas in meinem Unterricht einsetzen.“.

Abb. 3: Fragebogen-Ergebnisse von Lehrern (n=69) aus Hessen und NRW zu drei Einstellungsmerkmalen gegenüber der Innovation. Skala a) und b): 1= Ich stimme nicht zu, 4= Ich stimme zu. Skala c): 1= hinderlich, 4= förderlich

Die Unterrichtsdokumentation zeigte, dass drei von fünf Lehrern in NRW das Thema OLEDs in ihren Kursen als Wiederholungseinheit vor dem Abitur einsetzten. Ein Lehrer unterrichtete es in der Qualifikationsphase II zwischen Farb- und Kunststoffen, ein anderer innerhalb der Elektrochemie in der Qualifikationsphase I. Dies zeigt, dass es für Lehrer vielfältige Anbindungsmöglichkeiten an den Chemie-Lehrplan der Qualifikationsphase in NRW gibt. Bestätigt wird dieses Ergebnis auch durch die Aussage eines Lehrers im Interview nach dem Unterricht: *„In der Qualifikationsphase insgesamt muss man seinen Fokus darauf legen, lehrplankonform zu arbeiten und deshalb ist das Thema halt besser geeignet als andere innovative Themen, weil es Lehrplanbezug hat.“* (Zitat aus einem Lehrerinterview).

In den Interviews nach dem Unterricht gaben die Lehrer an zufrieden mit ihrem Unterricht gewesen zu sein, besonders auch weil alle Schüler erfolgreich eine OLED bauen konnten. Ein Lehrer hob besonders hervor, dass es möglich war das Thema ohne größeren Aufwand einzusetzen: *„Ich habe da jetzt nicht übermäßig viel Zeit rein investiert und das auch so bewusst entschieden, dass ich keinen UB (Unterrichtsbesuch) daraus mache, sondern so normalen Alltagsunterricht. Weil darum soll es ja auch gehen. Ob man das im Alltag umsetzen kann und nicht ob man mit mega viel Aufwand da irgendwas Tolles zaubern kann. Darum ging es ja nicht. Und deshalb finde ich das auch gut, dass es jetzt auch geklappt hat, weil das zeigt halt, dass es auch realistisch ist.“* (Zitat aus einem Lehrerinterview).

Fazit und Ausblick

Hinweise auf einen möglichen Implementationserfolg von OLEDs im Chemieunterricht geben die positiven Einstellungen von Lehrern gegenüber der Innovation, wie auch die vielfältigen Anbindungsmöglichkeiten an den Lehrplan. Neben der Zufriedenheit mit dem Einsatz des Themas im eigenen Unterricht, gaben die Lehrer darüber hinaus an, das Thema in Zukunft erneut einzusetzen und es im Fachkollegium weitertragen zu wollen. Diese beiden Punkte stützen folglich auch die Nachhaltigkeit der Innovation für den Chemieunterricht. Wie die Einstellung in anderen Bundesländern ausfällt, muss bundesweit ausgerichtete Forschung zeigen. Um eine nationale Dissemination in Schulen generell zu ermöglichen, müssen weitere Lehrerfortbildungen stattfinden und weiterhin die Bedürfnisse der ausführenden Lehrer aufgenommen und in das OLED Konzept integriert werden.

Literatur

Banerji, A., Dörschelln, J. & Schwarz, D. (2017). Organische Leuchtdioden im Chemieunterricht, Chemie in Unserer Zeit, im Druck

Banerji, A., Tausch, M. W. & Scherf, U. (2012). Fantastic Plastic. CHEMKON, 19 (1), 7–12

Damschroder, L. J., Aron, D. C., Keith, R. E., Kirsh, S. R., Alexander, J. A. & Lowery, J. C. (2009). Fostering implementation of health services research findings into practice: a consolidated framework for advancing implementation science. Implementation science: IS, 4, 50

Fixsen, D. L. & Ogden, T. (2014). Facing the Challenges of Implementation. Zeitschrift für Psychologie, 222 (1), 1–3

Goldenbaum, A. (2012). Innovationsmanagement in Schulen. Eine empirische Untersuchung zur Implementation eines Sozialen Lernprogramms. Wiesbaden: Springer VS.

Gräsel, C. (2010). Stichwort. Transfer und Transferforschung im Bildungsbereich. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 13 (1), 7–20

Jäger, M. (2004). Transfer in Schulentwicklungsprojekten. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften

Michie, S., Johnston, M., Abraham, C., Lawton, R., Parker, D. & Walker, A. (2005). Making psychological theory useful for implementing evidence based practice: a consensus approach. Quality & safety in health care, 14 (1)

Olswang, L. B. & Prelock, P. A. (2015). Bridging the Gap Between Research and Practice: Implementation Science. Journal of speech, language, and hearing research: JSLHR, 58 (6)

Petermann, F. (2014). Implementationsforschung. Grundbegriffe und Konzepte. Psychologische Rundschau, 65 (3), 122–128

Philips (Hrsg.). (2017). Philips Lumiblade OLED Panel Brite FL300ww. Truly functional OLED light, Philips Lighting Holding B.V. Verfügbar unter http://www.lighting.philips.de/prof/betriebsgeraete/led-treiber/lumiblade-oled-panel-brite-fl300

Royole (Hrsg.). (2017). The World's Thinnest Flexible Display. Verfügbar unter: http://www.royole.com/flexible-display

Rürup, M. & Bormann, I. (Hrsg.). (2013). Innovationen im Bildungswesen. Analytische Zugänge und empirische Befunde (Educational governance, Bd. 21). Wiesbaden: Springer Fachmedien

Dennis Roggenkämper Universität Göttingen
Nele Milsch
Thomas Waitz

Aufgabenbasierte Videotutorials: Digitale Lehr-/Lernwerkzeuge in der schulischen und universitären Chemieausbildung

Abstract
Aufgabenbasierte Videotutorials sind ein neues Lehr-/Lernmedium insbesondere zur Vermittlung und Vertiefung von fachlichen Kompetenzen. Die Kernidee unserer Videotutorials für das Fach Chemie ist eine Verknüpfung konkreter Aufgaben- und Problemstellungen, deren Lösungen in kurzen Videos anschaulich erläutert werden. Die Lösungswege werden kleinschrittig mittels gestufter Lernhilfen erklärt und begründet, sodass diese von Studierenden mit den unterschiedlichsten Prädispositionen (Vorwissen, Lerngeschwindigkeit, Motivation) für die Gestaltung von Lernprozessen genutzt werden können. Dabei kann dieses Lehrformat verschiedene Funktionen einnehmen:
(1) Wiederholung grundlegender Fachkompetenzen (2) Kontrolle von Ergebnissen (3) Kennenlernen und reflektieren alternativer Lösungswege (4) Unterstützung beim Erwerb und der Vertiefung eigendiagnostischer Kompetenzen und damit (5) Unterstützung des selbstgesteuerten Lernens. Darüber hinaus werden mit den Videotutorials auch Möglichkeiten zur Individualisierung von Lehr-/Lernprozessen geboten, womit auch das Ziel verfolgt wird, den heterogenen Lernvoraussetzungen entgegenzuwirken.

Chancen beim Lernen mit Videos

Im englischsprachigen Raum haben sich Lernvideos in den naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen etabliert und einen positiven Effekt auf den Erwerb und die Festigung von Fachwissen. *He* untersuchte die Lernwirksamkeit von Videos in einer Vergleichsstudie im Rahmen eines Kurses zur Analytischen Chemie. Die Ergebnisse zeigen, dass der Lernerfolg (Qualität der Hausaufgaben) mit unterstützenden Lernvideos deutlich besser ausfällt als ohne Videos. Zudem haben Studierende auch durch das Lernen mit den Videos in den Prüfungen bessere Resultate erzielt als zuvor ohne die Anleitungen (He, Swenson & Lents, 2012).
Ansprechend gestaltete und im Internet schnell verfügbare Videos besitzen nach *Wells* das Potenzial die Studierenden zum Lernen zu motivieren und damit die Zufriedenheit steigern. Evaluationen ist zu entnehmen „[…] video tutorials have the potential to improve student satisfaction and grades by enabling and encouraging students to learn how they want, when they want, and at a pace that suits their need.“ (Wells, Barry & Spence, 2012).
Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der modernen Lehr-/Lernforschung ergeben sich für die Einbindung sowie das Nutzen von Videos weitere Vorteile. Multimediale, interaktive Präsentationen unterstützen die kognitive Verarbeitung vernetzter und komplexer Informationen, da die entscheidenden Inhalte über mehrere Sinneskanäle aufgenommen werden können. Die Hinterlegung von Darstellungen mit Ton kann zu einer kognitiven Summation führen, wodurch komplexere Sachzusammenhänge besser verarbeitet und langfristig gespeichert werden können (Niegemann, 2004).
Zudem kann die Einbindung von dynamischen Visualisierungen und Modellen zusätzlich Konzeptverständnisse unterstützen, wodurch chemische Sachzusammenhänge in zeitlicher Kontiguität anschaulicher auf der makroskopischen, submikroskopischen und formellen Repräsentationsebene hergestellt werden können (Johnstone, 1993; Stieff & Wilensky, 2003).

Lehr-/Lerntheoretische Grundlagen
Die nachfolgenden Prinzipien dienen als Richtlinie für die Entwicklung und Gestaltung der aufgabenbasierten Videotutorials. Um die Lernenden maximal zu aktivieren und möglichst langfristig die Lernbereitschaft aufrechtzuerhalten, wurden die medialen Elemente didaktisch begründet miteinander kombiniert, damit spezifische Inhalte elaborativ verarbeitet werden und nachhaltig gesichert werden.

- Multimediale Gestaltungsprinzipien nach *Mayer* und Wahrnehmungsgesetze nach *Schmidtkunz* (Mayer, 2009; Schmidtkunz, 1983).
- Handlungsempfehlungen zur Produktion von videozentrierten Online-Lerneinheiten nach *Petko* und *Reusser* (Petko & Reusser, 2005).
- Verknüpfung der Repräsentationsebenen nach *Johnstone* und im Sinne der Connected Chemistry (Johnstone, 1993; Stieff & Wilensky, 2003).
- Lernen aus klassischen Musterbeispielen (Rourke & Sweller, 2009).
- Lernen mit gestuften Lernhilfen (Stäudel, 2009).
- Lernen aus Problemstellungen (Savery, 2006).

Struktur aufgabenbasierter Videotutorials
Unter Berücksichtigung der genannten lehr-/lerntheoretischen Grundlagen wurde folgende Struktur für aufgabenbasierte Videotutorials festgelegt:

Abb. 1: Struktur zur Gestaltung von aufgabenbasierten Videotutorials.

Umsetzung am Beispiel der Druckabhängigkeit des chemischen Gleichgewichts
Das chemische Gleichgewicht ist nach *Finlay* eines der kompliziertesten Themen im Chemieunterricht (Finlay, Stewart & Yarroch, 1982); der Literatur können zu dieser Thematik diverse Präkonzepte und Fehlvorstellungen entnommen werden (Barke, 2006).
Mit dem Videotutorial soll den Studierenden das chemische Gleichgewicht und die Beeinflussung durch den Druck anschaulich erläutert werden sowie bestehende Präkonzepte umorganisieren und Fehlvorstellungen beheben.

In einem Kolbenprober dimerisiert bei einer Temperatur von 25 °C Stickstoffdioxid (NO_2) zu Distickstofftetroxid (N_2O_4). Im Gleichgewicht stellt sich ein Partialdruck von 32000 Pa für Stickstoffdioxid und 0,68 bar für Distickstofftetroxid ein.

Berechne die Gleichgewichtskonstante K_p und beschreibe die Gleichgewichtsverschiebung bei Verringerung des Kolbenvolumens.

Abb. 2: Aufgabe zur Druckabhängigkeit des chemischen Gleichgewichts.

Nach der Vorstellung der Aufgabenstellung (siehe Abb. 2) folgt ein kurzes Videoexperiment, das zur Aktivierung sowie zur Veranschaulichung der makroskopischen Ebene dient. Es soll den Zugang zur Fragestellung erleichtern, denn die Aufnahme von Informationen ins Gedächtnis sowie ihre Integration in den Lernprozess sind signifikant mit der visuellen Wahrnehmung verbunden. Im Anschluss an die Präsentation des Experiments wird das konkrete Problem expliziert, worauf eine Übersicht über die einzelnen Teilschritte erfolgt, die zur Lösung der Aufgabe essentiell sind. Die nachfolgende Berechnung der Gleichgewichtskonstante sowie die Erklärung der Druckabhängigkeit erfolgen deduktiv: Ausgehend von der Aufgabenstellung werden zuerst die notwendigen Grundprinzipien, Konzepte und Formeln präsentiert. Danach erfolgt der Transfer auf das konkrete Beispiel.

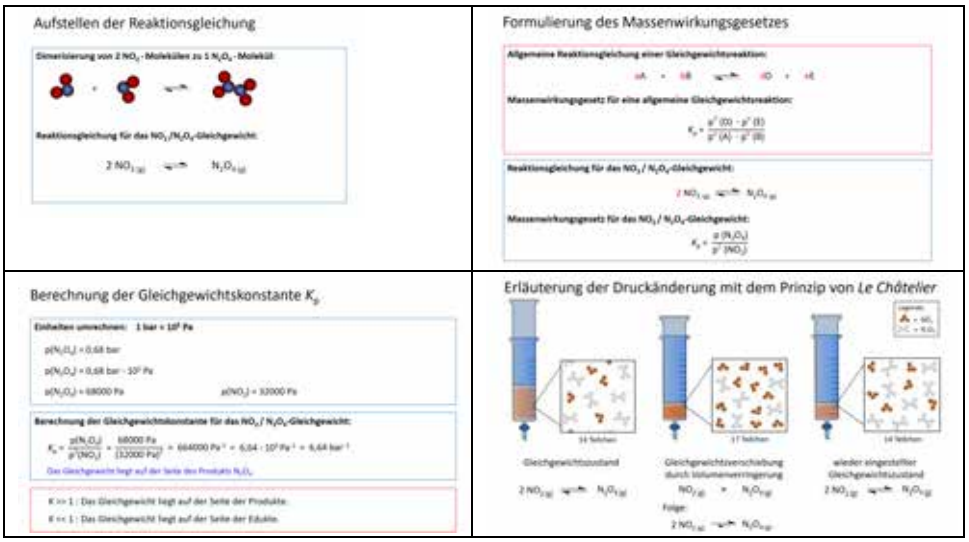


Abb. 3-6: Ausschnitte aus einem aufgabenbasierten Videotutorial zur Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts durch den Druck.

Einbindung und Evaluation der Videotutorials in einen Chemie-Vorkurs

Im Rahmen des Chemie-Propädeutikums 2017 der Fakultät für Chemie der Universität Göttingen wurden die Videotutorials zur Wiederholung und Festigung von fachlichen Grundlagen eingesetzt und in einer Pilotstudie mit 93 Teilnehmern evaluiert. Folgende Abbildung fasst die Evaluationsergebnisse zusammen:

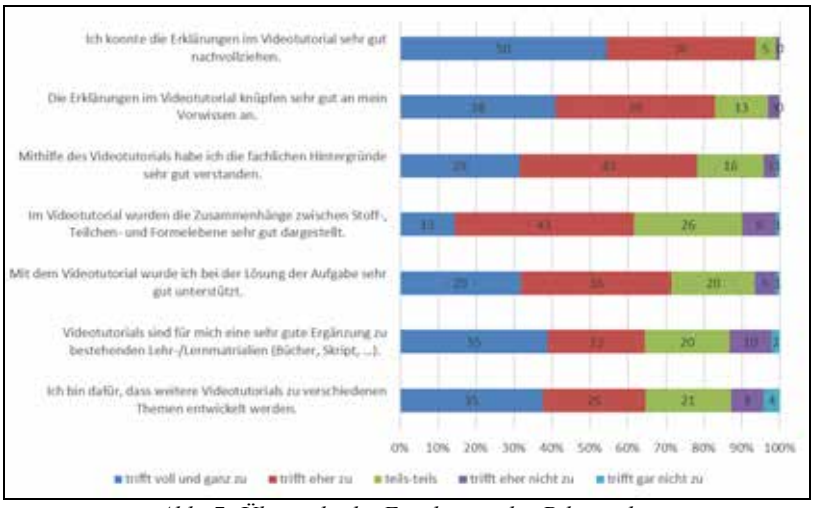


Abb. 7: Übersicht die Ergebnisse der Pilotstudie.

Die Ergebnisse der Pilotstudie zeigen, dass unsere Videotutorials insgesamt als sinnvolle Ergänzung zu den bestehenden Lernmaterialien eingeschätzt werden. Die Studierenden konnten die Erklärungen überwiegend sehr gut nachvollziehen. Zudem knüpfen die bisher erstellten Videotutorials an das Vorwissen an. Die Mehrheit der Studierenden wünscht Videotutorials zu weiteren Themenschwerpunkten.

Literatur

Barke, H.D. (2006). Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Berlin, Heidelberg: Springer. 149-151

Finley, F.N., Stewart, J., Yarroch, W.L. (1982). Teachers` perceptions of important and difficult science content. Science Education, Ausgabe 4, 531-538

He, Y., Swenson, S., Lents, N. (2012). Online Video Tutorials Increase Learning of Difficult Concepts in an Undergraduate Analytical Chemistry Course. Journal of Chemical Education 89 (9), 1128-1132

Johnstone, A.H., (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. Journal of Chemical Education 70 (9), 701

Mayer, R.E., (2009). Multimedia Learning. Cambridge, New York, 85-242

Niegemann, H. (2004). Kompendium E-Learning. Berlin, Heidelberg

Petko, D., Reusser, K. (2005). Praxisorientiertes E-Learning mit Video gestalten. Handbuch E-Learning

Rourke, A., Sweller, J. (2009). The worked-example effect using ill-defined problems: Learning and Instruction 19 (2), 185-199

Savery, J.R. (2006). Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions. International Journal Problem-Based Learning 1 (1)

Schmidtkunz, H. (1983). Die Gestaltung chemischer Demostrationsexperimente nach wahrnehmungs-psychologischen Erkenntnissen. Naturwissenschaften im Unterricht-Physik/Chemie. 360

Stäudel, L. (2009). Differenzieren im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht 20, 9-11

Stieff, M., Wilensky, U. (2003). Connected Chemistry-Incorporating Interactive Simulations into the Chemistry Classroom. Journal of Science Education and Technology 12 (3), 2003, 285-302

Wells, J., Barry, R.M., Spence, A. (2012). Using Video Tutorials as a Carrot-and-Stick Approach to Learning. IEEE Transactions on Education 55 (4), 453-458

Katrin Schüßler
Ines Komor
Sebastian Habig
Elke Sumfleth

Universität Duisburg-Essen

Lernaufgaben in Chemie
Ein Blick auf Cognitive Load und Interesse

Um dem Problem des geringen Interesses deutscher Lernender am naturwissenschaftlichen Unterricht (Reiss et al., 2016) entgegenzuwirken, werden bspw. Kontextualisierung (Bennett, 2016; Nentwig et al., 2007) oder die Einbettung in Coverstories (Schüßler, 2017) genutzt. Beide Ansätze nutzen Informationen, die aus dem Blickwinkel der Cognitive Load Theory (bspw. Paas & Sweller, 2014), für den eigentlichen Lernprozess irrelevant sind (vgl. Mayer, 2009). Diese zusätzlichen Informationen sollen das situationale Interesse (Hidi & Renninger, 2006) der Lernenden steigern, können aber auch eine zusätzliche kognitive Belastung (bspw. Paas & Sweller, 2014) hervorrufen.

Ziel dieser Studie ist es daher Designhinweise für die Gestaltung komplexer Lerneinheiten, die (a) das situationale Interesse Lernender für die Auseinandersetzung mit chemischen Fachinhalten erhöhen und (b) Lernende gleichzeitig nicht kognitiv überlasten, zu entwickeln. Die Forschungsfrage lautet demnach: Inwiefern beeinflussen eine Einbettung in (1) einen Kontext oder (2) eine Coverstory lernprozessrelevante Variablen wie (a) situationales Interesse und (b) kognitive Belastung?

Die Studie wurde im Chemieunterricht mit Schülerinnen und Schüler der achten Klassen an Gymnasien in NRW durchgeführt. Für die Studie wurden vier – mit Blick auf die enthaltenen fachlichen Informationen identische – Texte zum Thema saure Lösungen erstellt. Der erste Text enthält lediglich fachlich relevante Informationen *(Sachtext)*. Der zweite Text bettet diese fachlich relevanten Informationen in einen *Kontext* (Cola) ein. Der dritte Text präsentiert die fachlich relevanten Informationen im Rahmen einer *Coverstory* (hier erarbeiten die Protagonisten der Geschichte die fachlich relevanten Informationen im Dialog miteinander). Der vierte Text kombiniert *Kontext und Coverstory*.

Die vier Texte wurden jeweils in vier Abschnitte unterteilt. Die Lernenden erhielten zunächst den ersten Abschnitt eines Textes. Nachdem sie diesen gelesen hatten, erhielten sie einen Fragebogen zum situationalen Interesse (Weiterlesen: *„Ich würde jetzt gerne weiterlesen.“ (1) trifft gar nicht zu* bis *(7) trifft völlig zu;* Spaß: *„Das Lesen des Textabschnittes hat mir Spaß gemacht.“ (1) trifft gar nicht zu bis (7) trifft völlig zu;* vgl. Schüßler, 2017) und zur kognitiven Belastung (Investierte Denkanstrengung: *„Bei der Bearbeitung des Textabschnittes war meine geistige Denk-Anstrengung insgesamt... “ (1) sehr gering* bis *(7) sehr hoch;* Empfundene Aufgabenschwierigkeit: *„Wie schwierig war der Textabschnitt, den du gerade gelesen hast, zu verstehen?“ (1) sehr leicht bis (7) sehr schwierig;* vgl. Kalyuga et al., 1999; Paas, 1992; Schmeck et al., 2015).

Im Anschluss an die Bearbeitung des ersten Textabschnittes des ersten Textes und des ersten Fragebogens erhielten die Lernenden den ersten Textabschnitt eines weiteren Textes. Auch für diesen Text wurden sie gebeten, ihr situationales Interesse und ihre kognitive Belastung einzuschätzen. Dieses Vorgehen wurde für den dritten und den vierten Text wiederholt, so dass alle Lernenden jeweils den ersten Textabschnitt aller vier Texte gelesen und bezüglich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung bewertet haben. Um mögliche Reihenfolgeneffekte bei der Bewertung der ersten Textabschnitte betrachten zu können, wurden vier verschiedene Testhefte verwendet, die sich in der Reihenfolge der Texte unterscheiden *(siehe Tabelle 1)*. Die Lernenden erhielten randomisiert eines dieser vier Testhefte.

Tabelle 1: Design der Studie

Lesen und Bewerten des …	**1. …**	**1. …**	**1. …**	**1. …**	**2. …**	**3. …**	**4. …**
	Abschnitt des Textes …						
Testheft 1	KC	C	K	S	S	S	S
Testheft 2	S	KC	C	K	K	Kt	K
Testheft 3	K	S	KC	C	C	C	C
Testheft 4	C	K	S	KC	KC	KC	KC

Nachdem die Lernenden den ersten Textabschnitt aller Texte gelesen und bezüglich des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung bewertet hatten, wurden sie gebeten auch den zweiten, dritten und vierten Textabschnitt des letzten Textes zu lesen *(siehe Tabelle 1)*. Auch hier wurden für jeden Textabschnitt das situationale Interesse und die kognitive Belastung erfasst. Als Kontrollvariablen wurden das Alter der Lernenden, ihr Geschlecht und ihre Chemienote auf dem letzten Zeugnis erfragt.

Für die Auswertung wurde zunächst geprüft, ob sich die Lernenden ($N = 91$ (56 % ♀), $M_{Alter} = 13.86$, $SD_{Alter} = 0.59$), die die vier unterschiedlichen Testhefte bearbeitet haben ($n_{Testheft\ A} = 23$, $n_{Testheft\ B} = 25$, $n_{Testheft\ C} = 24$, $n_{Testheft\ D} = 19$), signifikant in den erhobenen Kontrollvariablen voneinander unterscheiden und ob die Reihenfolge, in der die ersten Textabschnitte präsentiert werden, einen Einfluss auf das situationale Interesse und die kognitive Belastung der Lernenden hat. Hier zeigen sich keine signifikanten Ergebnisse.
Im nächsten Schritt wurde untersucht, inwiefern sich die Einschätzungen der Lernenden zum situationalen Interesse und zur kognitiven Belastung für die vier ersten Textabschnitte unterscheiden (ANOVA mit Messwiederholung (Innersubjektfaktor, post hoc *(LSD)*). Es zeigt sich, dass die Lernenden am liebsten die Texte mit Kontexteinbettung weiterlesen würden ($F(3,261) = 8.69$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .091$, $K > S$ ($p < .001$) und C ($p < .001$); $KC > C$ ($p = .001$)). Für das zweite Item zeigen sich analoge Ergebnisse (Spaß: $F(3,261) = 8.14$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .086$, $K > S$ ($p < .001$) und C ($p < .001$); $KC > S$ ($p = .010$) und C ($p = .025$). Mit Blick auf das situationale Interesse wirkt sich demnach eine Kontextualisierung von Fachinhalten, verglichen mit einem reinen Sachtext und einer Einbettung in eine Coverstory, positiv aus. Auch bezüglich der empfundenen Aufgabenschwierigkeit führt die Einbettung von Fachinhalten in einen Kontext zu positiven Ergebnissen ($F(3,261) = 5.64$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .061$, $K < S$ ($p = .025$), C ($p = .001$) und KC ($p < .001$)). Hier wird für den Kontexttext die geringste Aufgabenschwierigkeit empfunden, gefolgt vom Sachtext, der Coverstory und dem Text, der Coverstory und Kontext kombiniert. Mit Blick auf die investierte Denkanstrengung zeigt sich allerdings, dass die Einbettung in eine Coverstory die höchste investierte Denkanstrengung hervorruft ($F(3,261) = 9.43$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .098$, $C > S$ ($p = .001$); $KC > K$ ($p = .002$) und S ($p < .001$)). Da das verwendete Item sowohl eine kognitive *(ich muss mich anstrengen, weil die Aufgabe schwer ist)* als auch eine motivationale *(ich bin motiviert die erforderliche Denkanstrengung zu investieren)* Komponente umfasst (Paas et al., 2005; siehe auch Paas, 1992; Paas et al., 2003; van Gog & Paas, 2008), ist hier unklar, auf welche Komponente (zu welchem Anteil) die höhere Denkanstrengung zurückzuführen ist. Es ist möglich, dass die Lernenden mehr Denkanstrengung investieren *mussten*, weil sie den Text als schwieriger empfunden haben, oder aber, dass sie mehr Denkanstrengung investiert haben, weil sie *motivierter* waren. Die Ergebnisse zeigen aber deutlich, dass kein (rein) linearer Zusammenhang zwischen empfundener Aufgabenschwierigkeit und investierter Denkanstrengung besteht *(siehe Tabelle 2)*.

Tabelle 2: Situationales Interesse und kognitive Belastung (M (SD)) für die ersten Textabschnitte

	S	K	C	KC
Weiterlesen	4.49 (1.92)	5.20 (1.86)	4.04 (1.98)	4.91 (2.18)
Spaß	3.76 (1.75)	4.70 (1.78)	3.85 (1.72)	4.36 (2.04)
Empf. Aufg.-schwierigkeit	1.58 (0.91)	1.35 (0.60)	1.73 (1.03)	1.82 (1.04)
Invest. Denkanstrengung	2.51 (1.49)	2.78 (1.76)	2.95 (1.55)	3.22 (1.75)

Als letztes wurden die Ratings für den komplett gelesenen - testheftspezifischen – Text (*siehe Tabelle 1*) verglichen (ANOVA mit Messwiederholung, Zwischensubjektfaktor, post hoc *(LSD)*). Das Item *Weiterlesen* fällt für diese Analysen weg, weil der Text abgeschlossen war. Nach der Bearbeitung des gesamten Textes finden sich, anders als nach dem Lesen der ersten Textabschnitte, für das situationale Interesse (Spaß) und die empfundene Aufgabenschwierigkeit keine signifikanten Gruppenunterschiede mehr (*siehe Tabelle 3*). Dies könnte darauf hinweisen, dass sobald nach der Einleitung überwiegend Fachinhalte präsentiert werden, diese entscheidend für das situationale Interesse und die empfundene Aufgabenschwierigkeit sind und der Einbettung in einen Kontext oder eine Coverstory eine geringere Bedeutung zukommt. Lediglich für die investierte Denkanstrengung zeigen sich noch signifikante Gruppenunterschiede ($F(3,87) = 1.79$, $p = .156$, $\eta_p^2 = .058$, $K > KC$ ($p = .028$)). Hier weist der Kontexttext die höchste investierte Denkanstrengung auf, während diese nach dem lesen der Einleitung vergleichsweise gering war.

Tabelle 3: Situationales Interesse und kognitive Belastung (M (SD)) für die Gesamttexte

	S	K	C	KC
Spaß	3.48 (2.11)	3.64 (1.68)	3.50 (1.72)	3.16 (1.57)
Empf. Aufg.-schwierigkeit	3.61 (1.92)	3.76 (1.59)	3.42 (1.59)	3.58 (1.87)
Investierte Denkanstrengung	4.96 (1.87)	5.20 (1.63)	4.92 (1.38)	4.11 (1.52)

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse scheint sich die Einbettung von Fachinhalten am Anfang eines Textes positiv auf das situationale Interesse der Lernenden und die empfundene Aufgabenschwierigkeit auszuwirken. Die Einbettung in eine Coverstory wirkt sich dagegen möglicherweise günstiger auf die Bereitschaft Denkanstrengung zu investieren aus. Nach dem Lesen des gesamten Textes finden sich lediglich für die investierte Denkanstrengung noch signifikante Gruppenunterschiede. Möglicherweise ist dies darauf zurückzuführen, dass zu diesen Zeitpunkt nicht die Einbettung, sondern die präsentierten Fachinhalte (die in allen vier Texten identisch waren) für die Ratings von Bedeutung sind. Dies könnte bedeuten, dass Maßnahmen wie Kontextualisierung und Einbettung in eine Coverstory lediglich zu Beginn eines Textes eine Rolle spielen, weil sie sich nur zu diesem Zeitpunkt auf das situationale Interesse und die kognitive Belastung auswirken.

Zu beachten ist, dass die Studie mit einer relativ kleinen Stichprobe durchgeführt wurde, so dass nur ein Fachinhalt, ein Kontext und eine Coverstory betrachtet werden konnten. Eine Replikation der Ergebnisse in einem anderen Inhaltsbereich mit variierenden Einbettungen ist daher wünschenswert. Darüber hinaus wäre es sinnvoll, Leistungsdaten der Lernenden zu betrachten, um Aussagen über ihren Lernerfolg machen zu können. Zusätzlich könnte ein Vergleich der Effekte für Lernende mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen wie Vorwissen oder Interesse sinnvoll sein, da diese beeinflussen, wie Lernumgebungen auf Lernende wirken (Habig, 2017).

Literatur

Bennett, J. (2016). Bringing Science to Life. In R. Taconis, P. d. Brok, & A. Pilot (Eds.), Teachers Creating Context-Based Learning Environments in Science (pp. 21–39). Rotterdam: SensePublishers.

Habig, S. (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren*. Berlin: Logos.

Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. Educational Psychologist, 41(2), 111–127.

Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. Applied Cognitive Psychology, 13(4), 351-371.

Mayer, R. E. (2009). Multimedia learning (2nd ed.). Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Nentwig, P. M., Demuth, R., Parchmann, I., Ralle, B., & Gräsel, C. (2007). Chemie im Kontext: Situating Learning in Relevant Contexts while Systematically Developing Basic Chemical Concepts. Journal of Chemical Education, 84(9), 1439.

Paas, F. G. W. C. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. Journal of Educational Psychology, 84(4), 429-434.

Paas, F. & Sweller, J. (2014). Implication of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), Cambridge Handbook of multimedia learning. Second Edition (S. 27-42). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. Educational Psychologist, 38(1), 63-71.

Paas, F., Tuovinen, J. E., van Merriënboer, J. J. G., & Darabi, A. A. (2005). A Motivational Perspective on the Relation Between Mental Effort and Performance: Optimizing Learner Involvement in Instruction. Educational Technology Research and Development, 53(3), 25-34.

Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (Eds.). (2016). PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation (1. Auflage, neue Ausgabe). Münster: Waxmann.

Schmeck, A., Opfermann, M., van Gog, T., Paas, F., & Leutner, D. (2015). Measuring cognitive load with subjective rating scales during problem solving: differences between immediate and delayed ratings. Instructional Science, 43(1), 93-114.

Schüßler, K. (2017). Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht - Einflüsse auf Lernerfolg, kognitive Belastung und Motivation. Dissertation Universität Duisburg-Essen.

van Gog, T. & Paas, F. (2008). Instructional Efficiency: Revisiting the Original Construct in Educational Research. Educational Psychologist, 43(1), 16-26.

Dennis Jaeger
Torsten Franz
Rainer Müller

Technische Universität Braunschweig

Cognitive Load und authentische Probleme

Hintergrund

Das Lösen von Problemen oder Aufgaben stellt eine zentrale Kompetenz im Physikunterricht dar (Hopf et al., 2011), die jedoch den Lösenden vor erhebliche kognitive Anforderungen stellen kann. Authentische Probleme, die in einem Kontext untersucht und interpretiert werden müssen, haben in den letzten Dekaden an Präsenz in Schulen zugenommen. Sie stellen aber über das eigentliche Problemlösen hinausgehende, zusätzliche Anforderungen an den Lösenden.

Empirische Studien weisen auf affektive Merkmale wie Motivation hin, die Kontexte zu fördern im Stande sind, zeigen jedoch keinen eindeutigen Einfluss auf die Leistung im Problemlöseprozess (Bennett et al., 2007).

Die Cognitive Load Theory (z.B.: Schnotz et al., 2007) scheint einen sinnvollen Rahmen zu bieten, diesen möglichen Einfluss näher zu untersuchen und bietet Erklärungsansätze:

Während von einer potentiellen Motivationssteigerung, dem Gefühl der Bedeutsamkeit oder der Möglichkeit, an Bekanntes anzuknüpfen, eine Senkung der kognitiven Belastung erwartet werden kann, ist davon auszugehen, dass zusätzliche, miteinander interagierende Informationen, eine tendenziell höhere Textlänge oder die Möglichkeit, sich durch den Kontext abzulenken, zu einer Steigerung der kognitiven Belastung führen kann. Die Vorstudie soll dazu beitragen, dieses Spannungsfelds näher zu untersuchen (vgl. auch Kuhn et al, 2010). Dazu werden personen- und schulklassenbezogene Variablen kontrolliert und aufgabenbezogene Variablen wie die Authentizität und der Lesbarkeitsindex variiert.

Forschungsfragen und Design

Es werden folgende Forschungsfragen untersucht:

F1: Welchen Einfluss hat die kognitive Belastung auf die Leistung im Problemlöseprozess?

F2: Welcher Anteil der Varianz der Leistung lässt sich durch die betrachteten Variablen erklären?

F3: Lässt sich die kognitive Belastung als ein Mediator aufgabenbezogener und personenbezogener Variablen modellieren (vgl. Nesbit et al., 2006)?

LIX hoch	Gruppe 2 (39 SuS)	Gruppe 4 (39 SuS)
LIX niedrig	Gruppe 1 (38 SuS)	Gruppe 3 (44 SuS)
	traditionell	authentisch

Abb.1 Gruppen beim II. Termin

Darüber hinaus ist das Ziel der Studie, die verwendeten Instrumente und Materialien sowie die eingesetzte multivariate Parallelisierung näher zu untersuchen und mögliche Hinweise zur Aufgabengestaltung zu generieren, was hier jedoch nur am Rande präsentiert werden kann.

An der vorliegenden Vergleichsstudie nahmen 170 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 7 bis 10 im Alter von 11 bis 18 Jahren an einem Gymnasium teil. Alle Schulklassen haben die für Termin II relevante Thematik, gleichförmige Bewegung, bereits behandelt. Die Studie umfasst zwei Erhebungszeitpunkte im Zeitraum Februar bis März 2017, zwischen denen je Klasse genau eine Woche lag. Jeder Termin nahm 60 min in Anspruch. Zu Termin I wurden für den Problemlöseprozess relevante personenbezogene Variablen (z.B. Brandenburger, 2016; Löffler, 2016) erhoben vgl. Tab.1. Diese Daten wurden für eine multivariate Parallelisierung der beim zweiten Termin eingeteilten vier Gruppen

verwendet. Während die Gruppen inhaltsgleiche Aufgabentexte zum Themenbereich gleichförmige Bewegung und drei Aufgaben aus dem Kompetenzbereich „Fachwissen“ sowie drei Aufgaben aus dem Kompetenzbereich „Bewertung“ erhielten (Hopf et al., 2011), unterschieden sich die Texte in den aufgabenbezogenen Variablen Kontext (traditionell, authentisch) und Lesbarkeitsindex (niedrig: LIX=29, hoch: LIX=47) vgl. Abb.1.
Die Zuteilung im Rahmen der multivariaten Parallelisierung erfolgte so, dass sich die Gruppen in keiner der 15 Variablen (vgl. Tab.1) statistisch unterschieden. Die praktische Einteilung in die Gruppen und die anschließende Bearbeitung der Aufgaben erfolgte beim zweiten Erhebungstermin in Einzelarbeit. Beim zweiten Erhebungstermin wurden nach jeder der sechs Aufgaben die kognitive Belastung und die aktuelle Motivation erhoben.

Skala/Variable	**Ter-min**	**Items**	**Reliabilität (Cronbachs Alpha)**	**Quelle**
Abhängige Variable				
Leistung (nach Manual)	II	1-17	0,78-0,90	-
Mögliche Mediatorvariablen				
Kognitive Belastung	II	3	0,85 vgl. Jaeger et al.	Paas, 1992; Kalyuga, et al. 1999; Kuensting, 2007; Maynard et al. 1997
Aktuelle Motivation	II	3	0,75 vgl. Jaeger et al.	
Unabhängige Variablen				
Kontext, Authentizität	II	-	-	-
Geschlecht	I	1	-	-
Alter	I	1	-	-
Fachwissen (gleichförmige Bewegung)	I	12	0,66	-
Intrinsische Motivation	I		>0,70	Kuhn, 2010
Selbstkonzept	I		>0,70	
Alltagsbezug PH Unterricht	I		>0,70	
Kognitiver Fähigkeits-Test (Q2, V3)	I	je 20	0,85 0,75	Heller et al., 2000
Leseverständnis	I	23	0,51	Schlagmüller et al., 2007
Lesegeschwindigkeit	I	1	-	
Noten in Mathematik, Physik, Deutsch, Sport	I	je 1	-	-
Anzahl der Bücher	I	1	-	-

Tab.1: Überblick über das Studiendesign und Variablen

Mit Ausnahme des Fachwissenstests handelte es sich bei allen Instrumenten um Skalen, die sich bereits in Studien bewährt hatten. Der Fachwissenstest wurde raschskaliert. Nach (Adams, 2002) ist der Test Rasch-homogen, da die gewichtete mittlere quadratische Abweichung (wMNSQ-Wert) für alle Items im Bereich 0,93 und 1,08 liegt und der zugehörige kritische t-Wert von 1,96 für kein Item überschritten wird. Zudem liegen keine Hinweise auf

Differential Item Functioning vor. Der Test erwies sich für die Stichprobe als etwas zu leicht. Das Material des Erhebungstermins II bestand aus einem verkürzten Zeitungsartikel über einen Schwimmwettkampf in Rio de Janeiro 2016. Zentral geht es, angelehnt an (Hopf et al., 2011), um die Frage der Sinnhaftigkeit der Berücksichtigung der Tausendstelsekunde bei der Bewertung der Leistung eines Schwimmers. Damit bedient es den Interessenstyp „Mensch und Natur“ und bevorzugt so weder Mädchen noch Jungen (Müller, 2006).

Ergebnisse

F1: Bei der Untersuchung eines möglichen Einflusses der kognitiven Belastung auf die Leistung im Problemlöseprozess wurde zwischen den verschiedenen Kompetenzbereichen unterschieden. Im Rahmen einer hierarchischen Regression zeigte sich unter Kontrolle der Stufe und des Fachwissens ein hochsignifikanter Einfluss der kognitiven Belastung auf die Leistung im Kompetenzbereich „Fachwissen“, jedoch nicht im Kompetenzbereich „Bewerten“ (s. Tab.2).

	β(S)	β(FW)	β(CL)	R^2	ΔR^2
Fachwissen	**0,30****	**0,34****	**-0,28****	0,53	0,06
Bewerten	0,03	**0,50****	-0,05	0,27	0,00

Tab.2: hierarchische Regression. Erklärung nach Spalte:
- Standardisiertes Regressionsgewicht von Stufe (S), Fachwissen (FW) und kognitive Belastung (CL).
- Varianzaufklärung durch S, FW, CL
- Veränderung durch Hinzunahme von CL zum Modell

* $p<0,05$; ** $p<0,01$

F2: Nach Streichung nicht signifikanter Pfade verbleiben bei den Aufgaben im Kompetenzbereich Fachwissen acht personenbezogene Variablen, die 68% der Varianz der Leistung erklären. Bei den Aufgaben zum Kompetenzbereich „Bewerten“ verbleiben die Mathematiknote, das Fachwissen, und die Lesefähigkeit, die 32% der Varianz der Leistung erklären.

F3: Bezüglich der aufgabenbezogenen Variablen lässt sich keine Mediationsfunktion der kognitiven Belastung auf die Leistung beobachten. Diese lässt sich jedoch für die personenbezogenen Variablen Mathematiknote, Fachwissen und Geschlecht bei den Aufgaben aus dem Kompetenzbereich „Fachwissen“ nachweisen.

Diskussion und Ausblick

Es zeigt sich, dass die kognitive Belastung als ein Prädiktor der Leistung im Problemlöseprozess im Kompetenzbereich Fachwissen fungiert. Selbst nach Kontrolle der bedeutenden Einflussfaktoren Fachwissen und Stufe lässt sich eine zusätzliche Varianzaufklärung durch die kognitive Belastung erreichen. Das verwendete Maß scheint nur für Aufgaben sensibel, in denen gerechnet werden muss. Dies könnte an der recht großen Transparenz dessen, was in solchen gefordert wird, einhergehen. Ein Ansatz könnte sein, sich zusätzlich anzuschauen, ob der Lösende davon ausgeht, das Problem gelöst zu haben. Weder ließ sich ein Zusammenhang zwischen aufgabenbezogener Variablen mit der kognitiven Belastung finden, noch konnte eine Mediationsfunktion derselben nachgewiesen werden. Tendenzen deuten jedoch darauf hin, dass die kognitive Belastung eher durch den Lesbarkeitsindex (nicht signifikant) als durch die Authentizität beeinflusst wird. Diese Beobachtung deckt sich mit anderen Studien (Kuhn, 2010).

Mit Blick auf die Aufgabengestaltung in der Schulpraxis scheint es nicht hinderlich, authentische Texte oder Texte mit einem LIX im Bereich 29 bis 47 zu verwenden. Als fruchtbar erscheint uns eine genauere Untersuchung der Rolle von Interaktionsvariablen, die als Maßnahmen beschrieben werden, die die kognitive Belastung senken können, wie die Extraktion und Reduktion notwendiger Informationen, Verständnis des Problems oder Routinen (Sweller et al., 2011) um Handlungshinweise für die Praxis zu generieren.

Literaturverzeichnis

Adams, R. (2002). Scaling PISA cognitive data. In R. Adams & M.Wu (Hrsg.), PISA 2000 technical report (S.99-108). Paris: OECD.

Baltes-Götz, B. (2015). Mediator- und Moderatoranalyse per multipler Regression mit SPSS. Universität Trier. Zentrum für Informations-, Medien- und Kommunikationstechnologie (ZIMK)

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. In Sci. Ed. 91 (3), S. 347-370.

Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?. Eine Untersuchung mit Studierenden. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 218. Logos Verlag Berlin.

Friege, G., Lind, G., Reinhold, P. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in der Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 5, Heft 1, S.41-62.

Hayes A.F. (2013). Introduction to Mediation, Moderation, and Conditional Process Analysis. A Regression –Based Approach. The Guilford Press.

Heller, K., Perleth, C. (2000). KFT 4-12+R, Kognitiver Fähigkeiten-Test für 4. Bis 12. Klassen: Revision-Materialien-Koffer. Göttingen: Beltz Test.

Hopf, M., Schecker, H., Wiesner, H. (2011). Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.

Jaeger, D., Müller, R., Franz, T. (2016). Aufgabenschwierigkeit und Cognitive Load. *GDCP Tagungsband*

Jaeger, D., Franz, T., Müller R. (2017). Cognitive Load und Aufgabenmerkmale. Verwendung von Zusatzfragen bei authentischen Problemen. DPG Frühjahrstagung 2017. *PhyDid. B*, DD 13.1 (eingereicht)

Kalyuga, S., Chandler, P., Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. Applied Cognitive Psychology, (13), 351-371.

Kuensting, J. (2007). Effekte von Zielqualität und Zielspezifizität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren. Dissertation Universität Duisburg-Essen. Fachbereich Bildungswissenschaften.

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.

Kuhn, J., Müller, A., Müller, W., Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht. Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. PdN-PhiS 5/59.

Löffler, P. (2016). Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. Wie wirkt Kontext?. Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 205. Logos Verlag Berlin.

Maynard, D. C., Hakel, M. D. (1997). Effects of objective and subjective task complexity on performance. Human Performance, 10(4), 303-330.

Müller, R. (2006). Physik in interessanten Kontexten. Handreichung für die Unterrichtsentwicklung.

Nesbit, J.C., Hadwin, A.F. (2006). Handbook of Educational Psychology. Methodological Issues in Educational Psychology. Routledge.

Paas, F. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive Load Approach. Journal of Educational Psychology, Vol. 84, No. 4, 429-434.

Schlagmüller, M., Ennemoser, M., Schneider, W. (2007). LGVT 6-12 Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Schnotz, W., Kürschner, C. (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory. Educational Psychology Review, 19 (4), 469-508.

Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga S. (2011). Cognitive Load Theory. Springer New York Dordrecht Heidelberg London.

Perihan Akman
Sabine Fechner
Universität Paderborn

Konkrete und abstrakte Repräsentationen im Chemieunterricht

Ausgangslage

Aus der fachdidaktischen Forschung geht hervor, dass das Lernen mit multiplen externen Repräsentationen (MER) zu tieferem Verständnis der Fachinhalte führt (Ainsworth, Bibby, & Wood, 2002; Gilbert, Reiner, & Nakhleh, 2008). Darüber hinaus konstruieren Lernende ausgehend von ihrem Vorwissen Wissen mithilfe von MER (Ainsworth, 2006; Corradi, Elen, Schraepen, & Clarebout, 2014). Insbesondere in der Chemie besteht die Notwendigkeit des Nutzens von MER, um Phänomene aus dem nicht sichtbaren Bereich zu visualisieren (Johnstone, 1993). Bezüglich des Einflusses abstrakter und konkreter Repräsentationsformen auf den Wissenserwerb besteht dahingegen wenig Konsens, da inkonsistente Ergebnisse bezüglich der Wirkung abstrakter und konkreter Repräsentationen im naturwissenschaftlichen Unterricht vorliegen (Jaakkola & Veermans, 2015). Insbesondere in der Mathematik und Physik führe das Lernen mit abstrakten Repräsentationsformen zu höherer Leistung während andere Studien über eine höhere Effektivität beim Lernen mit kontinuierlich konkreten Repräsentationen berichten (Jaakkola & Veermans, 2015; Kaminski, Sloutsky, & Heckler, 2009; Taramopoulos & Psillos, 2017). Studien, die das Lernen mit konkreten und abstrakten MER im Chemieunterricht untersuchen, berichten ebenfalls von unterschiedlichen Ergebnissen sowie der Effektivität des kontinuierlichen Nutzens einer Repräsentationsform gegenüber mehrerer wechselnder (Georgiadou, A. & Tsaparlis, G., 2000; Lin, Son, & Rudd, 2016). Diese Studien basieren auf einer Einteilung von abstrakten und konkreten Repräsentationen nach Johnstone (1993), die von den Autoren selbst angezweifelt wird (Lin et al., 2016). Gegenstand der folgenden Studie ist folglich die Analyse des Einflusses konkreter und abstrakter Repräsentationen auf den chemischen Fachwissenserwerb.

Theoretischer Hintergrund

Studien, die konkrete und abstrakte Repräsentationen zum Forschungsgegenstand haben, basieren auf unterschiedlichen Definitionen von *konkret* und *abstrakt*. Eine Repräsentation wird allgemein als ein Objekt bzw. Ereignis verstanden, das für ein anderes steht bzw. dieses visualisiert (Giere, 2004). Laut Ainsworth (2004) ist eine Kategorisierung externer Repräsentationen nach unterschiedlichen Merkmalen darunter auch dem Abstraktionsgrad möglich, der anhand von Schnotz (2002) näher beschrieben werden kann (siehe Abb.1).
Schnotz differenziert externe Repräsentationen in depiktionale und deskriptive Repräsentationen, die unterschiedliche Charakteristika vorweisen insbesondere im Hinblick auf die Beziehung zwischen der Repräsentation und dem Referenzobjekt.

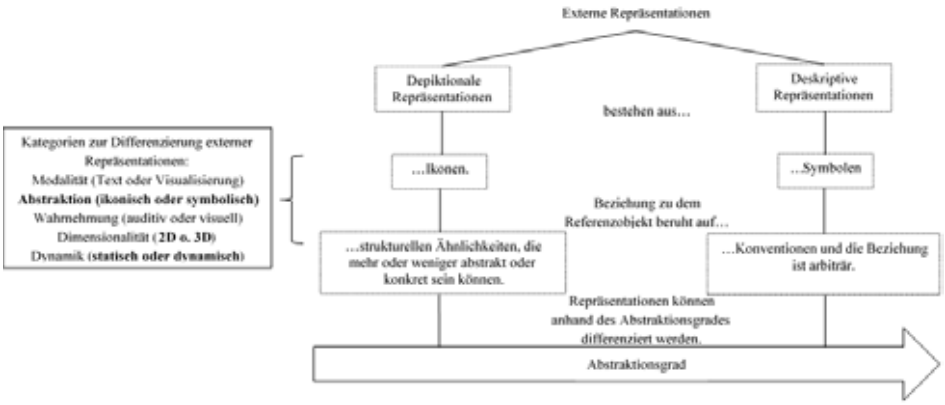


Abb.1. Definition konkreter und abstrakter Repräsentationen (angelehnt an Ainsworth & VanLabeke, 2004; Schnotz, 2002)

Während depiktionale Repräsentationen aus Ikonen bestehen und die Beziehung zu dem Bezeichneten auf struktureller Ähnlichkeit beruht, bestehen deskriptive Repräsentationen aus Symbolen, deren Beziehung zum Referenzobjekt arbiträr ist und auf Konventionen beruht. Depiktionale und deskriptive Repräsentationen lassen sich darüber hinaus auch nach ihrem Informationsgehalt und ihren Nutzungseigenschaften unterscheiden. Zwei externe Repräsentationen sind unter Einbezug der Aufgabenklasse dann informationsäquivalent, wenn die zur Aufgabenbewältigung benötigten Informationen enthalten sind. Der Informationsgehalt einer Repräsentationsform steht im Zusammenhang mit ihrer internen Struktur sowie den Prozeduren, mithilfe derer die Informationen aus diesen entnommen werden können (Schnotz & Bannert, 2003). Bezüglich der Nutzungseigenschaften zweier Repräsentationsformen lässt sich sagen, dass diese nutzungsäquivalent sind, wenn die Informationsentnahme aus beiden Repräsentationen ähnliche kognitive Forderungen beanspruchen. Sowohl Cheng und Gilbert (2009) als auch Ainsworth (2008) sehen die Fähigkeit aus unterschiedlichen MER Informationen zu entnehmen als relevante Teilkompetenz im Umgang mit MER in der Chemie.

Forschungsfragen

Um den Einfluss abstrakter und konkreter Repräsentationsformen auf den Fachwissenserwerb in Chemie zu untersuchen wird das Projekt in zwei Teilstudien gegliedert, denen folgende Fragen zugrunde liegen:

FF1: Welche externen Repräsentationen werden von Lernenden als konkret oder abstrakt wahrgenommen?

FF2: Welchen Einfluss nehmen konkrete und abstrakte Repräsentationen auf den Erwerb von chemischem Fachwissen?

Die folgenden Erläuterungen beziehen sich auf die erste Teilstudie.

Methode und Design

Neben der Wahrnehmung von MER nach abstrakt und konkret werden sowohl die Fähigkeit der Lernenden zur Informationsentnahme aus MER als auch das Wissen im Themenbereich Säure-Base-Reaktion erhoben, um Aussagen darüber treffen zu können, ob diese einen Einfluss auf die Beurteilung der MER nehmen.

Basierend auf einem zuvor pilotierten Fachwissenstest zum Thema Säure-Base-Reaktion wurden Items im Multiple-Choice Format entwickelt, um die Fähigkeit der Lernenden zur Informationsentnahme aus MER zu erheben. Hierzu wurden die Inhalte der einzelnen Items des Fachwissenstests mithilfe zweier Repräsentationsformen visualisiert, sodass 48 Items vorliegen. Die in der Studie verwendeten Repräsentationsformen für chemische Reaktionen im atomaren Bereich lassen sich nach dieser Definition und anhand ihrer strukturellen Beschaffenheit wie folgt kategorisieren: Kalottenmodell und Strukturformel entsprechen den Depiktionen während die Summen- und Ionenformel sowie Wörter den Deskriptionen zuzuordnen sind.

Die 48 Items wurden nach dem *balanced incomplete block design* auf vier Blöcke á 12 Items verteilt und diese so kombiniert, dass vier unterschiedliche Testhefte vorliegen. Die Verteilung der Items erfolgte unter den Bedingungen, dass in jedem Testheft nur ein Item zu den Inhalten des Fachwissenstests vorkommt und die Anzahl der unterschiedlichen Repräsentationsformen über die Testhefte gleichgehalten wird. Da jeweils zwei der vier Blöcke die gleichen Items aus dem Fachwissenstest, allerdings in unterschiedlichen Repräsentationen beinhalteten, wurde die Zusammenführung dieser zwei Blöcke zu einem Testheft vermieden.

Um die Wahrnehmung sowie Beurteilung der Lernenden in Bezug auf die unterschiedlichen externen Repräsentationen nach *abstrakt* und *konkret* zu erheben, wurde basierend auf Schnotz' Definition ein semantisches Differential bestehend aus dichotomen Attributen entwickelt. Anhand einer sechsstufigen bipolaren Rating-Skala sollten Lernende die bereits aus

dem ersten Test bekannten Repräsentationsformen nach ihren strukturellen Eigenschaften sowie dem Informationsgehalt beurteilen.

Im letzten Schritt wurde mithilfe des Fachwissenstests, ebenfalls im Multiple-Choice Format und bestehend aus 32 Items, Inhalte über Säuren und Basen erhoben. Die Items entstammen teilweise aus bereits bestehenden Fachwissenstests (Fechner, 2009; Harbach, 2013; Ropohl, 2010). Auf der Grundlage einer Concept-Map sowie einer Abstimmung mit dem Kernlehrplan NRW wurden Modifikationen im Sinne der Validität an diesen vorgenommen (Ross & Munby, 1991).

Vorläufige Ergebnisse

Bei der Pilotierung kann auf eine Stichprobe von N = 20 (M_{Alter} = 20,19, SD = 3,56) zurückgegriffen werden. Bei den Teilnehmenden handelt es sich um angehende Chemiestudierende, die an der Sommerschule Chemie an der Universität Paderborn zur Vorbereitung auf das Chemiestudium teilnahmen. Eine zufriedenstellende Güte weist sowohl das pilotierte Testheft, um die Fähigkeit der Studierende Informationen aus MER zu entnehmen ($\alpha_{\text{Cronbachs}} = .88$, $.13 < r_{iT} < .69$) als auch der Fachwissenstest ($\alpha_{\text{Cronbachs}} = .93$, $-.21 < r_{iT} < .89$) auf.

Erste Auswertungen weisen auf eine signifikante Korrelation und somit einem starken Zusammenhang zwischen dem Fachwissenstest und der Fähigkeit der Informationsentnahme aus MER hin ($r_P = .92$, $p < .001$).

Analysen des semantischen Differentiales weisen Tendenzen dahingehend auf, dass Attribute, die die strukturellen Ähnlichkeiten betreffen, von Lernenden entsprechend der theoretischen Definition den Repräsentationsformen zugeordnet werden. So wird dem Kalottenmodell und der Strukturformel große strukturelle Ähnlichkeiten mit dem Atom zugewiesen während Wörter sowie die Ionen- und Summenformel keine strukturellen Ähnlichkeiten aufweisen.

Dahingegend fällt die Beurteilung der Repräsentationen nach konkret und abstrakt entgegen der theoretischen Kategorisierung aus: Die Ionen- und Summenformel werden trotz geringer struktureller Ähnlichkeit zum Atom als die konkretesten Repräsentationen beurteilt. Gleichzeitig geben die Lernenden an, dass die Informationsentnahme und -identifizierung an diesen Repräsentationen am besten gelingen.

Ausblick

In der Hauptstudie werden die Tests mit einer Stichprobe bestehend aus Studierenden des Faches Chemie als auch Oberstufenschülern durchgeführt, um sowohl Ergebnisse von Lernenden mit hohem als auch geringerem Fachwissen zu erhalten. Aufgrund des verwendeten *balanced incomplete block designs* wird für die Auswertung neben der klassischen Testtheorie zusätzlich die probabilistische Testtheorie herangezogen. Ausgehend von diesen Ergebnissen werden in der zweiten Teilstudie unterschiedliche Lernumgebungen mit variierenden konkreten und abstrakten Repräsentationen entwickelt, um den Einfluss von MER auf das Erlernen von chemischem Fachwissen zu erheben.

Literatur

Ainsworth, S., & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. Learning and Instruction, 14(3), 241–255.

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

Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), Models and Modeling in Science Education: v.3. Visualization: Theory and practice in science education (1st ed., pp. 191–208). s.l.: Springer Netherlands.

Ainsworth, S., Bibby, P., & Wood, D. (2002). Examining the effects of different multiple representational systems in learning primary mathematics. Journal of the Learning in Science, 11(1), 25–61.

Cheng, M. M. W., & Gilbert, J. K. (2017). Modelling students' visualisation of chemical reaction. International Journal of Science Education, 39(9), 1173–1193.

Corradi, D. M. J., Elen, J., Schraepen, B., & Clarebout, G. (2014). Understanding possibilities and limitations of abstract chemical representations for achieving conceptual understanding. International Journal of Science Education, 36(5), 715–734.

Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education (Vol. 95). Berlin: Logos Verlag.

Georgiadou, A. & Tsaparlis, G. (2000). CHEMISTRY TEACHING IN LOWER SECONDARY SCHOOL WITH METHODS BASED ON: A) PSYCHOLOGICAL THEORIES; B) THE MACRO, REPRESENTATIONAL, AND SUBMICRO LEVELS OF CHEMISTRY. Chemistry Education: Research and Practice in Europe, 1(2), 217–226.

Giere, R. N. (2004). How models are used to represent reality. Philosophy of Science, 71(5), 742–752.

Gilbert, J. K., Reiner, M., & Nakhleh, M. (Eds.). (2008). Visualization: Theory and Practice in Science Education. Dordrecht: Springer Netherlands.

Harbach, A. (2013). Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben (Vol. 149). Berlin: Logos Verlag.

Jaakkola, T., & Veermans, K. (2015). Effects of abstract and concrete simulation elements on science learning. Journal of Computer Assisted Learning, 31(4), 300–313.

Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. Journal of Chemical Education, 70(9), 701–705.

Kaminski, J. A., Sloutsky, V. M., & Heckler, A. F. (2009). Transfer of Mathematical Knowledge: The Portability of Generic Instantiations. Child Development, 3(3), 151–155.

Lin, Y. I., Son, J. Y., & Rudd, J. A. (2016). Asymmetric translation between multiple representations in chemistry. International Journal of Science Education, 38(4), 644–662.

Ropohl, M. (2010). Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. Entwicklung und Analyse von Testaufgaben (Vol. 107). Berlin: Logos.

Ross, B., & Munby, H. (1991). Concept mapping and misconceptions: A study of high-school students' understandings of acids and bases. International Journal of Science Education, 13(1), 11–23.

Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. Educational Psychology Review, 14(1), 101–120.

Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction, 13(2), 141–156.

Taramopoulos, A., & Psillos, D. (2017). Complex phenomena understanding in electricity through dynamically linked concrete and abstract representations. Journal of Computer Assisted Learning, 33(2), 151–163.

Ralf Erlebach
Carolin Frank
Bergische Universität Wuppertal

Analyse und Klassifikation technischer Repräsentationen in Lehrbüchern

Innerhalb der Ausbildung in technischen Berufsfeldern sind Auszubildende mit einer Vielfalt an Repräsentationen konfrontiert. Diese Konfrontationen können dabei als Lerngelegenheiten begriffen werden, welche bestehendes Wissen aufgreifen und mit dem zu erwerbenden technischen Wissen verknüpfen. Diese Lerngelegenheiten werden jedoch nur unzureichend ausgeschöpft, da die Anforderungen durch die Repräsentationen vom Rezipienten vermutlich nicht erkannt werden. Speziell in technischen Berufen ist durch die Vielzahl unterschiedlicher Repräsentationsformen (Glancy & Moore, 2013) von vielfältigen kognitiven Anforderungen auszugehen. Um diese Vermutung zu untersetzen, wurden im Rahmen einer Lehrbuchanalyse technische Repräsentationen erhoben und hinsichtlich der kognitiven Anforderungen kategorisiert.

Theoretischer Hintergrund

Als Kommunikationsmittel kommt externen Repräsentationen im Rahmen institutionellen Lernens eine entscheidende Bedeutung zu. Repräsentationen sind materielle Darbietungen, die auf einen Gegenstand oder Sachverhalt referieren (vgl. Ainsworth, 2008). Die Fähigkeit, diese Referenzen zu erschließen, zwischen Darstellungsformen zu wechseln und Repräsentationen hinsichtlich der enthaltenen Zusammenhänge zu manipulieren, wird als „repräsentationale Kompetenz“ bezeichnet (Ainsworth, 1999; Kozma & Russell, 1997). Qualitative Studien zeigen, dass im Bereich der Technik Repräsentationskompetenz Voraussetzung für das Lösen von Problemen ist (Alabi, Magana, & Garcia, 2013; Juhl & Lindegaard, 2013; Moore, Miller, Lesh, Stohlmann, & Kim, 2013). Somit ist die Arbeit mit Repräsentationen Teil des fachlichen Lernens. Studien legen jedoch nahe, dass Lernen im Fachunterricht nicht zwangsläufig mit einem Erwerb repräsentationaler Kompetenz einhergeht (Bowen & Roth, 2002). Lernende stehen daher vor einem repräsentationalen Dilemma (Ainsworth, 2008; Rau, 2016): Wie können sie Wissen aus einer Repräsentation erwerben, die sie nicht vollständig verstehen?

Grundsätzlich ist dieses Verständnis von den kognitiven Voraussetzungen des Rezipienten abhängig, allen voran des aktivierten Vorwissens (Cook, 2006). In der Literatur finden sich jedoch bzgl. des Vorwissens inkonsistente und fragmentierte Befunde (Bodemer & Faust, 2006; Johnson, Ozogul, Moreno, & Reisslein, 2013; Mayer & Gallini, 1990; Seufert, 2003). Als Vorwissen wird, sofern angegeben, unabhängig von der Repräsentationsform inhaltsbezogenes Wissen operationalisiert. Im Besonderen mangelt es an Untersuchungen, welche die Anforderungen der Repräsentation an das Vorwissen in den Fokus rücken. Grundlage für eine solche Untersuchung ist eine Systematisierung existierender Repräsentationen nach kognitiven Voraussetzungen. Daher werden folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Welche variierenden kognitiven Anforderungen stellen technische Repräsentationen an den Rezipienten?
- Wie können technische Repräsentationen auf Grundlage dieser Anforderungen kategorisiert werden?

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Analyse der in Lehrwerken für Berufsschulen enthaltenen Repräsentationen durchgeführt. Das Sampling orientierte sich dabei an inhaltlichen und quantitativen Aspekten. Aufgrund der zu erwartenden Vielfalt an Reprä-

sentationsformen wurden die mechanischen Berufsfelder als Untersuchungsgegenstand gewählt, welcher durch Beschränkung auf die häufigsten IHK-Prüfungsfälle (IHK, 2017) sowie inhaltliche Analyse der Rahmenlehrpläne (KMK, 2017) auf das erste Ausbildungsjahr der Berufe Konstruktions-, Industrie-, Werkzeug- sowie Zerspanungsmechaniker/in eingegrenzt wurde. Insgesamt wurden in drei Schulbüchern des Berufsfeldes Metalltechnik für das 1. Ausbildungsjahr (Haffer u. a., 2014; Kaese, Langanke, Schmid, Sokele, & Tiedt, 2016; Moos, Wagenleiter, & Wollinger, 2015) N = 383 Repräsentationen erfasst und kontextunabhängig hinsichtlich des zu aktivierenden Vorwissens sowie deren Abstraktionsgrad kodiert.

Bezüglich des für das Verständnis der Repräsentation notwendigen Vorwissens wurde dabei in technikbezogenes Wissen, bezugswissenschaftliche Wissensbestände (Mathematik, Physik, Chemie, Informatik und Wirtschaft) sowie Allgemeinwissen differenziert. Allgemeinwissen umfasste dabei alle rezeptiven Fertigkeiten unterhalb der PIAAC-Literacy- und Numeracy-Stufen 3 (OECD, 2013) sowie Wissen, welches in alltäglichen Lebenssituationen erworben und genutzt wird. Das fachliche Vorwissen in der Technik bzw. den Bezugswissenschaften kann hingegen entweder inhaltlich oder in Form von Wissen um domänenspezifische repräsentationale Konventionen ausgeprägt sein. Darüber hinaus wurde bei der Kodierung eine weitere Ebene relevanter Wissensbestände identifiziert. Dieses Vorwissen ist im Gegensatz zur ersten nicht zwingend notwendig zum Verstehen der Repräsentation, erweist sich jedoch für das Elaborieren dargestellter Sachverhalte, Wirkzusammenhänge oder Konsequenzen als hilfreich (s. Tab. 2).

Als repräsentationsspezifisches Merkmal wurde Abstraktheit in die Untersuchung aufgenommen. Dieser Faktor wird in der Literatur als bedeutsam identifiziert (Fyfe, McNeil, Son, & Goldstone, 2014), jedoch mit widersprüchlichen Befunden (Imhof, Scheiter, Edelmann, & Gerjets, 2012; Johnson, Butcher, Ozogul, & Reisslein, 2014; Joseph & Dwyer, 1984; Berthold & Renkl, 2009). Unter Berücksichtigung dieser Befunde wurde zusätzlich zu den beiden Ebenen des Vorwissens der Abstraktionsgrad in Anlehnung an Storz und Wirsing (1987, S. 47f) kodiert (s. Tab. 1).

Abstraktion	Definition	Beispiele
erscheinungs-affin	visuelle Ähnlichkeit mit abgebildetem Gegenstand oder Sachverhalt gegeben	Foto, Zeichnung, CGI-Grafik
wesensaffin	keine visuellen Ähnlichkeiten mit dem Abzubildenden, kommuniziert jedoch sachlogische Zusammenhänge durch Form oder Topologie der einzelnen Elemente	Diagramm, Schaltbild, Kräfteparallelogramm
inaffin	bestehend aus arbiträren Zeichen (Symbolen) ohne visuellen Bezug zum Sachverhalt	Formel, Tabelle, Schrifttext

Tab. 1: Abstraktionsgrade externer Repräsentationen

Ergebnisse

Tab.2 stellt die auftretenden Kombinationen der beiden Ebenen des Vorwissens dar. Dabei wird ersichtlich, dass rein inhaltliches Vorwissen aus den Bezugswissenschaften kaum notwendig zur Erschließung von Repräsentationen wird, dafür jedoch das Wissen um repräsentationale Konventionen. Repräsentationen, welche durch die Notwendigkeit bezugswissenschaftlicher Konventionen geprägt sind, erfordern zur Elaboration weitestgehend bezugswissenschaftliches Wissen. Dieses Muster zeichnet sich bei den technik-spezifischen Repräsentationen hingegen nicht ab: In dieser Gruppe sind sowohl bezugswissenschaftliches als auch technisches Wissen zur Elaboration bedeutsam.

		notwendiges Vorwissen				
		AW (Allgemeinwissen)	BW (Bezugswissenschaften)		TW (Technikwissen)	
			rep.	inh.	rep.	inh.
hilfreiches Vorwissen	kein	+ (45)	± (2)	± (1)	+ (39)	+ (12)
	BW	+ (71)	+ (57)	- (0)	+ (17)	+ (11)
	TW	+ (116)	± (3)	- (0)	+ (7)	+ (4)

Tab. 2: Notwendiges und hilfreiches Vorwissen. Notwendiges Vorwissen ist in Inhalts- und Repräsentationswissen (inh. / rep.) untergliedert. Anzahl der Repräsentationen in Klammern

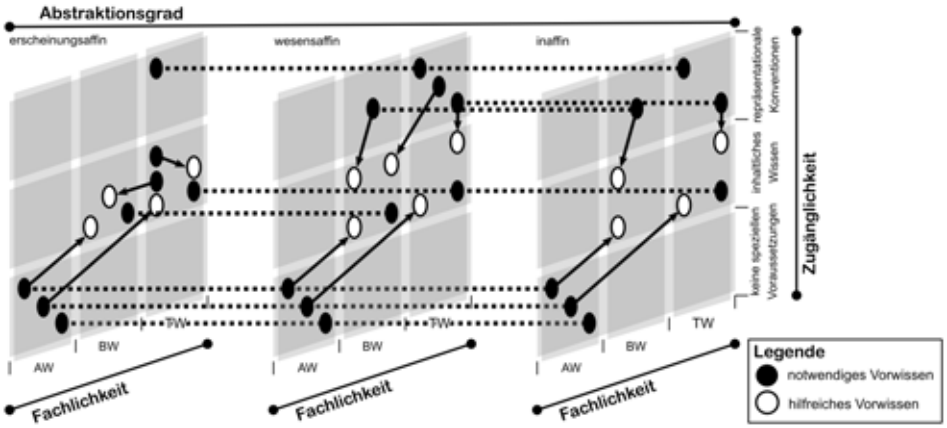


Abb 1.: Verteilung der Vorwissenskombinationen für die verschiedenen Abstraktionsgrade

Die tatsächlich auftretenden Vorwissenskombinationen wurden hinsichtlich Zugänglichkeit (kein, inhaltspezifisches oder repräsentationales Vorwissen) und Domäne/Fachlichkeit (Allgemein-, Bezugswissenschafts- oder Technikwissen) in Abhängigkeit von der Abstraktion in Abb. 1 verortet. Aus dieser Aufstellung wird ersichtlich, dass Repräsentationen ohne spezielle Zugangsvoraussetzungen sowie Repräsentationen mit rein inhaltlich-technischem oder rein repräsentational-technischem Vorwissen auf jeder der Abstraktionsebenen vorliegen. Im Gegensatz dazu sind speziellere Kombinationen nur in Teilbereichen vorzufinden. So sind Repräsentationen mit technisch-inhaltlichen Voraussetzungen, die tiefergehende Elaboration ermöglichen, nur auf der Ebene der erscheinungsaffinen Repräsentationen zu finden, während im untersuchten Fachbereich bezugswissenschaftliche repräsentationale Konventionen nur auf der wesens- und inaffinen Ebene existent sind.

Fazit und Ausblick

Die im Rahmen einer Lehrbuchanalyse vorgenommene Kategorisierung verdeutlicht, dass sich Repräsentationen im Bereich Technik durch eine hohe Varianz an benötigtem Vorwissen auszeichnen. Dies spiegelt sich speziell in den Kombinationen mit Wissensbeständen aus den Bezugswissenschaften wider. Vermutlich dürfte dies einer der Gründe dafür sein, weshalb es besonders für unerfahrene Lerner schwierig einzuschätzen ist, ob und inwiefern sich die für eine tiefere Auseinandersetzung mit einer Repräsentation einzusetzenden kognitiven Ressourcen durch elaborierende Erkenntnisse amortisieren. Um das repräsentationale Dilemma aufzuklären, stellt daher die Weiterentwicklung der Klassifikation mit Fokus auf Rezeptionsschwierigkeiten weiterhin ein offenes Desiderat dar.

Literatur

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. Computers & Education, 33(2), 131–152.

Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In Visualization: Theory and practice in science education (S. 191–208). Springer.

Alabi, O. O., Magana, A. J., & Garcia, R. E. (2013). Exploring student representational approaches in solving rechargable battery design problems. In 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (S. 1685–1687). IEEE.

Berthold, K., & Renkl, A. (2009). Instructional aids to support a conceptual understanding of multiple representations. Journal of Educational Psychology, 101(1), 70.

Bodemer, D., & Faust, U. (2006). External and mental referencing of multiple representations. Computers in Human Behavior, 22(1), 27–42.

Bowen, G. M., & Roth, W.-M. (2002). Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. Research in Science Education, 32(3), 303–327.

Cook, M. P. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. Science education, 90(6), 1073–1091.

Glancy, A. W., & Moore, T. J. (2013). Theoretical foundations for effective STEM learning environments. Engineering Education Working Papers, Paper 1.

Fyfe, E. R., McNeil, N. M., Son, J. Y., & Goldstone, R. L. (2014). Concreteness fading in mathematics and science instruction: A systematic review. Educational Psychology Review, 26(1), 9–25.

Haffer, R., Becker-Kavan, A., van den Boom, G., Brandt, F., Braun, C., Lindner, V., … Timm, J. (2014). Grundkenntnisse Industrielle Metallberufe. Lernfelder 1-4 (6. aktualisierte Auflage). Hamburg: Handwerk und Technik.

IHK. (2017). Prüfungsstatistik der Industrie- und Handelskammer. Abgerufen von http://pes.ihk.de am 27.05.2017

Imhof, B., Scheiter, K., Edelmann, J., & Gerjets, P. (2012). How temporal and spatial aspects of presenting visualizations affect learning about locomotion patterns. Learning and Instruction, 22(3), 193–205.

Johnson, A. M., Butcher, K. R., Ozogul, G., & Reisslein, M. (2014). Introductory circuit analysis learning from abstract and contextualized circuit representations: Effects of diagram labels. IEEE Transactions on Education, 57(3), 160–168.

Johnson, A. M., Ozogul, G., Moreno, R., & Reisslein, M. (2013). Pedagogical agent signaling of multiple visual engineering representations: The case of the young female agent. Journal of Engineering Education, 102(2), 319–337.

Joseph, J. H., & Dwyer, F. M. (1984). The effects of prior knowledge, presentation mode, and visual realism on student achievement. The Journal of experimental education, 52(2), 110–121.

Juhl, J., & Lindegaard, H. (2013). Representations and visual synthesis in engineering design. Journal of Engineering Education, 102(1), 20–50.

Kaese, J., Langanke, L., Schmid, K.-G., Sokele, G., & Tiedt, G. (2016). Metalltechnik. Grundwissen Lernfelder 1-4 (4. Auflage). Braunschweig: Westermann.

KMK. (2017). Downloadbereich Rahmenlehrpläne. Abgerufen von http://www.kmk.org/themen/berufliche-schulen/duale-berufsausbildung/downloadbereich-rahmenlehrplaene.html am 01.06.2017

Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. Journal of research in science teaching, 34(9), 949–968.

Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? Journal of educational psychology, 82(4), 715.

Moore, T. J., Miller, R. L., Lesh, R. A., Stohlmann, M. S., & Kim, Y. R. (2013). Modeling in engineering: The role of representational fluency in students' conceptual understanding. Journal of Engineering Education, 102(1), 141–178.

Moos, J., Wagenleiter, H. W., & Wollinger, P. (2015). Grundkenntnisse Metallbauer und Konstruktionsmechaniker. Lernfelder 1-4 (4., überarbeitete Auflage). Hamburg: Handwerk und Technik.

OECD. (2013). OECD Skills Outlook: First Results from the Survey of Adult Skills. OECD Publishing.

Rau, M. A. (2016). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. Educational Psychology Review, 1–45.

Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. Learning and instruction, 13(2), 227–237.

Storz, P., & Wirsing, G. (1987). Unterrichtsmethodik Technische Chemie. Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Sabine Streller und Studierende[1]

Didaktik der Chemie (Freie Universität Berlin)

Das Schulbuch im Berliner Chemieunterricht – eine Bestandsaufnahme

Ausgangspunkt

Im Rahmen des Moduls „Analyse von Chemieunterricht" an der Freien Universität Berlin werden Lehramtsstudierende im Masterstudiengang an chemiedidaktische Forschungsarbeiten herangeführt. Neben der Erarbeitung theoretischer Grundlagen entwickeln die Studierenden in Kleingruppen eigene Forschungsfragen samt entsprechendem Untersuchungsdesign, um ihrer Frage nachzugehen, und führen die geplante Untersuchung eigenständig durch. Im WS 2015/16 entschieden sich die Studierenden eine Untersuchung zum Einsatz von Schulbüchern im Chemieunterricht durchzuführen. Begonnen wurde mit einer Bestandsaufnahme der Schulbücher, die für Schüler*innen an Berliner Schulen verfügbar sind. Anschließend wurde ein Fragebogen für Schüler*innen und Lehrer*innen entwickelt, um einerseits die Häufigkeit des Schulbucheinsatzes im Unterricht und zu Hause näher zu bestimmen und um andererseits mehr über den Zweck des Schulbucheinsatzes zu erfahren.

Theoretischer Rahmen

Obwohl immer mehr digitale Medien Einzug in den Unterricht halten, besitzen Schulbücher nach wie vor eine hohe Präsenz (Doll & Rehfinger, 2012, 20). Die Diversität an Schulbüchern steht dagegen in deutlichem Kontrast zu Zahl und Umfang bisheriger Studien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (Doll & Rehfinger, 2012, 20); und das, obwohl Schulbücher zu den ältesten Lehrmitteln gehören (Merzyn, 1994, 13) und bis heute kaum aus dem Unterricht wegzudenken sind.

Schulbuchforschung fokussiert meist auf inhaltliche Aspekte und Verständlichkeit, wie Lesbarkeit der Texte, Aufgaben oder Bildeinsatz, um die Bücher weiter zu optimieren (Doll & Rehfinger, 2012, 21). Doch bleibt die Frage der Würdigung solcher Optimierungsarbeiten offen, denn zur Nutzungsweise, -häufigkeit und -zielen liegen nur wenige empirische Studien vor (ebd., 31). Eine Untersuchung von Bleichroth, Dräger und Merzyn (1987) zeigt, dass Physikschulbücher von Schüler*innen nur wenig genutzt wurden, wenn überhaupt, dann zur Wiederholung von Inhalten aus dem Unterricht.

Fragestellungen

Die folgenden Fragestellungen waren im Rahmen der Untersuchung zentral:

I. **Wie häufig** wird das Schulbuch a) im Chemieunterricht, b) zur Vorbereitung und c) zur Nachbereitung von Chemieunterricht verwendet?

II. **Welche Möglichkeiten** sehen Lehrer*innen und Schüler*innen die vorhandenen Schulbücher a) im Chemieunterricht sowie zur b) Vor- und c) Nachbereitung des Chemieunterrichts zu verwenden?

III. **Wozu** verwenden Lehrer*innen und Schüler*innen die vorhanden Schulbücher a) im Chemieunterricht bzw. b) außerhalb der Schule tatsächlich?

[1] Master-Studierende im Analyse-Seminar: Oliver Bode, Valeska Bothe, Theresa Brückner, Thu Hien Dao, Ana C. Henckel, Mechthild Kalhoff, Sascha Kirchner, Ayse Kirdag, Sara Lange, Jan-Philipp Schellenberg, Xiao Jakob Schmitt, Jakob Schweer, Viviane Wagner, Christine Walzer

Methode

Um Antworten auf die Forschungsfragen zu erhalten, haben die Studierenden je einen Fragebogen für Schüler*innen und Lehrer*innen mit geschlossenen und offenen Antwortformaten entwickelt. Bei der Konzeption der geschlossenen Items haben sie sich an Arbeiten von Merzyn (1994) und an Empfehlungen aus dem Modul 26 „Das Lehrbuch einsetzen“ des Staatlichen Studienseminar Koblenz orientiert. Die Befragung von Schüler*innen und Lehrer* innen erfolgte an Integrierten Sekundarschulen (ISS) und Gymnasien (GYM) in Berlin im Januar 2016.

Ergebnisse

Stichprobe

	Schüler*innen			**Lehrer*innen**		
	GYM	ISS	Σ	GYM	ISS	
Sek I	144	98	242	30	22	
Sek II	78	34	112			
Σ	222	132	**354**	30	22	**52**

Abb. 1, Stichprobe

Nur 35% der Schüler*innen (Sek. I) der ISS geben an, zu Hause ein Chemiebuch zu haben. In der Sek. II sind dies 50%. An Gymnasien haben 76% (Sek I) und 88% (Sek.II) der Schüler*innen ein Chemiebuch zu Hause (ohne Abb.).

Frage I: Schulbucheinsatz im und außerhalb des Unterrichts

Generell ist die Nutzung des Schulbuchs nach Auskunft der Schüler*innen außerhalb des Unterrichts geringer als im Unterricht (ohne Abb.). Auch Lehrer*innen schätzen die Nutzung des Schulbuchs außerhalb des Unterrichts geringer ein als im Unterricht.

Der Prozentsatz der Schüler*innen die überhaupt ein Buch *im* Chemieunterricht benutzen, liegt in der ISS höher als im Gymnasium (Abb. 2). Bezüglich der Angabe „gar nicht“ besteht die größte Differenz zwischen den Angaben von Schüler*innen und Lehrer*innen.

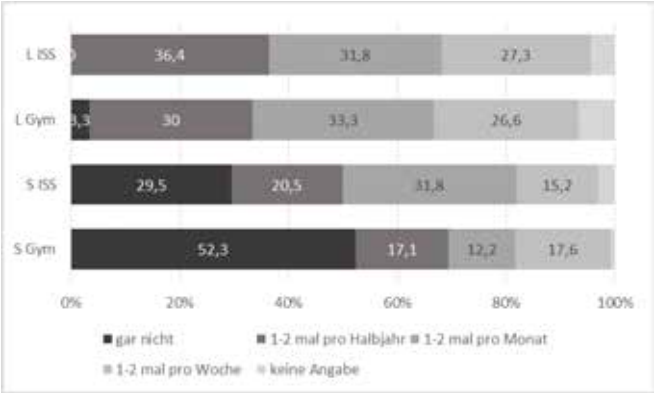


*Abb. 2, Nutzungshäufigkeit des Schulbuchs aus Sicht der Schüler*innen (S) an Gymnasien und ISS in Prozent sowie aus Sicht der Lehrer*innen (L) an Gymnasien und ISS (Item: Wie oft verwendest du / verwenden Sie ein Schulbuch im Chemieunterricht?)*

Frage II: Möglichkeiten des Schulbucheinsatzes

Schüler*innen sehen die hauptsächliche Einsatzmöglichkeit des Schulbuches im Unterricht darin, es als Nachschlagewerk zu nutzen. Dieses Ergebnis korrespondiert mit den Antworten

der Schüler*innen auf die Frage, wie sie das Schulbuch im Unterricht tatsächlich verwenden (vgl. Ergebnisse Frage III).

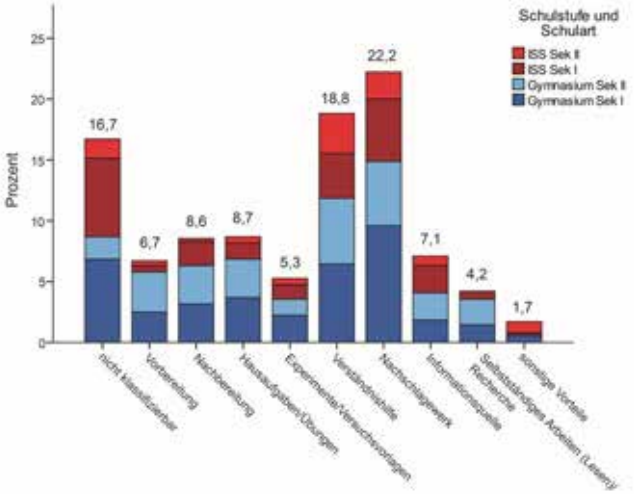


*Abb. 3, Einsatzmöglichkeiten des Schulbuches im Unterricht aus Sicht der Schüler*innen ($N_{Aussagen}$ = 760)*

Lehrer*innen beider Schularten sehen Potenzial im Schulbucheinsatz im Chemieunterricht vor allem in der Erarbeitung, der Recherche sowie im Üben und Wiederholen von Inhalten. Erstaunlich ist, dass sie es aber nach eigener Angabe für diese Zwecke nur (sehr) selten einsetzen.

Frage III: Tatsächlicher Einsatz des Schulbuches

Am häufigsten nutzen Schüler*innen das Schulbuch als Nachschlagewerk. 45% der Schüler*innen, die das Buch im Unterricht überhaupt nutzen (N_{gesamt}=354 - davon nutzen $N_{bereinigt}$=222 ein Buch) geben an, das Buch im Unterricht oft als Glossar und Nachschlagewerk zu nutzen, ca. 35% tun dies auch zu Hause.

Nach Auskunft der Lehrer*innen wird das Schulbuch im Unterricht von den Schüler*innen am häufigsten zur Textarbeit (M 3,6; sechsstufige Skala: 1=sehr oft, 6=nie) als Nachschlagewerk (M 3,4) und zur Eröterung von Tabellen oder Schemata (M 3,5) eingesetzt (ohne Abb.). Eher (sehr) selten wird das Buch zur Wiederholung (M 4,5) oder zur Vorbereitung von Referaten (4,2) verwendet. Auffällig ist, dass Lehrer*innen Schulbücher eher für die Vorbereitung des eigenen Unterrichts verwenden als im Unterricht selbst. Dabei geben Lehrer*innen beider Schularten gleichermaßen an, Schulbücher oft für die Planung des Unterrichts zu verwenden und sich bei Gliederung des Unterrichts am Buch zu orientieren.

Fazit

Ziel dieser Untersuchung war es, einen Einblick zu erhalten, wie häufig und wozu Lehrer*innen und Schüler*innen Schulbücher im Chemieunterricht verwenden aber auch welche Möglichkeiten der Verwendung beide Gruppen sehen. Der dazu entwickelte Fragebogen hat sich als geeignet erwiesen. Die Ergebnisse sind insofern wenig überraschend, als sie doch die vermutete geringe Verwendung des Schulbuches im Chemieunterricht zeigen. Überraschend dagegen ist, dass 1. das Schulbuch aber außerhalb des Unterrichts offenbar noch weniger verwendet wird und dass 2. sowohl Lehrer*innen als auch Schüler*innen dem Schulbuch zwar viel Potenzial zuschreiben, dies aber nicht nutzen. Warum das der Fall ist, sollen weitere Untersuchungen klären.

Literatur

Bleichroth, W. , Dräger, P., Merzyn, G. (1987). Schüler äußern sich zu ihrem Physikbuch. NiU Physik 26, 262-264

Doll, J.; Rehfinger, A. (2012): Historische Forschungsstränge der Schulbuchforschung und aktuelle Beispiele empirischer Schulbuchwirkungsforschung, in: Doll, J. u.a. (Hrsg.): Schulbücher im Fokus – Nutzungen, Wirkungen und Evaluationen, Waxmann: Münster, 19-42

Merzyn, G. (1994): Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht, IPN: Kiel

http://www.studienseminar-koblenz.de/medien/standardsituationen/26%20Das%20Lehrbuch%20einsetzen.pdf

Martin Erik Horn HWR Berlin

GAALOP als speziell-relativistischer Taschenrechner

Die konzeptuelle Beschreibung der Speziellen Relativitätstheorie basiert auf einer pseudo-Euklidischen Raumzeit, die mathematisch sehr einfach mit Hilfe der Clifford-Algebra modelliert werden kann (Snygg 1997), (Hestenes 1967, 2002), (Doran et al. 2003). Die Berechnung relativistischer Größen ist deshalb im Kontext der Clifford-Algebra auch weit einfacher als unter ausschließlicher Nutzung reeller Zahlen (Hestenes 2003a, b), (Parra Serra 2009).

Für die rechnerische Lösung von Aufgaben zur Speziellen Relativitätstheorie in schulischen und hochschulischen Unterrichtssituationen stehen uns derzeit allerdings nur Taschenrechner zur Verfügung, die keine Berechnungen auf Grundlage der Clifford-Algebra zulassen. Es ist deshalb sinnvoll, für Übungsphasen nach einem Taschenrechner-Ersatz für speziell-relativistische Rechnungen zu suchen.

Das Programm-Tool GAALOP (Geometric Algebra Algorithms Optimizer) bietet eine solche, leicht zugängliche Taschenrechner-Alternative. Ursprünglich für den Einsatz im Rahmen von Problemstellungen der Informatik und zur stabilen Implementation geometrisch-algebraischer Programmierschritte gedacht (Hildenbrand et al. 2010), (Hildenbrand 2013), (Steinmetz 2013), wird GAALOP in letzter Zeit auch immer öfter im Bereich mathematik- oder informatikdidaktischer Problemstellungen beispielsweise im Kontext der Compass Ruler Algebra (Hildenbrand & Oldenburg 2015) oder zur Lösung Linearer Gleichungssysteme (Horn 2017a, b) eingesetzt. So bietet sich auch ein physikdidaktischer Einsatz an.

Mathematischer Kernpunkt und didaktische Brücke zur Speziellen Relativität

Unter Rückgriff auf eine Abituraufgabe aus dem Schuljahr 2008/2009 (Horn 2010a) wird im Folgenden beispielhaft gezeigt, wie eine Fragestellung zur Lorentz-Transformation mit Hilfe des Programm-Tools GAALOP gelöst werden kann. Der mathematische Kernpunkt besteht dabei in der Darstellung von Lorentz-Transformationen, also raumzeitlicher Rotationen, als Hintereinanderfolge zweier raumzeitlicher Reflexionen (Horn 2010b).

Um diese raumzeitlichen Transformationen an alltagsrelevante Erfahrung anknüpfen zu können wird im kommenden Abschnitt zuerst die entsprechende Modellierung einer rein räumlichen Rotation durch zwei aufeinander folgende rein räumliche Reflexionen mit Hilfe von GAALOP als didaktische Brücke vorgestellt.

Räumliche Rotationen mit GAALOP

Eine mögliche Übertragung der später zu diskutierenden Abitur-Teilaufgabe 2.2 d aus (Horn 2010a) in eine entsprechende rein räumliche Fragestellung könnte in etwa lauten:

Dr. Pau führt eine längere wissenschaftliche Expedition durch. Dr. Wolf beobachtet ihn dabei. Die Inertialsysteme von Dr. Pau und Dr. Wolf befinden sich relativ zueinander in Ruhe. Allerdings sind ihre räumlichen Achsen gegeneinander verdreht.

So misst Dr. Wolf ein Ereignis, das auf der y'-Achse von Dr. Pau stattfindet, an der Position

$$\mathbf{r}_2 = 3\,\mathrm{Lj}\,\gamma_x + 12\,\mathrm{Lj}\,\gamma_y$$

Im Koordinatensystem von Dr. Pau findet eine Supernova-Explosion an der Position

$$\mathbf{r}_3' = 5\,\mathrm{Lj}\,\gamma_x' + 10\,\mathrm{Lj}\,\gamma_y'$$

statt. Berechnen Sie die Koordinaten dieser Explosion im Inertialsystem von Dr. Wolf.

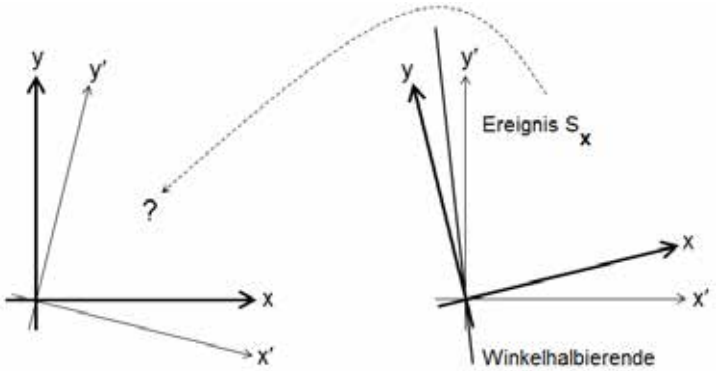


Abb. 1: Skizze einer rein räumlichen Rotation: Wohin wird das Ereignis S transformiert?

Eine graphische Skizzierung dieser Fragestellung wird in Abbildung 1 gezeigt. Dabei bieten sich mehrere Lösungsstrategien an, um eine Rotation sachgerecht zu modellieren. So kann eine erste Reflexion an der Winkelhalbierenden zwischen den beiden y-Achsen erfolgen (siehe Abb. 1), die dann von einer zweiten Reflexion an der y'-Achse von Dr. Pau gefolgt wird. Alternativ dazu kann eine erste Reflexion an der ersten Winkel-Viertelnden zwischen den beiden y-Achsen erfolgen, die dann von einer weiteren Reflexion an der dritten Winkel-Viertelnden zwischen beiden y-Achsen gefolgt wird.

Je nach mathematischen Vorkenntnissen der Lernenden können die Winkel-Teilenden entweder mit Hilfe trigonometrischer Funktionen algebraisch ermittelt werden (siehe Strategien 1 und 2 von Horn 2018). Oder aber die Winkelhalbierenden werden geometrisch durch Addition der die Winkel begrenzenden Einheitsvektoren gebildet (siehe Strategien 3 und 4 von Horn 2018). In diesem Fall wird lediglich zur Normierung die Länge des Ortsvektors auf der y'-Achse von Dr. Pau benötigt. Diese lässt sich mit Hilfe des Satzes von Pythagoras leicht zu $\sqrt{12^2+3^2}$ Lj = $\sqrt{153}$ Lj bestimmen. In Abb. 3 wird im ersten Programmteil die erfolgreiche Umsetzung dieses Ansatzes mit Hilfe von GAALOP gezeigt.

Raumzeitliche Rotationen mit GAALOP

Nach diesen Vorüberlegungen kann die folgende Abitur-Teilaufgabe 2.2 d (Horn 2010a)

> **Dr. Pau führt eine längere wissenschaftliche Expedition durch. Dr. Wolf beobachtet ihn dabei. Dr. Pau startet seine Rakete im Ursprung des Inertialsystems von Dr. Wolf. Die Beschleunigungsphase ist dabei so kurz, dass sie vernachlässigt werden kann, da die Rakete von Dr. Pau innerhalb kürzester Zeit ihre konstante Endgeschwindigkeit erreicht.**
>
> **Einige Zeit später befindet sich die Rakete von Dr. Pau im Inertialsystem von Dr. Wolf an der Position**
>
> $$\mathbf{r_2} = 12\ \text{Lj}\ \gamma_t + 3\ \text{Lj}\ \gamma_x$$
>
> **Im Koordinatensystem von Dr. Pau findet eine Supernova-Explosion an der Position**
>
> $$\mathbf{r_3}' = 10\ \text{Lj}\ \gamma_t' + 5\ \text{Lj}\ \gamma_x'$$
>
> **statt. Berechnen Sie die Koordinaten dieser Explosion im Inertialsystem von Dr. Wolf.**

in Angriff genommen werden. Erneut kann zwischen algebraisch und geometrisch fundierten Lösungsstrategien (Horn 2018) gewählt werden, wobei entweder auf hyperbolische Funktionen oder aber auf entsprechende Normierungen (beispielsweise des Positionsvektors mit Hilfe des relativistischen Pythagoras zu $\sqrt{12^2-3^2}$ Lj = $\sqrt{135}$ Lj) zurückzugreifen ist. Abb. 2 zeigt, dass die Lorentz-Transformation dann durch eine erste Reflexion an der Winkelhalbierenden zwischen den beiden ct-Achsen, gefolgt von einer zweiten Reflexion an der ct'-Ach-

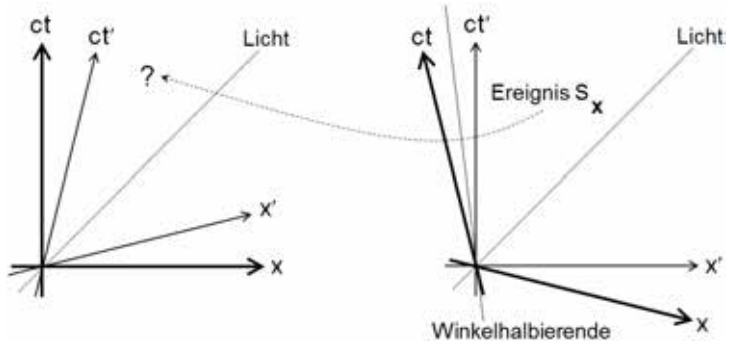


Abb. 2: Skizze einer raumzeitlichen Rotation: Wohin wird das Ereignis S transformiert?

se von Dr. Pau modelliert werden kann. Das mathematische Niveau ist also überschaubar und relativ niedrig, da im Wesentlichen nur einfache Vektoradditionen und Sandwich-Multiplikationen (Horn 2015) durchzuführen sind. Die Programmierung wird in Abb.3 gezeigt.

Welcome | abituraufgabe

```
# RaeuumlicheDrehung;
rEreignis = 5*e2 + 10*e3;
wurzel153 = 12.36931688;
yAchsePAUalt = e3;
yAchsePAUneu = (3*e2 + 12*e3)/wurzel153;
mEINS = yAchsePAUalt + yAchsePAUneu;
nZWEI = yAchsePAUneu;
?rEreignisNEU = nZWEI*mEINS*rEreignis*mEINS*nZWEI/(mEINS*mEINS*nZWEI*nZWEI);

# Lorentz-Transformation;
rSuperPAU = 10*e1 + 5*e2;
wurzel135 = 11.61895004;
ctAchsePAUalt = e1;
ctAchsePAUneu = (12*e1 + 3*e2)/wurzel135;
mEins = ctAchsePAUalt + ctAchsePAUneu;
nZwei = ctAchsePAUneu;
?rSuperWOLF = nZwei*mEins*rSuperPAU*mEins*nZwei/(mEins*mEins*nZwei*nZwei);
```

Abb. 3: Mögliche GAALOP-Programmschritte zur räumlichen und raumzeitlichen Rotation.

Nach Aktivierung des ***Optimize***-Buttons werden die Lösungswerte von GAALOP wie erwartet zu $\mathbf{r}_{\mathbf{EreignisNEU}} = 7{,}28\ \text{Lj}\ \gamma_x + 8{,}49\ \text{Lj}\ \gamma_y$ und $\mathbf{r}_{\mathbf{SuperWOLF}} = 11{,}62\ \text{Lj}\ \gamma_t + 7{,}75\ \text{Lj}\ \gamma_x$ berechnet. Da das Programm hier lediglich als Taschenrechner-Ersatz genutzt wird, können die restlichen Zeilen der Ausgabe, die eine Einbindung in LaTeX-Programme ermöglichen würden, ignoriert werden. Die Handhabung von GAALOP ist denkbar einfach, nahezu selbsterklärend und darüber hinaus kostengünstig, da das Programm im Internet frei unter www.gaalop.de (Pitt et al. 2008–2017) heruntergeladen werden kann.

Das Programm-Tools GAALOP bietet somit eine effektive und anwenderfreundliche Taschenrechner-Alternative für Rechnungen zur Clifford-Algebra. Auch weitere Themenbereiche werden sich damit in schulischen und hochschulischen Unterrichtssituationen im Rahmen der Clifford-Algebra erschließen lassen.

Literatur

Doran, C. & Lasenby, A. (2003). Geometric Algebra for Physicists. Cambridge: Cambridge University Press

Grassmann, H. (1844). Die Wissenschaft der extensiven Grösse oder die Ausdehnungslehre. Erster Theil; Lineale Ausdehnungslehre. Leipzig: Verlag von Otto Wigand

Hestenes, D. (1967). Real Spinor Fields. Journal of Mathematical Physics, Vol. 8, No. 4, 798-808

Hestenes, D. (2002). New Foundations for Classical Mechanics. Second edition, New York: Kluwer Academic Publishers

Hestenes, D. (2003a). Oersted Medal Lecture 2002: Reforming the Mathematical Language of Physics. American Journal of Physics, Vol. 71, No. 2, 104-121

Hestenes, D. (2003b). Spacetime Physics with Geometric Algebra. American Journal of Physics, Vol. 71, No. 7, 691-714

Hildenbrand, D., Pitt, J. & Koch, A. (2010). Gaalop – High Performance Parallel Computing Based on Conformal Geometric Algebra. In E. Bayro-Corrochano & G. Scheuermann (Eds.). Geometric Algebra Computing in Engineering and Computer Science. London: Springer-Verlag, 477-494

Hildenbrand, D. (2013). Foundations of Geometric Algebra Computing. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag

Hildenbrand, D. & Oldenburg, R. (2015). Geometric Algebra: A Foundation of Elementary Geometry with possible Applications in Computer Algebra based Dynamic Geometry Systems. Electronic Journal of Mathematics and Technology, Vol. 9, No. 3, 210-228

Horn, M.E. (2010a): Die Raumzeit-Algebra im Abitur. In H. Grötzebauch & V. Neumeier (Hrsg.). PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Hannover 2010, Beitrag 28.4. URL [21.12.2010] www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/192

Horn, M.E. (2010b): Eine Einführung in Pauli-Matrizen und Dirac-Matrizen: Reflexionen und Rotationen in Raum und Raumzeit. In: A. Lindmeier & S. Ufer (Hrsg.). BzMU 2010 – Beiträge zum Mathematikunterricht, Tagungsband der Jahrestagung der GDM 2010 in München. Münster: WTM-Verlag, 417-420

Horn, M.E. (2011). Grassmann, Pauli, Dirac: Special Relativity in the Schoolroom. In H.-J. Petsche, A.C. Lewis, J. Liesen & S. Russ (Eds.). From Past to Future – Graßmann's Work in Context. Basel, Berlin: Birkhäuser-Verlag, 435-450

Horn, M.E. (2015). Sandwich Products and Reflections. In H. Grötzebauch, V. Nordmeier (Hrsg.). PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Wuppertal 2015, Beitrag DD 17.7, URL [17.12.2015] www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/642

Horn, M.E. (2017a). Lösung einer Aufgabe zu Linearen Gleichungssystemen aus der Han-Dynastie mit GAALOP als Taschenrechner-Ersatz. Zur Veröffentlichung vorgesehen in Institut für Mathematik der Universität Potsdam (Hrsg.). BzMU 2017 – Beiträge zum Mathematikunterricht, Tagungsband der Jahrestagung der GDM 2017 in Potsdam. Münster: WTM-Verlag

Horn, M.E. (2017b). Übungsblätter zum Modul „Wirtschaftsmathematik", LV-Nr. 200 601.07, Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, Sommersemester 2017

Horn, M.E. (2018). Poster „GAALOP als speziell-relativistischer Taschenrechner-Ersatz" des diesem Paper zugrunde liegenden GDCP-Tagungsbeitrags. Zur Veröffentlichung vorgesehen als Anhang des Beitrags M.E. Horn: Lorentz-Transformationen mit GAALOP. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.). PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Würzburg 2018

Parra Serra, J.M. (2009). Clifford Algebra and the Didactics of Mathematics. In Advances in Applied Clifford Algebras, Vol. 19, No. 3/4, 819-834

Pitt, J. Hildenbrand, D., Schwinn, C., Charrier, P. & Steinmetz, C. (GAALOP-Entwicklerteam 2008–2017). Homepage des Geometric Algebra Algorithms Optimizer GAALOP. URL [15.10.2017] www.gaalop.de

Snygg, J. (1997). Clifford Algebra. A Computational Tool for Physicists. New York, Oxford: Oxford University Press

Steinmetz, C. (2013). Examination of new Geometric Algebras Including a Visualization and Integration in a Geometric Algebra Compiler [Untersuchungen neuer geometrischer Algebren mit Visualisierung und Integration in einen Geometrische Algebra Compiler], Master-Thesis vom 24. April 2013, vorgelegt im Studienbereich Computational Engineering der Technischen Universität Darmstadt

Ann-Kathrin Joswig RWTH Aachen University
Josef Riese

Die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Lehramtsstudium Physik

Einleitung

Die Weiterentwicklung und Verbesserung des Lehramtsstudiums ist eine wichtige Herausforderung der Lehrerbildung. Eine Möglichkeit, die universitäre Lehrerbildung zu stärken, ist die Integration von weiteren Praxisphasen ins Studium. Aus diesem Anlass wurde ein Projekt konstituiert, welches im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wird. Ziel dieses Projekts ist es, ein Lehr-Lern-Seminar im Fach Physik zu entwickeln und zu evaluieren, welches Lehramtsstudierenden an der RWTH Aachen die Gelegenheit bietet, eigene Praxiserfahrungen als Lehrperson am Lernort Schule zu sammeln. Die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens der teilnehmenden Studierenden soll dabei näher untersucht werden, da noch ungeklärt ist, welche Lehrelemente die Entwicklung von fachdidaktischem Wissen begünstigen, welche Entwicklungsverläufe sich ergeben und ob die Wahl des Fachinhalts Einfluss auf die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens nimmt.

Theoretischer Hintergrund

Das fachdidaktische Wissen stellt einen zentralen Bereich im Professionswissen einer Lehrperson dar. Das Professionswissen lässt sich wiederum in das Konstrukt der professionellen Handlungskompetenz einbetten. In Anlehnung an den Kompetenzbegriff nach Weinert (2001) kann die professionelle Handlungskompetenz in *kognitive Fähigkeiten und Professionswissen* sowie *motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften und Fähigkeiten* unterteilt werden. Die nachfolgende Abb. 1 veranschaulicht die Struktur professioneller Handlungskompetenz für angehende Physiklehrkräfte (vgl. Riese, 2009, in Anlehnung an Baumert & Kunter, 2006 sowie Weinert, 2001).

Abb. 1: Kompetenzstrukturmodell (Riese, 2009, in Anlehnung an Baumert & Kunter, 2006 sowie Weinert, 2001)

In diesem Modell wird analog zu Shulmans (1986) Wissenstopologie eine Differenzierung des Professionswissens in *Physikalisches Fachwissen, Physikdidaktisches Wissen* und *Erziehungswissenschaftliches Wissen* vorgenommen. Da sich dieses Projekt auf die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte fokussiert, wird auf die *motivationalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten im Kompetenzstruktur-*

modell nicht genauer eingegangen. Dass das fachdidaktische Wissen einen wesentlichen Aspekt des Professionswissens darstellt, spiegelt sich ebenfalls in der universitären Lehrerbildung in Deutschland wider. Dort nehmen fachdidaktische Wissensinhalte einen zentralen Stellenwert ein und werden beispielsweise in Vorlesungen oder Seminaren thematisiert. Der hohe Stellenwert des fachdidaktischen Wissens zeigt sich zusätzlich in den durch die Kultusministerkonferenz (KMK) entwickelten landesweiten Standards für die Lehrerbildung in Deutschland (vgl. KMK, 2004). In diesen werden Kompetenzen von Lehrkräften formuliert. Des Weiteren wurden von der KMK *ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung* festgelegt. In ihnen wird betont, dass ein erfolgreiches Abschließen des Lehramtsstudiums unter anderem die Studierenden dazu befähigen soll über anschlussfähiges fachdidaktisches Wissen zu verfügen (vgl. KMK, 2008, Neuauflage 2016).

Ziele & Forschungsfragen

Für das Projekt lassen sich folgende Ziele und Forschungsinteressen (a-c) formulieren:

- Entwicklung eines Lehr-Lern-Seminars im Lehramtsstudium Physik an der RWTH Aachen.

Die Studierenden sollen in diesem Seminar die Gelegenheit erhalten, vor Beginn des Praxissemesters in einem komplexitätsreduzierten Rahmen eigenen Physikunterricht zu planen und mit Schülerinnen und Schülern durchzuführen. Der Einsatz von Lernzirkeln, die an der RWTH Aachen entwickelt und erprobt wurden, steht im Fokus der von den Studierenden zu planenden Unterrichtsstunden. Audiographie und anschließende audio-basierte Selbst- und Fremdreflexion sollen den Studierenden ermöglichen, ihre Fähigkeiten im Umgang mit Schülerinnen und Schülern allgemein sowie im Umgang mit themen-spezifischen Schülervorstellungen (Elektrizitätslehre und Optik) zu trainieren.

- Quantitative und qualitative Untersuchungen der Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Lehr-Lern-Seminar mit den folgenden Schwerpunkten:
  a) Wie entwickelt sich fachdidaktisches Wissen von Studierenden im Verlauf des Lehr-Lern-Seminars?
  b) Welche Seminarinhalte und sonstige Faktoren nehmen Einfluss auf die Entwicklung der einzelnen fachdidaktischen Wissensfacetten?
  c) Entwickelt sich fachdidaktisches Wissen inhaltsunabhängig?

Die Entwicklung und Entwicklungsverläufe des fachdidaktischen Wissens der Lehramts-studierenden sollen im Verlauf des Seminars einerseits mit Hilfe von fachdidaktischen Leistungstests und andererseits durch qualitative Interviews untersucht werden, um gezielt für das fachdidaktische Wissen lernförderliche Elemente identifizieren zu können.

Operationalisierung des fachdidaktischen Wissens

Im Rahmen dieses Projekts wird sich auf das von Gramzow, Riese & Reinhold (2013) entwickelte zweidimensionale Kompetenzmodell fachdidaktischen Wissens (Abb. 2) bezogen.

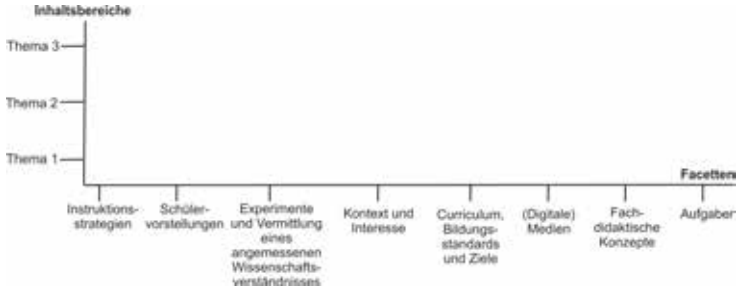


Abb. 2: Modell des fachdidaktischen Wissens (Gramzow, Riese & Reinhold, 2013)

In diesem Modell werden zunächst die Dimensionen *fachdidaktische Facetten* und *physikalische Inhaltsbereiche* unterschieden. Davon ausgehend wurde von Gramzow (2015) ein modifiziertes Itementwicklungsmodell erstellt. Dazu wurden die vier fachdidaktischen Facetten *Instruktionsstrategien, Schülervorstellungen, Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses* und *Fachdidaktische Konzepte* ausgewählt sowie der Inhaltsbereich Mechanik festgelegt. Darüber hinaus werden als dritte Dimension die drei kognitiven Anforderungsstufen *reproduzieren, anwenden* und *analysieren* unterschieden. Mit Hilfe des hieraus entwickelten Messinstruments in Form eines Leistungstests, bestehend aus insgesamt 24 Aufgaben offenen und geschlossenen Formats, war es möglich, das fachdidaktische Wissen angehender Physiklehrkräfte auf der Ebene empirisch fundierter Teilskalen zu erfassen (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017).
Im Rahmen dieses Projekts wurden auf Basis des vorliegenden Tests strukturgleiche (bzgl. der Verortung im Itementwicklungsmodell) Testitems zu den Inhaltsbereichen Optik und Elektrizitätslehre entwickelt, um die Bedeutung des Inhaltsbereichs auf die Entwicklung einzelner fachdidaktischer Facetten untersuchen zu können. Nachfolgend werden beispielhaft zwei solcher Items aus den Inhaltsbereichen Mechanik und Optik dargestellt.

- *Ein Vater zieht seine Tochter mit einem Schlitten über den Schnee. Der Schlitten hat dabei eine konstante Geschwindigkeit von 6 km/h. Geben Sie zu den folgenden Schüleraussagen bezüglich der beschriebenen Situation an, welche typische Schülerfehlvorstellung jeweils zugrunde liegt.*
  a) „Die Kraft, mit der der Vater an dem Schlitten zieht, ist größer als die Reibungskraft des Schlittens“ (Gramzow, 2015).
- *Bei der Durchführung eines Lernzirkels zur Optik nehmen Sie verschiedene Aussagen Ihrer Schülerinnen und Schüler wahr. Geben Sie zu den folgenden Schüleraussagen an, welche typische Schülerfehlvorstellung jeweils zugrunde liegt.*
  a) „Wenn Sonnenlicht auf das Prisma fällt, kommen auf der anderen Seite Farben raus“

Studiendesign und Ausblick

Für die Beantwortung der oben formulierten Forschungsfragen wird ein Prä-Post-Studiendesign gewählt. Die erste Durchführung des Lehr-Lern-Seminars und damit einhergehend die erste Datenerhebung erfolgen im Wintersemester 2017/2018. Eine Wiederholung ist für das Wintersemester 2018/2019 geplant.
Zu Beginn des Lehr-Lern-Seminars erfolgt der Einsatz des fachdidaktischen Leistungstests von Gramzow (2015) inklusive der Aufgabenerweiterungen auf die Inhaltsbereiche Optik und Elektrizitätslehre. Parallel zu diesem Test werden relevante Daten und Einstellungen der Studierenden miterhoben. Im Weiteren durchlaufen die Studierenden das Lehr-Lern-Seminar Physik und ein weiteres Physikdidaktikseminar. In beiden Seminaren werden die physikalischen Inhaltsbereiche Optik und Elektrizitätslehre, nicht aber der Inhaltsbereich Mechanik thematisiert. Der physikalische Inhaltsbereich Mechanik wird bewusst nicht aufgegriffen, um die Rolle des physikalischen Inhaltsbereichs bei der Entwicklung des fachdidaktischen Wissens zu untersuchen. Zum Ende des Seminars erfolgt der Post-Test. Abschließend werden im Rahmen von leitfadengestützten Interviews mit den Studierenden individuell diagnostizierte Kompetenzstandsveränderungen auf spezifische Lerngelegenheiten bezogen, um für das fachdidaktische Wissen lernförderliche Elemente identifizieren zu können. Perspektivisch sollen diese Elemente in der Lehrerbildung gestärkt werden.

Hinweis

Das beschriebene Teilprojekt wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert (FKZ: 01JA1513).

Literatur

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

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

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

Kultusministerkonferenz (KMK) (2004). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften: (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004).

Kultusministerkonferenz (KMK) (2008, Neuauflage 2016). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 06.10.2016).

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

Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Das fachdidaktische Wissen von Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23. DOI 10.1007/s40573-017-0059-2.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. In Educational Researcher, 15, (2), S. 4-14.

Weinert, F. E. (2001). Concept of Competence: A Conceptual Clarification. In D. S. Rychen & L. H. Salganik (Hrsg.), Defining and selecting key competencies. Kirkland, WA: Hogrefe & Huber.

Julian Heeg Leibniz Universität Hannover
Sascha Schanze

Förderung chemiedidaktischen Wissens mittels Video-Fallvignetten

Theoretischer Hintergrund

Das chemische Gleichgewicht zählt zu den zentralsten (van Driel & Gräber, 2003) und schwierigsten Themenbereichen des Chemieunterrichts (Locaylocy, van den Berg, & Magno, 2005). In einer Vielzahl von Studien konnten Verständnisschwierigkeiten von Lernenden diesbezüglich identifiziert werden (z. B. Banerjee, 1991; Hackling & Garnett, 1985). Angehende Chemielehrkräfte benötigen daher zur Unterstützung ihrer späteren Schülerinnen und Schüler ein umfangreiches fachdidaktisches Wissen (PCK).

Das Wissen um das Verständnis der Lernenden sowie das Wissen um adäquate Instruktionsstrategien zum Umgang damit sind zentrale Bestandteile des fachdidaktischen Wissens (Park & Oliver, 2008). Angehende Lehrkräfte verfügen häufig über ein gering entwickeltes und wenig vernetztes PCK (Loughran, Mulhall, & Berry, 2004). Daher sollte der Erwerb bereits in der ersten Ausbildungsphase beginnen und nicht rein theoretisch (de Jong & van Driel, 2005) oder rein praxisorientiert erfolgen. Vielmehr wird eine aufeinander bezogene Erwerbsvariante als gewinnbringend angesehen. Neben dem Fachwissen (Evens, Elen, & Depaepe, 2015) zählen u.a. auch die Vorstellungen der angehenden Lehrkräfte über domänen- und themenspezifische Lehr-Lern-Vorgänge (Friedrichsen et al., 2009) zu den zentralen Einflussfaktoren. Kollaboration (Kind, 2009) und Reflexion (Park & Oliver, 2008) können dabei unterstützend wirken.

Der Einsatz von Videovignetten im Rahmen des fallbasierten Lernens (Video-Fallvignetten) kann dazu beitragen Theorie-Praxis-Verknüpfungen zu fördern (Zumbach, Haider, & Mandl, 2008) sowie die Entwicklung von Vorstellungen über Lehr-Lern-Vorgänge zu unterstützen (Merseth, 1991).

Forschungsfragen

Bislang beschäftigen sich nur wenige Studien mit der Erhebung des fachdidaktischen Wissens angehender Lehrkräfte über das chemische Gleichgewicht bzw. mit der Frage, wie dieses gefördert werden kann. Daher ergeben sich für diese Studie die folgenden Fragestellungen:

1. Über welches fachdidaktische Wissen zum chemischen Gleichgewicht respektive über welche Vorstellungen darüber verfügen Studierende des Lehramts Chemie?

2. Inwiefern unterstützt die Arbeit mit Video-Fallvignetten die Studierenden in ihrer PCK-Entwicklung respektive in der Weiterentwicklung ihrer Vorstellungen darüber?

Design der Video-Fallvignetten

Im Zentrum der vorliegenden Studie steht die Nutzung von komplexitätsreduzierten Videovignetten, die im Zuge eines Research-Based-Design-Prozesses entstehen und auf die beiden anvisierten PCK-Elemente (Wissen um Lernende und Wissen um Instruktionsstrategien) fokussieren.

Die Videovignetten zeigen jeweils zwei Schülerinnen bzw. Schüler, die sich außerhalb des Unterrichtsgeschehens mit dem chemischen Gleichgewicht auseinandersetzen und ihre Vorstellungen hierzu verbalisieren. Die Grundlage für diesen Austauschprozess zwischen den Lernenden bilden die Peer-Interaction-Methode (Schanze & Busse, 2015) sowie ergänzende leitfadengestützte Interviews (Niebert & Gropengießer, 2014). Die aufgenommenen Videos werden literaturgeleitet zu Videovignetten verarbeitet. Durch die Kombination von Videovignette, Aufgaben, Hinweisen zu weiterführender Literatur sowie Kontextinformationen zu den Schülerinnen und Schülern (z. B. Klassenstufe) entstehen Video-Fallvignetten.

Bedingt durch die Anpassung des Aufnahmesettings sowie der gezeigten Inhalte werden die Voraussetzungen für die Arbeit mit den Video-Fallvignetten reduziert. Anforderungen an grundlegende Studierendenfähigkeiten wie beispielsweise an das Noticing (van Es & Sherin, 2002) werden minimiert.

Studiendesign

In sechs Kleingruppen mit je zwei Personen sollen die Studierenden aufgabengeleitet mit insgesamt fünf Video-Fallvignetten über den Zeitraum von einem Semester arbeiten. Die Aufgaben sind orientiert an den drei Forschungsaufgaben der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1997) und werden in den verschiedenen Fallbearbeitungen schwerpunktartig behandelt. Die einzelnen Video-Fallvignetten fokussieren außerdem jeweils auf ein einzelnes Unterthema des chemischen Gleichgewichts (z. B. die Änderung der Stoffmenge). Im Anschluss an die einzelnen Fallbearbeitungen sollen die Studierenden leitfragengestützt ihren Bearbeitungsprozess reflektieren.

Erhebungs- und Auswertungsmethoden

Der gesamte Prozess der Bearbeitung wird videografiert und qualitativ inhaltsanalytisch (Krüger & Riemeier, 2014) ausgewertet. In einer Prä-Post-Erhebung werden die Studierenden über ihre domänen- und themenspezifischen Vorstellungen zu Lehr-Lern-Vorgänge interviewt (van Dijk, 2009). Das Fachwissen über das chemische Gleichgewicht wird ebenfalls vor und nach der Förderung erhoben.

Stand der Studie und Ausblick

Bislang wurden zwei der fünf angestrebten Video-Fallvignetten entwickelt. Die Pilotierung der Erhebungsinstrumente (Interviewleitfaden sowie Fachwissentest) findet derzeit statt. Die Hauptstudie soll im Sommersemester 2018 durchgeführt werden. Erwartet wird, dass Faktoren herausgearbeitet werden können, die eine zielgerichtete Förderung des fachdidaktischen Wissens im Rahmen der universitären Bildung erlauben. Eine Übertragung dieser Erkenntnisse auf andere Themenbereiche sowie ggf. auch auf weitere Fachgebiete ist denkbar.

Es ist angedacht einen Teil der Video-Fallvignetten, je nach individueller datenschutzrechtlicher Grundlage, anderen Fachdidaktikern zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus sollen die entstehenden Video-Fallvignetten ebenfalls in der zweiten und dritten Lehrerbildungsphase Verwendung finden.

Hinweis

Die vorliegende Studie wird durchgeführt im Rahmen des Projektes „Theoria cum praxi. Förderung von Reflektierter Handlungsfähigkeit als Leibniz-Prinzip der Lehrerbildung“. Das Projekt wird gefördert durch Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Zuge der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern.

Literatur

Banerjee, A. C. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. International Journal of Science Education, 13(4), 487–494.

de Jong, O., & van Driel, J. H. (2005). Exploring the Development of Student Teachers' PCK of the Multiple Meanings of Chemistry Topics. International Journal of Science and Mathematics Education, 2(4), 477–491.

Evens, M., Elen, J., & Depaepe, F. (2015). Developing Pedagogical Content Knowledge: Lessons Learned from Intervention Studies. Education Research International, 2015(8), 1–23.

Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M., & Volkmann, M. J. (2009). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. Journal of Research in Science Teaching, 46(4), 357–383.

Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. European Journal of Science Education, 7(2), 205–214.

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.

Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. Studies in Science Education, 45(2), 169–204. Krüger, D., & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), SpringerLink : Bücher. Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (pp. 133–145). Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum.

Locaylocy, J., van den Berg, E., & Magno, M. (2005). Changes in college students' conceptions of chemical equilibrium. In K. Boersma, M. Goedhart, O. de Jong, & H. Eijkelhof (Eds.), Research and the quality of science education (pp. 459–470). Dordrecht: Springer.

Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. Journal of Research in Science Teaching, 41(4), 370–391.

Merseth, K. K. (1991). The Early History of Case-Based Instruction: Insights for Teacher Education Today. Journal of Teacher Education, 42(4), 243–249.

Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), SpringerLink : Bücher. Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (pp. 121–132). Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum.

Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. Research in Science Education, 38(3), 261–284.

Schanze, S., & Busse, M. (2015). Peer-Interaction: Förderung des Konzeptverständnisses durch ein kollaboratives Aufgabenformat. Unterricht Chemie, 149, 26–34.

van Dijk, E. M. (2009). Teachers' views on understanding evolutionary theory: A PCK-study in the framework of the ERTE-model. Teaching and Teacher Education, 25(2), 259–267.

van Driel, J. H., & Gräber, W. (2003). The Teaching and Learning of Chemical Equilibrium. 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 (Vol. 17, pp. 271–292). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

van Es, E. A., & Sherin, M. G. (2002). Learning to Notice: Scaffolding New Teachers' Interpretations of Classroom Interactions. Journal of Technology and Teacher Education, 10(4).

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 (pp. 1–11). Hogrefe.

Julia-Josefine Milster
Volkhard Nordmeier
Freie Universität Berlin

Professionelle Kompetenzen von Quereinsteiger*innen im `Q-Master´

Ausgangslage

Für das Unterrichtsfach Physik besteht schon seit vielen Jahren ein hoher Einstellungsbedarf, der nicht durch ausgebildete Lehrkräfte gedeckt werden kann (vgl. Lamprecht, 2011, S. 3; KMK, 2011, S. 19). Um diesen Mangel an Physiklehrer*innen auszugleichen, gibt es in nahezu allen Bundesländern die Möglichkeit sogenannter Quer- und Seiteinstiege. Ausgebildete Physiker*innen können so ohne ein Lehramtsstudium zum Vorbereitungs- oder direkt zum Schuldienst zugelassen werden (vgl. Korneck et al., 2010, S. 9ff.).

Eine bundesweite Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft hat gezeigt, dass durch Quer- und Seiteneinstiege in den Jahren von 2002 bis 2008 etwa 3000 Physiklehrkräfte ohne Lehramtsstudium eingestellt wurden. Diese Lehrkräfte machten einen Anteil von 45% aller in Deutschland eingestellten Referendar*innen in dieser Zeitspanne aus (vgl. ebd., S. 6). Von einer Änderung der Situation ist zukünftig nicht auszugehen, denn die Kultusministerkonferenz (KMK) prognostiziert einen weiterhin hohen Bedarf an Physiklehrkräften. Diesem steht (bundesweit) eine geringe Anzahl an Lehramtsstudierenden mit dem Fach Physik gegenüber, sodass die Besetzung der offenen Stellen mit ausgebildeten Lehrerkräften weiter schwierig bleiben wird (vgl. ebd., S. 15; Heise et al., 2014 S. 23).

Eine weitere Problematik besteht darin, dass die bisherigen Quereinstiegsprogramme nicht die von der KMK festgelegten Standards zur Lehrer*innenausbildung berücksichtigen. Diese sehen Studienbestandteile zur Professionalisierung in den Bereichen Erziehungswissenschaft, Fachwissenschaft und Fachdidaktik in zwei Fächern und Schulpraktika vor (Korneck et al., 2010, S. 33; KMK, 2014; KMK, 2015). Aktuelle Zahlen (Stand 2016) aus dem Land Berlin zeigen, dass von den ca. 1000 Quereinsteiger*innen (ohne Refendar*innen), welche an öffentlichen Schulen als Lehrer*innen arbeiten, rund 15% in nur einem Schulfach ausgebildet sind und sogar 20% keines der Schulfächer als Abschluss haben (Abgeordnetenhaus Berlin, 2017). „Diese fehlenden Studienanteile sind im Laufe des Referendariats nicht nachzuholen. Sie müssen vielmehr durch spezifisch auf die Situation von Quereinsteigern zugeschnittenen Qualifikationsangeboten kompensiert werden“ (Korneck et. al., 2010, S. 33).

Projektvorstellung: Der `Q-Master´

Um dem Problem des Lehrer*innenmangels in sogenannten Mangelfächern und fehlender Expertise von Quereinteigenden zu begegnen, hat die Freien Universität Berlin das Teilprojekt „Q-Master: Qualifizierung von Quereinsteiger*innen im Master of Education“ angestoßen. Es wurde im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung innerhalb des Projektes „K2teach – Know how to teach“ initiiert. Der Q-Master ist ein Qualifizierungsangebot für Quereinstiegsinteressierte vor dem Antritt des Referendariats. Das Projekt verfolgt das Ziel, die Quereinsteiger*innen innerhalb eines viersemestrigen Master of Education KMK-konform für den anschließenden Vorbereitungsdienst zu qualifizieren. Dabei soll ein ähnliches Ausbildungsniveau wie beim Abschluss eines regulären Lehramtsstudiums erreicht werden.

Der „Masterstudiengang für ein Lehramt an Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg“ (Q-Master) startete erstmalig im Wintersemester 2016/17. Die mögliche Fächerauswahl richtet sich nach den Mangelfächern Physik, Mathematik, Informatik, romanische Sprachen und

Englisch. Als Zweitfach können auch Deutsch und Geschichte gewählt werden. Als Zulassungsvoraussetzung müssen aus einem Erststudium fachwissenschaftliche Anteile von insgesamt 110 Leistungspunkten (LP) mitgebracht werden, davon mindestens 20 LP in einem zweiten Fach (Fach 2). Unter der Berücksichtigung dieser geforderten Leistungen und den KMK-Vorgaben werden im Q-Master Studienanteile im Umfang von

- 35 LP Fachwissenschaften im Fach 2,
- 44 LP Fachdidaktik in Fach 1 und Fach 2,
- 18 LP Erziehungswissenschaft,
- 8 LP Deutsch als Zweitsprache/Sprachbildung,

absolviert. Zusätzlich werden 15 LP für die Masterarbeit vergeben, die im Fach 2 geschrieben wird. Der Q-Master beinhaltet zudem das seit dem Wintersemester 2015/16 in Berlin neu eingeführte Praxissemester. Im ersten Durchlauf dieses Modellstudienganges haben sich 31 Studierende eingeschrieben.

Theoretischer Hintergrund

Im Rahmen des Projekts K2teach wird erforscht, ob die Qualifizierung der Quereinstiger*innen innerhalb des Q-Masters für den anschließenden Vorbereitungsdienst gelingt.

Als theoretische Grundlage dient hierfür das Modell der Professionellen Kompetenzen von Baumert und Kunter (2006). In diesem Modell werden die vier Kompetenzbereiche *Überzeugungen, Professionswissen, motivationale Orientierung* und *selbstregulative Fähigkeiten* in einem nichthierarchischen, sich überlappenden Verhältnis strukturiert (vgl. Baumert und Kunter, 2006, S. 482). „Erst ein erfolgreiches Zusammenspiel von Professionswissen und professionellen Überzeugungen macht in dieser Konzeption also kompetente Lehrkräfte aus" (Blömeke 2011, S. 395).

Dabei liegt der Schwerpunkt der Begleitforschung auf den Kompetenzfacetten, die einen Einfluss auf die Performanz im Physikunterricht haben: *Fachwissen, fachdidaktisches Wissen* und *Überzeugungen*. Die Ergebnisse verschiedener Studien in den Naturwissenschaftsdidaktiken deuten darauf hin, dass diese Facetten Einfluss auf die Unterrichtsgestaltung und Schüler*innenleistungen haben (vgl. Oettinghaus, 2015, S. 24ff.).

Forschungsfrage und Vorgehen

Es soll der Frage nachgegangen werden, ob sich Unterschiede im *Fachwissen, fachdidaktischen Wissen* und in den *Überzeugungen* zwischen den regulären Lehramtsstudierenden und den Q-Master-Studierenden im Fach Physik finden lassen.

Der Modellstudiengang Q-Master wurde zunächst für zwei Durchgänge bewilligt (Beginn WS 2016/17 und WS 2017/18). Die Stichprobe verteilt sich daher auf zwei Kohorten. Die erste Kohorte sind die Studierenden, die im Wintersemester 2016/17 mit den Master of Education im Fach Physik begonnen haben. Hier waren 44 Personen – davon 6 Personen im Q-Master – eingeschrieben. Die zweite Kohorte sind die Studierenden, die im Wintersemester 2017/18 mit dem Master of Education im Fach Physik beginnen.

Um mögliche Unterschiede zwischen den regulären Lehramtsstudierenden und den Q-Master-Studierenden feststellen zu können, werden bei der Befragung quantitative und qualitative Methoden eingesetzt. *Fachdidaktisches Wissen* (nach Riese 2009) und *Überzeugungen* (nach Lamprecht 2010) werden zu Beginn des zweiten Semesters und am Ende des Studiums mit Hilfe eines Fragebogens erhoben. Durch die zwei Erhebungspunkte soll erfasst werden, ob sich in diesen beiden Facetten im Laufe des Studiums eine Veränderung feststellen lässt.

Durch die geringe Anzahl der Studierenden im Fach Physik sind aussagekräftige Ergebnisse frühestens nach der Befragung der zweiten Kohorte zu erwarten. Daher werden noch zusätzlich Einzelinterviews zu *Überzeugungen zum Lernen und Lehren* im Fach Physik geführt. Diese werden ebenfalls am Anfang des zweiten Semesters und am Ende des Studiums stattfinden und sollen die quantitative Daten ergänzen. Am Ende des Studiums wird mit Hilfe eines Fragebogens das *Fachwissen* in Physik getestet. Da im Lehramtsmaster an der Freien Universität Berlin der Fokus stärker auf dem bildungswissenschaftlichen/fachdidaktischen Studienbereich liegt, wurde auf eine zusätzliche Erhebung zum Fachwissen am Anfang des Masters verzichtet. Durch die geringen fachwissenschaftlichen Studienanteile wird im Verlauf des Masterstudiums kein großer Anstieg erwartet. Daher soll nur der Kompetenz-Endstand der Studierenden erfasst werden. Zudem wird eine Modulnotenerfassung der Studierenden am Ende des Studiums als weiteres Vergleichsmaß angestrebt. Abbildung 1 zeigt eine grafische Darstellung der Erhebungszeitpunkte.

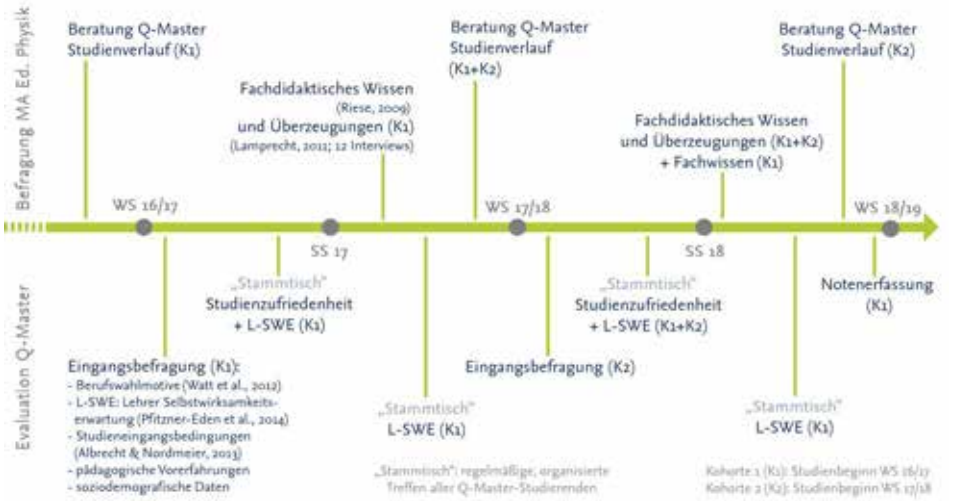


Abb. 1: Befragungen der Q-Master-Studierende mit dem Fach Physik

Zusätzlich findet jeweils zu Studienbeginn eine Eingangsbefragung der Q-Master-Studierenden aller Fächer (n=29) statt. Bei der ersten Erhebung zu Beginn des Wintersemesters 2016/17 wurden folgende Konstrukte erhoben: *pädagogische Vorerfahrungen* (vgl. Melzer 2012), *Berufswahlmotive* nach Watt et. al. (2012), *Lehrer-Selbstwirksamkeitserwartung* (L-SWE) nach Pfitzner-Eden et al. (2014), *Studieneingangsbedingungen* nach Albrecht & Nordmeier (2013) und soziodemografische Daten.

Ausblick

Im Wintersemester 2017/18 wird die zweite Kohorte mit dem Q-Master beginnen. Es haben sich hierfür 91 Studieninteressierte beworben. 55 Bewerber*innen erfüllen die Zulassungsvoraussetzungen, davon zehn Bewerber*innen mit dem Erst- oder Zweitfach Physik. Damit werden ab dem WS 2017/18 im Q-Master insgesamt ca. 85 Studierende eingeschrieben sein.

Das Projekt *K2teach* wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Abgeordnetenhaus Berlin (2017): Schriftliche Anfrage des Abgeordneten Joschka Langenbrinck (SPD) vom 19. Dezember 2016 (Eingang beim Abgeordnetenhaus am 16. Januar 2017 und Antwort „Lehrkräfte - Quereinsteigende in den Berliner Schulen“
URL: http://pardok.parlament-berlin.de/starweb/adis/citat/VT/18/SchrAnfr/S18-10261.pdf
(Stand: 09/2017)

Albrecht, A., Nordmeier, V. (2013): Interventionsstudie im Lehramtsstudium der Physik – dem Erfolg auf der Spur. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1/12, S. 62-72

Baumert, J.; Kunter, M. (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Heft 4/2006, S. 469-520

Blömeke, S. (2011): Zum Verhältnis von Fachwissen und unterrichtsbezogenen Überzeugungen bei Lehrkräften im internationalen Vergleich. In: Stationen Empirischer Bildungsforschung. Hrsg.: Zlatkin-Troitschanskaia, O., Verlag für Sozialwissenschaften/Springer Fachmedien, Wiesbaden

Heise, H.; Sinzinger, M.; Struck, Y.; Wodzinski, R. (2014): DPG-Studie zur Unterrichtsversorgung im Fach Physik und zum Wahlverhalten der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf das Fach Physik. Deutsche Physikalische Gesellschaft

Korneck, F.; Lamprecht, J.; Wodzinski, R.; Schecker, H. (2010): Quereinsteiger in das Lehramt Physik - Lage und Perspektiven der Physiklehrerausbildung in Deutschland. Deutsche Physikalische Gesellschaft

Lamprecht, J. (2011): Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasium im Fach Physik. Logos Verlag (Studien zum Physik- und Chemielernen Band 125), Berlin

Melzer, W.; Pospiech, G.; Gehrmann, A. (2014): Abschlussbericht Quer – Qualifikationsprogramm für Akademiker zum Einstieg in den Lehrberuf.
URL: https://tu-dresden.de/zlsb/ressourcen/dateien/weiterbildung/Expertise_QUER.pdf?lang=de
(Stand: 9/2017)

Oettinghaus, L. (2015): Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat. Logos Verlag (Studien zum Physik- und Chemie-lernen Band 207), Berlin

Pfitzner-Eden, F.; Thiel, F.; Horsley, J. (2014): An adapted measure of teacher selfefficacy for preservice teachers: Exploring its validity across two countries. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, Heft 28 (3), Hans Huber Verlag, S. 83-92

Riese, J. (2009): Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Logos Verlag (Studien zum Physik- und Chemielernen Band 97), Berlin

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2011): Lehrereinstellungsbedarf und Lehrereinstellungsangebot in der Bundesrepublik Deutschland Modellrechnung 2010-2020.
URL: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok_194_LEB_LEA.pdf
(Stand: 9/2017)

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2014): Standards für die Lehrerbildung – Bildungswissenschaften.
URL: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf (Stand: 9/2017)

Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2015): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung.
URL: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf (Stand: 9/2017)

Watt, H. M. G.; Richardson, P. W.; Klusmann, U.; Kunter, M.; Beyer, B.; Trautwein, U. und Baumert, J. (2012): Motivations for choosing teaching as a career: An international comparison using the FIT-Choice scale. In: Teaching and Teacher Education, H. 28, S. 791-805

Claus Bolte Freie Universität Berlin
Projektgruppe „Analysen zum Praxissemester“*

Wie erleben Lehramtsstudierende mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach “ihr“ Praxissemester?

Im Rahmen der Reform des Lehramtsstudiums in Berlin wurde u.a. ein 5 Monate dauerndes Praxissemester eingeführt (SenBJW Berlin, 2012). Im Zuge dessen wurden die Vorgaben in den Studien- und Prüfungsordnungen (FUB, 2015a;b) wie auch Eckpunkte der Praktikumsverordnung umfassend revidiert (FUB, HUB, TUB, & UdK Berlin, 2016). Aufgrund der Veränderungen im Studienplan und den damit verbundenen Modifizierungen der mit dem Praxissemester verknüpften Seminarveranstaltungen aber auch mit Blick auf die von den Praktikant(inn)en erwarteten Unterrichtsaktivitäten stellt sich die Frage, wie Lehramtsstudierende mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach die mit dem Praxissemester einhergehenden professionsbezogenen Herausforderungen wahrnehmen, wie sehr sie sich professionell unterstützt und im Kollegium als sozial eingebunden fühlen und inwiefern sie sich als autonom und selbstwirksam erleben. Darüber hinaus interessiert uns, wie die Studierenden das im Praxissemester Erlebte psychisch verarbeiten.

Theoretischer Rahmen

Unsere Untersuchung basiert zum einen auf Arbeiten zur Analyse der Wahrnehmung des motivationalen Lernklimas (MoLe) (Bolte, 1996; 2004; hier: zur Beurteilung des Lernklimas durch Lehramtsstudierenden mit naturwissenschaftlichem Fach im Kontext ihrer fachdidaktischen und unterrichtspraktischen Ausbildung im Rahmen des Praxissemesters), ergänzt um ausgewählte Variablen der Self-Determination-Theory (SDT) von Deci und Ryan (1985; 2002) und des Professionalisierungsmodells von Shulman (1987). Zum anderen fußt unsere Untersuchung auf Studien von Schaarschmidt und Fischer (2001; 2008) zur Rekonstruktion von individuell ausgeformten arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebnis-Mustern (AVEM).

Motivationale Aspekte im Zuge der naturwissenschaftsdidaktischen und unterrichtspraktischen Lehrer*innen Ausbildung

Motivationale Aspekte steuern und beeinflussen in Schule, Ausbildung und Beruf die Professionalisierung wie auch die psycho-emotionale (Arbeits-)Zufriedenheit der Akteure. Unsere theoriebasierten Anleihen reflektieren daher Überlegungen zur…

- pädagogischen Interessentheorie (Prenzel, Krapp, & Schiefele, 1986; Krapp, 2002),
- Self-Determination-Theory (SDT) von Deci und Ryan (1985; 2002),
- Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern (Shulman, 1987) und
- Lernklima- bzw. Schul- und Arbeitsklima-Forschung (Bolte, 1996; 2004; Fraser, 1985; 2012).

Arbeitsbezogene Verhaltens- und Erlebnismuster (AVEM) im Zuge der naturwissenschaftsdidaktischen und unterrichtspraktischen Lehrer*innen-Ausbildung

Das AVEM-Instrument beruht auf einem persönlichkeitsdiagnostischen Konstrukt, das auf 11 theoretisch begründete und empirisch fundierte Dimensionen fokussiert (siehe Abb. 1). Die Interdependenz der 11 Dimensionen kommt in den vier empirisch rekonstruierbaren und statistisch gesicherten arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebnismustern und den damit korrespondieren prototypischen Profilen (Referenzmuster) zum Ausdruck; zu nennen sind:

- das Muster G (Gesundheit),
- das Muster S (Schonung),
- das Risiko-Muster A (im Sinne des Risikos zur Selbstüberforderung),

- das Risiko-Muster B (im Sinne des Risikos von chronischem Erschöpfungserleben und von Resignation).

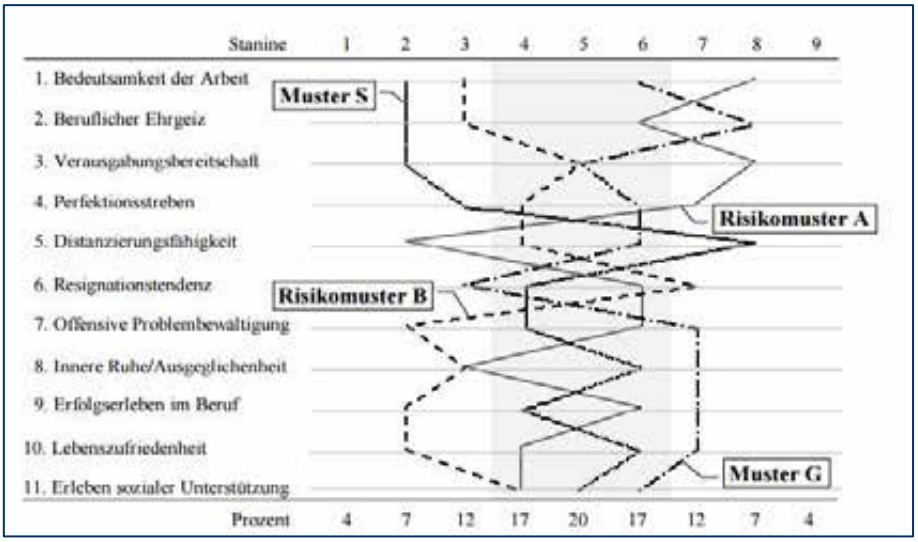


Abb. 1: Unterscheidung der vier AVEM-Referenzmuster (Schaarschmidt & Fischer, 2008, 11)

Durch eine AVEM-Analyse kann individual-diagnostisch für jede Person „die Ähnlichkeit ihres Profils mit diesen vier Referenzmustern ermittelt [werden]. Dabei werden *volle, akzentuierte* und *tendenzielle* Musterausprägungen sowie *Musterkombinationen* unterschieden" (Schaarschmidt & Fischer, 2013, 5 – Hervorhebung im Original; siehe auch Tab. 1).

Methode

Um unsere Forschungsfrage zu beantworten, wurde Lehramtsstudierenden mit naturwissenschaftlichem Studienfach ein Befragungsinstrument vorgelegt, das eigens adaptierte aber auch spezifisch konzipierte Skalen zur bewertenden Einschätzung beinhaltet; und zwar:

- Skalen (20 Items) des MoLe^{+}-Fragebogens nach Bolte (2016); ergänzt um
- Skalen (18 Items) aus dem Bereich der Self-Determination-Theory (SDT) in Anlehnung an Deci und Ryan (1985) sowie
- Skalen des AVEM-44 Fragebogens (44 Items) von Schaarschmidt und Fischer (2008).

Die Datenerhebung erfolgte online über die Plattform unipark (2016). Zur Datenauswertung wurden die AVEM-Software (Version 3.2.0.0) und das SPSS Statistics 24 Programm verwendet.

Bevor die Rückmeldungen der Proband*innen *deskriptiv- und varianzstatistischen Analysen* unterzogen wurden, wurde *die wissenschaftliche Güte der adaptierten Skalen mittels Reliabilitäts- und Faktorenanalysen geprüft* (Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2015). Die *Identifikation der arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebnismuster* der Teilnehmer*innen (AVEM-Profile) und die Abschätzung ihrer Ähnlichkeit mit den jeweiligen Referenzmustern der AVEM-Normstichprobe erfolgt mit der AVEM eigenen Software unter Berücksichtigung der berechneten Stanine-Werte (Amelang & Zielinski, 1994).

Empirie

Die Stichprobe der Studie bilden 54 Studierende im Lehramts-Masterstudiengang, die mindestens ein naturwissenschaftliches Fach studieren und im Praxissemester unterrichten.

Im Folgenden stellen wir einige ausgewählte Ergebnisse unserer Datenanalysen vor:

Mit Blick auf die *Güte-Prüfung* der für diese Studie adaptierten Skalen kann festgehalten werden, dass alle Skalen zufriedenstellende Reliabilitätskoeffizienten aufweisen (Cronbachs $\alpha > .07$) und dass die Ergebnisse der Faktorenanalysen für die Validität der Konstrukte sprechen.
Hinsichtlich der *deskriptiv-statistischen Analysen* ist festzuhalten, dass die Skalen-Mittelwerte größer als die theoretischen Mittelwerte der jeweiligen Skala ausfallen (Abb. 2).

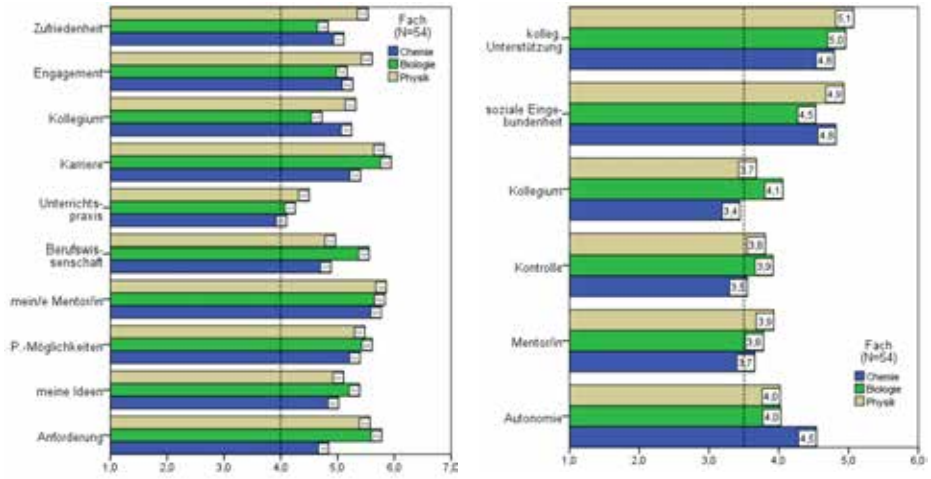


Abb. 2: Skalen-Mittelwerte a) zum motivationalen Lernklima⁺ im Praxissemester (Skala: 1 bis 7) und b) bzgl. der Beurteilung der ausgewählten SDT-Skalen (Skala: 1 bis 6)

Tab. 1: Profilierung und Verteilung der Rückmeldungen auf die vier AVEM-Referenzmuster

Muster	N	%	Ausprägung
G	4	7,7	(1/2/1)
S	9	17,3	(4/5/0)
A	12	23,1	(4/3/5)
B	12	23,1	(3/3/6)
$\sum_{Prototyp}$	**37**	**71,2**	(voll/akz./tend.)

Kombi	*N*	*%*	***Kombi***	*N*	*%*
G>S	*3*	*5,8*	*G>A*	*2*	*3,8*
S>G	*2*	*3,8*	*S>B*	*2*	*3,8*
A>G	*4*	*7,7*	*B>S*	*1*	*1,9*
B>A	*1*	*1,9*	$\sum_{Kombi}$	***15***	***28,7***
			$\sum_{ges.}$	**52**	**100 %**

Tabelle 1 fasst die empirisch vorgenommene Rekonstruktion der AVEM-Profile der Studierenden und deren Abgleich mit den vier AVEM-Referenzmustern zusammen. Die AVEM-Analysen bringen zum Vorschein, dass nahezu Dreiviertel der Teilnehmer*innen einem prototypischen AVEM-Muster ähneln; 28,7% sind einem Kombinationsmuster zuzuordnen.

Fazit

Unsere Ergebnisse sprechen dafür, dass das motivationale Lernklima im Praxissemester und die ausgewählten SDT-Merkmale von den Studierenden alles in allem positiv wahrgenommen und beurteilt wurden. Auffällig ist jedoch auch die große Zahl an Studierenden, die den beiden AVEM-Risiko-Mustern (Muster A und Muster B) zuzuordnen sind; diese Gruppe repräsentiert knapp die Hälfte (46,2%) aller Teilnehmer*innen. Konzentriert man den Blick auf die Risiko-Muster B-Ergebnisse, so ist festzustellen, dass fast jede/r vierte Student*in sich im Praxissemester chronischem Erschöpfungserleben und Resignation ausgesetzt sieht. Nur 7,7% der Studierenden zeigen das erstrebenswerte Gesundheitsprofil (Muster G). Die Frage, welche Ausbildungsbedingungen positive bzw. negative AVEM-Profile hervorrufen, gilt es durch nachfolgende Studien aufzuklären.

Danksagung:
* Besonderer Dank geht an die Projektgruppe „Analysen zum Praxissemester“ (WS 2016/17); dieser Projektgruppe gehören an: Sophie Fingerle, Friederike Fuß, Larissa Kapp, Janek Prehn, Katharina Schmidt, Julia Schwenk, Patrick Sydow, Marius Volmering und Fiona Woll.

Literatur (Auswahl)

Amelang, M., & Zielinski, W. (1994). *Psychologische Diagnostik und Intervention.* Springer, Berlin.

AVEM Arbeitsbezogenes Verhaltens- und Erlebnismuster – Auswertungsprogramm Version 3.2.0.0. Pearson. http://www.pearsonassessment.de/Arbeitsbezogenes-Verhaltens-und-Erlebensmuster-2.html?listtype=search&searchparam=AVEM (Zugriff: 2017-04-21).

Bolte, C. (1996). *Entwicklung und Einsatz von Erhebungsinstrumenten zur Analyse der Schüler-Lehrer-Interaktion im Chemieunterricht - Ergebnisse aus empirischen Studien zum Interaktionsgeschehen und Lernklima im Chemieunterricht*. Kiel: IPN Kiel Schriftenreihe (Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel).

Bolte, C. (2004). Motivationales Lernklima im Chemieunterricht. *PdN/Chemie in der Schule*, 53(7), 33-37.

Bolte, C. (2016). MoLe^{+}-Fragebogen. Fragebogen zur Analyse des motivationalen Lernklimas in unterrichtspraxisbezogenen Ausbildungskontexten. Berlin: Freie Universität Berlin (Polyskript).

Deci, E., & Ryan, R. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior.* New York: Plenum.

Deci, E., & Ryan, R. (2002). *Handbook of self-determination research.* Rochester: University of Rochester.

Eid, M., Gollwitzer, M., & Schmitt, M. (2015). *Statistik und Forschungsmethoden.* Basel: Beltz, 4. Überarbeitete und erweiterte Auflage.

Fraser, B. J. (1989). Twenty years of classroom climate work: progress and prospects. *Journal of Curriculum Studies*. *21*, 307-327.

Fraser, B. J. (2012). Classroom Learning Environments: Retrospect, Context and Prospect. In B.J. Fraser, K.G. Tobin, & C.J. McRobbie (eds.). *Second International Handbook of Science Education*. (pp 1191-1239). New York: Springer.

Freie Universität Berlin [FUB] (2015a). Studien- und Prüfungsordnung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für ein Lehramt an Gymnasien. Amtsblatt der Freien Universität Berlin 11/2015 (vom 15.04.2015). S. 242-464. http://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2015/ab112015.pdf (Zugriff: 2017-04-21).

Freie Universität Berlin [FUB] (2015b). Studien- und Prüfungsordnung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für ein Lehramt an Integrierten Sekundarschulen (ISS). Amtsblatt der Freien Universität Berlin 11/2015 (vom 15.04.2015). S. 466-584. http://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2015/ab122015.pdf (Zugriff: 2017-04-21).

Freie Universität Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, Technische Universität Berlin, Universität der Künste Berlin [FUB, HUB, TUB, & UdK Berlin] (Hrsg., 2016). Leitfaden Praxissemester. Berlin. http://www.fu-berlin.de/sites/dse/master/praxissemester/praxissemester-downloads/leitfaden_praxissemester.pdf (Zugriff: 2017-04-21).

Krapp, A. (2002). An Educational-psychological theory of interest and its relation to SDT. In, E. Deci, & R. Ryan (eds.). *Handbook of self-determination research*. (pp. 405-429). Rochester: University of Rochester.

Prenzel, M., Krapp, A., & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32(2), 163-173.

Schaarschmidt, U. & Fischer, A.W. (2001). Bewältigungsmuster im Beruf. Persönlichkeitsunterschiede in der Auseinandersetzung mit der Arbeitsbelastung. Göttingen: Vandenhoek & Ruprecht.

Schaarschmidt, U. & Fischer, A.W. (2008) *Arbeitsbezogenes Verhaltens- und Erlebensmuster - AVEM Manual*. London: Pearson PLC, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend, und Wissenschaft [SenBJW Berlin] (Hrsg., 2012). *Ausbildung von Lehrkräften in Berlin – Empfehlungen der Expertenkommission Lehrerbildung*. Berlin: Hermann Schlesener KG.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Ed. Review*, 57, 1-22.

SPSS Statistics 24 Programm. https://spss.en.softonic.com/ (Zugriff: 2017-04-21)

unipark (2016). Umfragesoftware. © Copyright 2017 UNIPARK & QuestBack. http://www.unipark.com/ (Zugriff: 2017-04-21).

Maren Rodriguez Goethe-Universität Frankfurt
Arnim Lühken

Die naturwissenschaftliche Studieneingangsphase: Eine qualitative Längsschnittstudie am Beispiel des Pharmaziestudiums

Ausgangslage

Die Studienabbruchquoten in naturwissenschaftlichen Studiengängen sind ein sehr ernst zu nehmendes Problem im heutigen Hochschulsystem. In vielen Forschungsprojekten wird versucht zu ermitteln, welche Gründe ihnen innewohnen und wie sie verringert werden können (z.B. Heublein et al. 2017). Der Fokus liegt bisweilen auf der Ermittlung allgemeingültiger und fachspezifischer Prädiktoren (z.B. Freyer 2013) und Kriterien des Studienerfolgs. Ziel ist es zumeist, eine fundierte Studieneignungsdiagnostik durchzuführen, um StudienbewerberInnen anhand eines prognostizierten Studienerfolgs oder -misserfolgs schon vor Studienbeginn entsprechend auszuwählen oder aber unterstützende Maßnahmen in der Studieneingangsphase wirksam werden zu lassen.

Ein hervorzuhebender Prädiktor des Studienerfolgs ist der Grad der Informiertheit (z.B. Albrecht 2011). Als Eingangsvoraussetzung ist dieser Aspekt besonders wichtig, da er sich unmittelbar auf die Studienzufriedenheit auswirkt (Hansenberg & Schmidt-Atzert 2013). Werden Erwartungen enttäuscht oder müssen Vorstellungen durch erste Erfahrungen in der Studieneingangsphase revidiert werden, resultiert eine Ungewissheit auf die es sich einzustellen gilt. Gelingt dies nicht, kann es zu einer Desillusionierung kommen und ein Studiengangwechsel oder sogar ein Studienabbruch wird langfristig wahrscheinlicher (Heublein et al. 2017).

Der Aufbau von Erwartungen, die den ersten eigenen Erfahrungen in der Studieneingangsphase standhalten können, ist also ein wichtiges Puzzlestück bei der Senkung von Abbruchquoten. Die Entwicklung eines passgenauen, fachspezifischen und vor allem realitätsnahen Angebots zur Studienorientierung stellt also in diesem Zusammenhang ein wichtiges Forschungsdesiderat dar.

Forschungsfragen

Im Rahmen eines Dissertationsprojektes sollen Erfahrungen und empirisch abgesicherte Studienverlaufsbiographien von Studierenden der Pharmazie in der Studieneingangsphase erhoben werden. Ziel ist es, diese Erfahrungen und Ursachen für eventuell auftretende Revisionen der Studienwahlentscheidung zu nutzen, um den Bedarf an ergänzenden fachspezifischen Studienorientierungsangeboten aufzudecken und diese anschließend adressatenspezifisch zu formulieren.

Dabei stehen folgende Teilforschungsfragen im Fokus des Interesses:

- Welche Motive liegen der Entscheidung für ein Pharmaziestudium zugrunde?
- Mit welchen Erwartungen zum Studium der ‚Pharmazie' und Vorstellungen zu dem Berufsbild ‚Pharmazeut/Pharmazeutin' starten die Studierenden in den Studiengang?
- Inwieweit stimmen die Erwartungen zum Studium mit der erlebten Realität überein und lassen sich die Studienwahlmotive mit ihr vereinen?
- Ist die getroffene Studienwahlentscheidung stabil und tragfähig? Wenn Nein: Warum ist es zu signifikanten Veränderungen und zu einer Revision der getroffenen Entscheidung gekommen?

- Welche Beratungsangebote wurden anlässlich der Studienwahlentscheidung genutzt und wie haben diese die Entscheidung beeinflusst?
- Wie werden die genutzten Beratungsangebote rückblickend beurteilt?

Projektdesign und Stichprobe
Das Forschungsprojekt beruht auf einer qualitativen Daten-Triangulation (Flick 2011) zum Zwecke der Multiperspektivität, wobei Studierende, ExpertInnen (aus der Lehre, der Studienberatung und Studierende aus der Fachschaft), StudienabbrecherInnen und StudiengangwechslerInnen befragt werden sollen. Der Schwerpunkt liegt jedoch stark auf der Perspektive der Studierenden. Im Zentrum des Dissertationsprojektes steht die Rekonstruktion subjektiver Erfahrungswelten in der Studieneingangsphase des Pharmaziestudiums und die rückblickende Bewertung studienorientierender Angebote aus der Studierendenperspektive. Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurde eine qualitative Längsschnittstudie angelegt, die es erlaubt, die komplexen Erfahrungsprozesse innerhalb der Studieneingangsphase und die individuelle Wahrnehmung zu erfassen.

Hierzu wurde eine Zufallsstichprobe von 14 Studierenden kurz vor dem Beginn ihres Studiums im Rahmen von problemzentrierten Interviews (Witzel 1982) entsprechend befragt. In Erhebungswellen nach dem ersten (11 Studierende), zweiten (10 Studierende) und dritten Semester (9 Studierende) wurde die Befragung als Längsschnitt mithilfe von episodischen Interviews (Flick 1995) fortgesetzt.

Nach den Erhebungen werden die Interviews nun transkribiert und anonymisiert. Die Auswertung des qualitativen Materials orientiert sich an der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz 2016). Durch eine induktive Kategorienbildung werden Auswertungskriterien aus dem Material selbst heraus generiert. Auf das Kategoriensystem dieser Analyse aufbauend soll, wenn möglich, eine typenbildende qualitative Inhaltsanalyse (ebd.) folgen, um adressatenspezifische Angebote formulieren zu können.

Dem Gedanken der Daten-Triangulation (Flick 2011) folgend, soll die Perspektive der Studierenden durch weitere Datenquellen ergänzt werden. Hierzu wird ein theoretisches Sampling aus ExpertInnen, bestehend aus Vertretern der Lehre, der Studienberatung und der Fachschaft, mit Hilfe von Leitfadeninterviews ergänzend befragt. Die Perspektive von StudienabbrecherInnen und StudiengangwechslerInnen wird abschließend durch eine Zufallsstichprobe aus betreffenden Personen der gleichen Kohorte mithilfe eines Online-Fragebogens, der ausschließlich offene Fragen enthält, erhoben.

Das Beispiel Pharmaziestudium
Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde das Pharmaziestudium der Goethe Universität beispielhaft als Untersuchungsgegenstand ausgewählt. Dieser Entscheidung liegen folgende Überlegungen zugrunde:
- Erwartungen resultieren aus Vorstellungen und diese Vorstellungen wiederrum aus eigenen Erfahrungen, Informationen von anderen Personen oder eigenen Ideen (Freyer 2013). Bei StudienanfängerInnen bedeutet dies in Bezug auf ihre Studienwahlentscheidung, dass sie vorwiegend auf Erfahrungen aus ihrer eigenen Schulzeit zurückgreifen. Die Untersuchung eines naturwissenschaftlichen Nicht-Schulfachs ist in diesem Zusammenhang also besonders interessant, da hier bei der Studienwahlentscheidung, anders als z.B. im Chemiestudium, nicht auf eigene Erfahrungen aus der Schule zurückgegriffen werden kann. Somit ergeben sich Erwartungen überwiegend aus der Phase der Studienorientierung, also durch

Informationen Dritter (Internet, Beratungstage, Familie, etc.), und/oder der eigenen Phantasie.

- Das Pharmaziestudium vereint alle Naturwissenschaften in sich. Gerade im Grundstudium überwiegen jedoch chemische Inhalte deutlich (Studienanteil 1. Semester: 60%; 2. Semester: 50%; 3. Semester: 50%; 4. Semester: 70%) und es sind alle Fachdisziplinen (Anorganische, Organische, Physikalische und Klinische Chemie) vertreten (Goethe-Universität Frankfurt 2017).
- 20% der Studienplätze werden zentral über einen bundesweiten NC vergeben. Somit ist das naturwissenschaftliche Pharmaziestudium in einem Vergabepool mit den medizinischen Studienfächern Humanmedizin, Zahnmedizin und Tiermedizin. Die NC-Werte in den medizinischen Studienfächern sind jedoch mittlerweile sehr hoch (Humanmedizin WS 2017/18: 1,0) bzw. die Wartezeiten sehr lang (Humanmedizin WS 2017/18: 2,6 bei 14 Wartesemestern), wodurch das Pharmaziestudium (WS 2017/2018: 1,2 / 1,4 bei 2 Wartesemestern) als Ausweichmöglichkeit interessant ist. (Stiftung für Hochschulzulassung 2017)
- Durch den recht hohen NC-Wert bei der Vergabe von Studienplätzen für die Pharmazie (ebd.), kann davon ausgegangen werden, dass überwiegend Bewerber mit einer guten bis sehr guten Hochschulzugangsberechtigung [HZB] ein Studium beginnen können. Die Note der HZB ist ein aussagekräftiger Studienerfolgsprädiktor (z.B. Trapmann, Hell, Weigand & Schuler 2007).
- 60% der Studienplätze werden seit dem WS 2005/2006 durch ein universitätsinternes Auswahlverfahren vergeben. Hierzu werden StudienbewerberInnen in einem teilstrukturierten Interview zu ‚Studienmotivation', ‚Studienortswahl', ‚individuellen Studienvoraussetzungen' und der ‚Auseinandersetzung mit den Leistungsanforderungen im Studium' befragt. Die Aussagen werden dann nach den Kriterien ‚Ausmaß naturwissenschaftlicher Prägung', ‚analytisches Denken', ‚soziale Kompetenz', ‚mündliches Ausdrucksvermögen' und ‚Zielorientierung und Belastbarkeit' ausgewertet (Gentsch 2009).
- Im Pharmaziestudium kommt es, vorrangig in den ersten Semestern, trotz eines intensiven Auswahlverfahrens zu Studienabbrüchen. Die Studiendauer reicht teilweise weit über die Regelstudienzeit hinaus.

Relevanz und Ausblick

Wie Studienabbruchquoten gesenkt werden können, wurde und wird bereits intensiv beforscht. Die Formulierung allgemeingültiger und fachspezifischer Studien-erfolgsprädiktoren und -kriterien ist hierbei ein wichtiger Schritt. Das hier vorgestellte Forschungsvorhaben liefert einen ergänzenden Beitrag hierzu, indem es einen der bereits ermittelten Studienerfolgsprädiktoren, den Grad der Informiertheit, qualitativ betrachtet, um so anhand von den Erfahrungen Studierender den Bedarf an passgenauen, fachspezifischen und realitätsnahen Angeboten zur Studienorientierung aufzudecken und adressatenspezifisch zu formulieren.

Literatur

Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Dissertation Freie Universität Berlin. Verfügbar unter: http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010456/ Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf (Letzter Zugriff: 05.09.2017)

Flick, U. (1995). Psychologie des technisierten Alltags. Soziale Konstruktion und Repräsentation technischen Wandels in verschiedenen kulturellen Kontexten. Opladen: Westdeutscher Verlag, 147-165

Flick, U. (2011). Triangulation – Eine Einführung. 3., aktualisierte Auflage; Reihe: Qualitative Sozialforschung, Band 12). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaft, 13

Freyer, K. (2013). Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. Dissertation Universität Duisburg-Essen. Verfügbar unter: http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-34313/Dissertation_ KatjaFreyer.pdf (Letzter Zugriff: 05.09.2017)

Gentsch, S. (2009). Richtig ausgewählt? Eine Evaluation neuer Verfahren der Studierendenauswahl in den Fächern Medizin und Pharmazie der Goethe-Universität.Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH, 141

Goethe-Universität Frankfurt (2017). Neuer Studienaufbau. Unterrichtsstunden im Staatsexamensstudiengang Pharmazie. Verfügbar unter: http://www.uni-frankfurt.de/52403127/Studienaufbau (Letzter Zugriff: 05.09.2017)

Hansenberg, S. & Schmidt-Atzert, L. (2013). Die Rolle von Erwartungen zu Studienbeginn: Wie bedeutsam sind realistische Erwartungen über Studieninhalte und Studienaufbau für die Studienzufriedenheit. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 27 (1-2), 87-93

Heublein, U. et al. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklungen der Studienabbruchquote an deutsche Hochschulen. Forum Hochschule (1) 2017. Hannover: DZHW GmbH

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 3. Überarbeitete Auflage. Weinheim. Basel:Beltz Juventa, 97-120, 143-161

Stiftung für Hochschulzulassung (2017). Auswahlgrenzen in den bundesweit zulassungsbeschränkten Studiengängen. Wintersemester 2017/2018. Verfügbar unter: https://zv.hochschulstart.de/ fileadmin/media/zv/nc/wise2017_18/nc_zv_ws17.pdf (Letzter Zugriff:05.09.2017)

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

Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Hrsg.), Qualitative Forschung in der Psychologie. Grundfragen, Verfahrensweisen, Anwendungsfelder .Weinheim. Basel: Beltz, 227–255

David Woitkowski Universität Paderborn
Peter Reinhold

Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben – Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik –

Einleitung

Der Erwerb eines verknüpften, durchdrungenen, belastbaren und anwendbaren Fachwissens ist zentrales Ziel der universitären Ausbildung in Fach- und Lehramtsstudiengängen in Physik. Hierbei spiel die Studieneingangsphase (hier: das erste Studienjahr) aus zweierlei Gründen eine wichtige Rolle: Einerseits werden fachliche Leistungsprobleme mit Studienabbruch und –wechsel assoziiert (z. B. Heublein et al., 2014). Andererseits zeigt sich bereits ab dem ersten Studienjahr eine deutliche Leistungsdisparität zwischen verschiedenen Studierendengruppen (z. B. Riese, 2009), die im Laufe des Studiums noch zunimmt. Selbst im höheren Semester beherrschen bis zu 30 % der Studierenden die Mechanik nicht auf angemessenem Niveau (Woitkowski & Riese, 2017).

Der Übungsbetrieb als Lerngelegenheit

Die Einführungsveranstaltungen der Physik sind häufig zweigeteilt. In der Vorlesung wird Fachwissen vermittelt, welches dann in der Übung zur Lösung physikalischer Problemstellungen angewandt werden soll (vgl. Haak, 2016). Die Übung kann vor dem Hintergrund einer konstruktivistischen Sicht auf Lernen als zentrale Lerngelegenheit für den Erwerb fachlichen Wissens aufgefasst werden. Betrachtet man die dort eingesetzten Übungsaufgaben (die zu Hause bearbeitet und in der Übung besprochen werden) jedoch genauer, so lässt sich sagen, dass hier das Fachwissen in einem komplexen Problemlöseprozess angewandt werden muss. Dieser Prozess kann im Rahmen des Modells des *wissenszentrierten Problemlösens* (Friege, 2001) beschrieben werden. Neben dem Fachwissen stellen hier Problemschemata eine wesentliche Ressource dar. Diese können beim reflektierten Aggregieren bekannter Beispielprobleme erworben werden. Fehlen sie, sind Schwierigkeiten beim Finden eines Ansatzes, beim Bemerken von Gemeinsamkeiten zwischen den möglichen Lösungen verschiedener Aufgaben und bei anderen Aspekten der Aufgabenbearbeitung zu erwarten.

Vor dem Hintergrund der o. g. Probleme im Fachwissenserwerb stellt sich nun die Frage, inwiefern die Studierenden diese Ressource zur Problemlösung sowie den Lösungsprozess insgesamt im Übungsbetrieb tatsächlich erlernen oder welche Schwierigkeiten sich hier ggf. ergeben

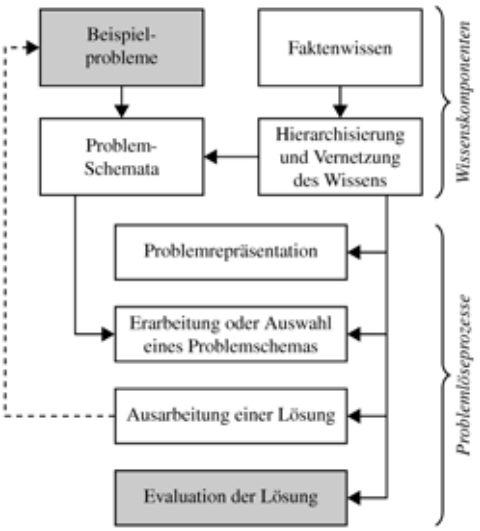


Abb. 1: Wissenszentriertes Problemlösen (Friege, 2001)

Gegenstand und Ziele der Interviewstudie

Da es schwierig ist, mit rein distalen Merkmalen befriedigende Prädiktoren für die Unterschiede im Fachwissenserwerb zu erhalten (Woitkowski & Reinhold, 2017) wurde hier ein eher exploratives Herangehen in Form einer Interviewstudie gewählt. Im Rahmen der

KEMΦ-Fachwissenserhebung (Woitkowski & Reinhold, 2017) wurden in Paderborn 8 freiwillige Studierende angeworben (5 Fach, 3 Lehramt, je ein Dropout im Laufe der Studie), die in den Merkmalen Geschlecht und Abiturnote ausreichende Streuung aufweisen. Von diesen Personen liegen außerdem längsschnittliche Fachwissensdaten zu drei Testzeitpunkten vor, die hier allerdings nicht berichtet werden.
Im Verlauf des ersten Semesters wurden mit jedem dieser Studierenden im Abstand von 2–3 Wochen insgesamt 5 ca. 45-minütige leitfadengestützte Interviews geführt, das erste in der dritten Semesterwoche, das letzte in der Woche vor der Klausur. Neben sozialen und emotionalen Aspekten des Studienbeginns, des Selbstkonzeptes als Physiker bzw. Physik-Lehrkraft und dem allgemeinen Arbeitsverhalten wurde in jedem Interview die Bearbeitung des jeweils zuletzt gelösten Übungszettels der Experimentalphysik A thematisiert.

Auswertung
Die Interviews wurden transkribiert und mit MaxQDA kategorienbasiert im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2014) ausgewertet. Für die im folgenden berichteten Ergebnisse wurden dabei induktiv Kategorien aus dem Material entwickelt und in einem zweiten Schritt aggregiert, da sich die zunächst deduktiv gebildeten Kategorien im Material nicht wiederfanden.
Berichtet werden hier die Antworten auf die Fragen
(1) Wie gehst du an den Übungszettel insgesamt heran, in welcher Reihenfolge bearbeitest du die Aufgaben und warum?
(2) Welche war deiner Meinung nach die schwierigste Aufgabe auf diesem Übungszettel und was hat sie so schwierig gemacht?
(3) Welches Material nutzt du zur Aufgabenbearbeitung?
Dabei wird jeweils ein Kontrast zwischen dem ersten und dem vierten Interview, also zwischen Beginn und Ende des 1. Fachsemesters hergestellt.

Ergebnisse: (1) Herangehensweise
Zu Semesterbeginn dominieren vor allem unreflektierte oder intuitive Herangehensweisen: 2 Personen bearbeiten die Aufgaben auf dem Übungszettel chronologisch, 1 nach „Sympathie“, 3 schätzen die Schwierigkeit ab und beginnen mit der leichtesten Aufgabe (ohne jedoch angeben zu können, worauf diese Abschätzung beruht) und 2 Personen haben für einzelne Aufgaben eine spontane Lösungsidee und beginnen dann dort. Lediglich die letzte Kategorie kann dabei als vorsichtig als Hinweis auf das Vorhandensein von Problemschemata (aus denen sich so eine Lösungsidee ja generiert) gewertet werden.
Zu Semesterende hat 1 Person gänzlich aufgehört regelmäßig Übungszettel zu bearbeiten, 2 Personen verbleiben bei der chronologischen Bearbeitung, 1 geht nach Lösungsidee vor (diese bearbeitete zu Semesterbeginn nach unspezifisch eingeschätzter Schwierigkeit). Bei 2 Personen zeigen sich weitere Elaborationen: 1 berichtet eine erste Heuristik zur Schwierigkeitseinschätzung (Aufgaben „mit konkreten Zahlen“ fallen leichter), 1 berichtet einen mehrtägigen, mehrstufigen Lösungsprozess mit Phasen der Einzel- und Gruppenarbeit.
Insgesamt zeigt sich hier eine Gruppe von 3 Studierenden, deren Vorgehen sich weiterentwickelt und eine Gruppe von 3 Studierenden, deren Vorgehen stagniert oder die sogar aus der Übung aussteigen (außerdem 2 Personen Dropout).

Ergebnisse: (2) Aufgabenschwierigkeit
Zu Semesterbeginn werden sehr unterschiedliche Aufgaben als schwierigste benannt und entsprechend unterschiedliche Gründe angeführt: 2 Personen nennen die Unbekanntheit des Inhalts oder eines Begriffs im Aufgabentext (scheitern also am Fachwissen), 3 Personen haben Probleme beim Erstellen eines ersten (z. B. geometrischen) Modells (scheitern also eher am Schritt des Problemverstehens), 3 Personen verrechnen sich, verlieren den Über-

blick oder sind von der mathematischen Gestalt des Lösungsweges abgeschreckt (diese kommen also im Problemlöseprozess am weitesten).
Zu Semesterende zeigt sich ein sehr viel einheitlicheres Bild. Die Studierenden sind sich weitgehend einig darüber, welche Aufgabe am schwierigsten ist und berichten ausnahmslos (z. T. unüberwindliche) Probleme mathematischer Art: 2 waren wie schon zu Semesterbeginn allgemein von der unübersichtlichen Mathematik abgeschreckt, 3 bennannten die nötige Modellierung als zu mathematisch und zu abstrakt und 1 Person beherrschte die geforderte mathematische Methode nicht. Unterschiede liegen hier also vor allem in der Frage, wie reflektiert und differenziert die Studierenden ihre mathematischen Probleme explizieren können und wo sie sie im Detail verorten. Alle weiteren Schwierigkeiten wie Problemverstehen oder Anschauung treten vollständig hinter die Mathematik als einzigen Punkt zurück.

Ergebnisse: (3) Genutztes Material
Die Auftretenden Schwierigkeiten könnten möglicherweise durch gezielte Materialnutzung aufgefangen werden sofern alle weiteren nötigen Fähigkeiten und Ressourcen zur Problemlösung zur Verfügung stehen.
Zu Semesterbeginn nennen alle 8 Studierenden mindestens entweder die Nutzung eines Lehrbuchs der Hochschulphysik oder des Vorlesungsskripts und mehrfach zusätzlich die Nutzung von Wikipedia, YouTube-Lernvideos, anderer Internetseiten (per Google-Suche), Teilweise auch die Nutzung von WolframAlpha oder anderen Computer-Algebra-Systemen. Die Vielfalt der Hilfsmittel korrespondiert hier mit der Vielfalt der Problemlagen unter (2).
Zu Semesterende werden Lehrbuch und Skript nur noch selten verwendet. Dagegen steigt die Anzahl der Studierenden, die angeben, zumindest bei einem Teil der Aufgaben den Ansatz oder eine Musterlösung zu googeln, von 50 % auf 100 %. Begründet wird dies mit den in (2) genannten mathematischen Schwierigkeiten. Hier zeigt sich am deutlichsten eine massive Überforderung im Grunde aller befragter Studierenden, die auch an anderen Stellen im Interview deutlich wurde.

Zusammenfassung und Ausblick
Während es vor dem Hintergrund der Literatur wünschenswert wäre, dass die Studierenden im Übungsbetrieb das Lösen physikalischer Problemstellungen lernen und die dazu nötigen Ressourcen erwerben (wozu im Semesterverlauf in angemessenem Tempo steigende Abstraktion, Komplexität und Mathematisierungsgrad) beitragen müssten, lässt sich im Längsschnitt eher folgendes Bild nachzeichnen: Die Studierenden starten mit heterogenem Fachwissen und Problemlösefähigkeiten ins Studium, dabei sind das Problemverstehen und die zum Finden eines Lösungsansatzes nötigen Problemschemata häufig nur schwach ausgebildet. Im Laufe des Semesters wird der Problemlöseprozess kaum reflektiert oder gezielt gefördert. Stattdessen steigen Mathematisierung, Komplexität und Abstraktion bald nach Semesterbeginn stark an. Es tritt früher oder später im Semester eine Überforderung durch die Mathematik auf, welche dazu führt, dass Problemlösungen oder -ansätze gegoogelt statt selbst erarbeitet werden, so dass sie als Lerngelegenheit nicht wirksam werden können.
Die Methode Leitfadeninterviews zum Gegenstand bereits gelöster Übungsaufgaben erweist sich zur weiteren Auflösung des Lernens des Problemlösens allerdings als nur begrenzt geeignet, da der Problemlöseprozess selbst und die dabei auftretenden Schwierigkeiten einerseits nur retrospektiv berichtet und andererseits von den Studierenden nur wenig reflektiert und begründet werden können. Als nächster Schritt, bietet es sich daher an, Studierende direkt während der Problemlösung mit Lautem Denken zu beobachten. Dabei könnten auch die zu bearbeitenden Aufgaben gezielt ausgewertet werden, um z. B. Einfluss auf die dabei anwendbaren Problemschemata zu nehmen.
Die mittelfristige Lösung des Problems der Überforderung durch einen zu schnell ansteigenden Schwierigkeitsgrad wird dem Leser unterdessen als Übungsaufgabe überlassen.

Literatur

Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden. Berlin: Logos.

Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. Berlin: Logos.

Haak, I. (2016). Was macht eine gute Übung aus?: Ein Vergleich von Vorstellungen zum physikalischen Übungsbetrieb. *die Hochschullehre, 2*, 1-25.

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. Hannover: DZHW.

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

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

Woitkowski, David & Reinhold, Peter (2017). Fachwissenserwerb in der Studieneingangsphase Physik -Ein Längsschnitt-. In: C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016.* (S. 532). Universität Regensburg.

Woitkowski, D. & Riese, J. (2017). Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveaumodells im physikalischen Fachwissen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23(1), 1–14.

Woitkowski, D. (2015). Fachliches Wissen in der Hochschulausbildung Physik. Konzeptionalisierung, Messung, Niveaubildung. Berlin: Logos.

Jenna Koenen[1]
Lilian Danial[2]
Rüdiger Tiemann[2]

[1]Universität Hamburg
[2]Humboldt-Universität zu Berlin

Critical Thinking im universitären Laborpraktikum

Theoretischer Hintergrund

Laborpraktika sind einer der traditionellsten Ausbildungsformen im Rahmen universitärer naturwissenschaftlicher Studiengänge. Sie sind zentraler Bestandteil sowohl der Fach- als auch der Lehramtsstudiengänge im Bereich Chemie. Es ist jedoch fraglich, inwieweit die laborpraktische Ausbildung zur Entwicklung experimenteller Problemlösestrategien und naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen beiträgt (Hilosky, Sutman & Schuckler, 1998). Dies scheint nicht zuletzt daran zu liegen, dass der Fokus häufig auf dem Abarbeiten von Versuchsvorschriften liegt (Reid & Shah, 2007). Es handelt sich daher bei einem Laborpraktikum häufig eher um eine non-inquiry Lernsituation.

Critical Thinking ist nach Giancarlo und Facione (2001) ein zielgerichteter Denkprozess um ein Urteil zu fällen, welches ständiger Gegenstand des Zusammenspiels von Überwachung und Verbesserung ist. Dies bedeutet, dass im Rahmen des Critical Thinkings verschiedene kognitive Prozesse immer wieder zur Anwendung kommen (u. a. Analyseprozesse, Interpretationen, Schlussfolgerungen, Erklärungen, Evaluationsprozesse, Prozesse der Selbstregulation). Critical Thinking zeichnet sich demnach durch die Reflexion des bestehenden Wissens, die Beurteilung des bestehenden und/oder des neuen Wissens sowie die Entscheidung darüber, welches Wissen akzeptiert oder verworfen wird als Grundlage der nächsten Entscheidung aus (Kuhn, 1999).

Critical Thinking steht daher im direkten Zusammenhang zum Lernprozess, denn Lernen als Aneignung von neuem Wissen, findet vor allen Dingen dann statt, wenn akzeptiert wird, dass das eigene Wissen möglichweise unvollständig oder falsch ist (Kuhn, 2010). Fähigkeiten in Bereich des Critical Thinkings sind aber auch notwendig für Prozesse im Bereich Scientific Inquiry und der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen.

Da es sich bei Critical Thinking Prozessen, um sehr anspruchsvolle kognitive Prozesse handelt, sollten diese entsprechend unterstützt werden. Als Scaffold können zum Beispiel Lernhinweise (Prompts) eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um Hinweise, die die Nutzung von spezifischen Fähigkeiten anregen, die zwar vorhanden sind, aber häufig nicht spontan ausgeführt werden (Berthold, Nückles & Renkl, 2007).

Um Criticial Thinking Prozesse auch in einer non-inquiry Lernsituation, wie einem klassisch aufgebauten Laborpraktikum zu nutzen, sollen fachlich ausgerichtete Lernhinweise in die Versuchsskripte implementiert werden, um die Vernetzung von Wissen und dessen Reflexion anzuregen. Auf diese Art und Weise soll eine Grundlage für spätere Prozesse naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen gelegt werden.

Forschungsziele

Es ergibt sich zunächst die Frage, welche Denkprozesse im Rahmen des Laborpraktikums im Allgemeinen angeregt werden und welche Aktivitäten von den Studierenden im Laufe eines solchen Labortages absolviert werden. Basierend darauf muss im Anschluss untersucht werden, inwieweit sich diese Denkprozesse und die absolvierten Aktivitäten möglicherweise

verändern, wenn fachliche Lernhinweise in die Versuchsskripte implementiert werden, die die das Critical Thinking der Studierenden anregen sollen.

Laborpraktikum der Physikalischen Chemie
Bei dem betrachteten Laborpraktikum handelt es sich um ein traditionell aufgebautes Praktikum. Im Rahmen des Laborpraktikums bearbeiten die Studierenden in Zweiergruppen 16 Versuche. Jeder Versuch dauert einen Tag. Vor Beginn des Versuchstages bereiten die Studierenden den Versuch mithilfe des zur Verfügung gestellten Skriptes vor. An dem Versuchstag selbst absolvieren sie zunächst ein Antestat. Mithilfe des Antestates soll überprüft werden, ob die Studierenden in ausreichendem Maße auf die Durchführung des Versuches vorbereitet sind. Nach dem Bestehen des Antestates führen die Studierenden den Versuch im Labor durch und fertigen im Anschluss zuhause ein Versuchsprotokoll an, welches Sie abgeben müssen.

Studiendesign und Forschungsmethoden
Zur genaueren Betrachtung des Praktikums in Bezug auf die dargestellten Forschungsziele, soll ein zweistufiges Design verwendet werden. In einer ersten Phase soll zunächst eine Analyse der aktuellen Situation des Praktikums erfolgen. Dazu finden Fragenbogenerhebungen statt, ebenso wie Videoaufzeichnungen des Praktikumstages und Audioaufzeichnungen des Antestates. Im Praktikum selbst finden in dieser Phase der Studie jedoch keine Veränderungen statt. In einem weiteren Durchgang des Praktikums (2. Phase) werden nun Veränderungen im Skript implementiert, die der Anregung von Critical Thinking dienen sollen. Ihre Wirkung soll im Vergleich zum ersten Durchgangs ermittelt werden. Dazu werden abermals Videoaufzeichnungen der Praktikumstage, Audioaufzeichnungen der Antestate und Fragebögen verwendet. Des Weiteren werden begleitend leitfadengestützte Interviews durchgeführt, um die Einschätzung der Veränderungen im Skript durch Studierende und Betreuende zu dokumentieren. Das Studiendesign kann Abbildung 1 entnommen werden.

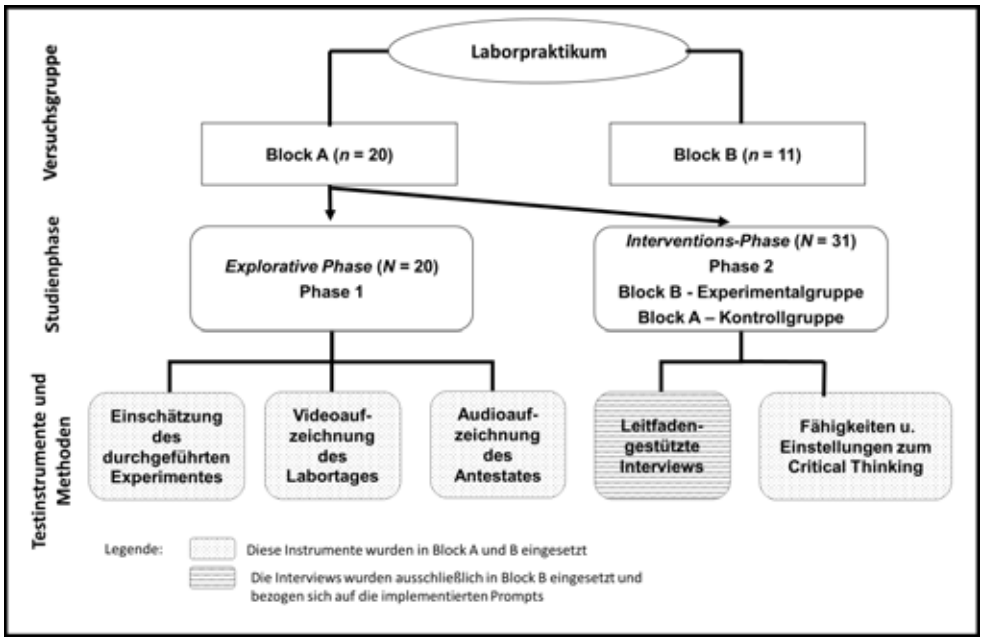


Abbildung 1: Darstellung des Studiendesigns

Ausblick

Die Auswertung der Daten erfolgt nach der Transkription der Daten mithilfe von Kodiermanualen. Dazu soll zunächst ein Kodiermanual zur Beschreibung der Oberflächenstruktur des Praktikumstages sowie der Interaktion innerhalb der Praktikumsgruppen entwickelt werden. Dieses ermöglicht einen Einblick in die Aktivitäten der Studierenden im Rahmen der Lerngelegenheit Laborpraktikum und ermöglicht so auch eine Aussage über mögliche Aktivitäten im Bereich des Criticial Thinkings, wie zum Beispiel die Reflexion von Untersuchungsergebnissen. Des Weiteren soll ein Kodiermanual zur Beschreibung der in den Antestaten eingesetzten Fragestellungen entwickelt werden. Hier soll vor allen Dingen die Art und Tiefe des abgefragten Wissens beschrieben werden, um zu identifizieren, inwieweit Critical Thinking im Rahmen der Anforderungen an das Praktikum einer Rolle spielt. Von Besonderem Interesse ist auch die Frage, inwieweit es zu Veränderungen in den Anforderungen des Antestates durch die Veränderungen im Skript kommt.

Literatur

Berthold, K., Nückles, M., & Renkl, A. (2007). Do learning protocols support learning strategies and outcomes? The role of cognitive and metacognitive prompts. Learning and Instruction, 17(5), 564-577.

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.

Reid, N., & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 8(2), 172–185.

Giancarlo, C. A., & Facione, P. A. (2001). A look across four years at the disposition toward critical thinking among undergraduate students. The Journal of General Education, 50(1), 29-55.

Kuhn, D. (1999). A developmental model of critical thinking. Educational Researcher, 28(2), 16-46.

Kuhn, D. (2010). What is scientific thinking and how does it develop?. The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development, Second edition, 497-523.

Katharina Groß Universität zu Köln
Andrea Schumacher

Konzeption und Evaluation des kompetenzorientierten Schülerlabors ELKE zum Thema „Ein Tag mit Chemie – Schülerreporter im Labor“

Das Konzept ELKE

Der außerschulische Lernort ELKE (*Experimentieren – Lernen – Kompetenzen Erwerben*) an der Universität zu Köln stellt ein Konzept zur systematischen Vernetzung non-formeller und formeller Lernorte sowohl für Schüler*innen als auch für Studierende dar (Groß & Schumacher, 2017a und 2017b). Aufbauend auf der Erkenntnis, dass eine sinnvolle Verknüpfung unterrichtlicher und außerunterrichtlicher Lernangebote sowohl das fachspezifische Interesse als auch das fachliche Lernen von Schüler*innen angemessen zu fördern vermag (vgl. u.a. Itzek-Greulich et al., 2014; Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011; Rehm & Parchmann, 2015) zielt ELKE darauf ab, diesen Brückenschlag durch die Bereitstellung vielfältiger experimenteller Lernmöglichkeiten zu leisten. Als klassisches Schülerlabor zeichnet es sich durch eine kompetenzorientierte Gestaltung mit curricular anbindungsfähigen Inhalten aus[1]. Das Potential von ELKE liegt darüber hinaus in der zusätzlichen Bereitstellung von Vor- und Nachbereitungsmaterial für die Lehrer*innen sowie in der Möglichkeit der flexiblen Anpassung des Lernmaterials bzw. der didaktischen Ausgestaltung der jeweiligen Experimentiertage an die individuellen Voraussetzungen der Schulklassen. So behält beispielsweise ELKE S. Schüler*innen mit (fach-)sprachlichen Schwierigkeiten im Blick und/oder berücksichtigt im Rahmen der didaktischen Ausgestaltung von ELKE D. und ELKE I. die individuellen Bedürfnisse von Schüler*innen mit (sonderpädagogischem) Unterstützungsbedarf. Als Lehr-Lern-Labor besitzt ELKE darüber hinaus das Potential, die betreuenden Studierenden der Experimentiertage in der Entwicklung ihrer fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen frühzeitig zu unterstützen (vgl. Groß & Schumacher, 2017a).

Zur Evaluation von ELKE

Da das gesamte Projekt ELKE eine inhaltliche und methodische Neukonzeption im Bereich der Chemiedidaktik darstellt, ist die Entwicklung und Evaluation der einzelnen Experimentiertage vorrangig in ein qualitatives Untersuchungsdesign eingebettet.
Um einen möglichst tiefgehenden Einblick in die (Lern-)Wirksamkeit von ELKE für die Schüler*innen zu erhalten, werden die teilnehmenden Schüler*innen nach dem Experimentiertag mit Hilfe eines halbstrukturierten Fragebogens um ihre Einschätzung bezüglich des Lernertrages und der Art und Weise des Lernens befragt. Die Fragebögen enthalten zusätzlich konkrete Fragen zu dem jeweiligen Thema des zu untersuchenden Experimentiertages. Gleichzeitig wird stets die Sicht der Chemielehrer*innen unter Einsatz leitfadengestützter Interviews in die Untersuchung zur (Lern-)Wirksamkeit miteinbezogen. Die Aussagen der Chemielehrer*innen können darüber hinaus dazu genutzt werden, das Vor- und Nachbereitungsmaterial schülerorientiert zu optimieren.

Das Schülerlabor ELKE „Ein Tag mit Chemie – Schülerreporter im Labor“

Der Experimentiertag „Ein Tag mit Chemie – Schülerreporter im Labor“ richtet sich an Schüler*innen des Chemieanfangsunterrichts und kann im Inhaltsfeld 1 „Stoffe und Stoffeigenschaften“ des nordrhein-westfälischen Kernlehrplans verortet werden (vgl. MSW,

[1] Für weitere Informationen der angebotenen Inhalte des ELKE-Schülerlabors wird auf Groß & Schumacher, 2017a und 2017b verwiesen.

2013). Das fachliche Ziel des Experimentiertages ist es, dass die Schüler*innen über den Unterricht hinaus Einblicke in die Themenfelder *Stoffeigenschaften, Stoffgemische und Trennverfahren* erhalten. Durch die methodische Gestaltung des Experimentiertages in Form eines Stationenlernens kann gewährleistet werden, dass alle Schüler*innen eigenständig, individuell und schließlich erfolgreich lernen können (vgl. auch Hillebrand, 2005). Die Besonderheit des Experimentiertages liegt vor allem in seiner thematischen Einbettung: Die Schüler*innen schlüpfen in die Rolle von Schülerreportern, die mit Hilfe von selbstständig durchgeführten Experimenten eine inhaltlich übergeordnete Fragestellung für die Zeitung *UzK-Reporter* beantworten müssen. Mit Hilfe eines differenzierenden Reporterskripts sowie der betreuenden Studierenden, die als sog. *Chefredakteure* eine Kleingruppe von Schüler*innen unterstützen, erhalten sie nach erfolgreicher Planung, Durchführung und Auswertung der jeweiligen Experimente Tipps in Form nützlicher Schlagwörter, die sie schließlich sukzessive zu ihrer persönlichen Fragestellung und deren Beantwortung leiten. Für die Beantwortung ihrer Fragestellung wählen die Schüler*innen zwischen unterschiedlichen Dokumentationsformen (Artikel, Podcast, Comic oder Video) aus, die schließlich in der abschließenden Redaktionssitzung vorgestellt und dann an den *UzK-Reporter* übermittelt werden. Zudem können die eigenständig angefertigten Schülerarbeiten als angemessene Nachbereitung des Besuchs von den Chemielehrer*innen in ihrem darauffolgenden Unterricht genutzt werden.

Ergebnisse aus dem Schülerlabor ELKE „Ein Tag mit Chemie – Schülerreporter im Labor“

An den Experimentiertagen zu dem Thema „Ein Tag mit Chemie – Schülerreporter im Labor“ nahmen bisher 167 Schüler*innen unterschiedlicher Schulformen teil. Das Thema des Experimentiertages bewerteten die teilnehmenden Schüler*innen dabei im Durchschnitt mit der Note 1,4 und die Art und Weise des Lernens bzw. die Arbeitsweise im Durchschnitt mit der Note 1,5. Diese erste Beurteilung durch die Schüler*innen zeigt bereits, dass sowohl die thematische Einbettung als auch die kompetenzorientierte und experimentelle Lernumgebung des Experimentiertages das Interesse der Schüler*innen wecken kann.

Auch in Bezug auf den Lernertrag, der mit Hilfe einer vierstufigen Likert-Skala von „trifft gar nicht zu“ bis „trifft voll zu“ unter anderem den selbsteingeschätzten Lerngewinn, das Verständnis sowie das Interesse erhebt, zeichnet sich eine positive Einschätzung durch die Schüler*innen ab (vgl. Abb.1).

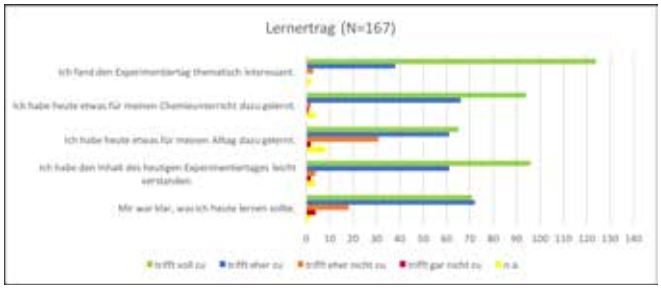


Abb.1: Ergebnis zu dem Teilaspekt „Lernertrag“ aus dem halbstrukturierten Fragebogen (N=167)

Die offenen Antworten der Schüler*innen zeigen darüber hinaus, dass sie durch die Teilnahme an ELKE sowohl in ihrer Experimentierkompetenz (*„Die Regeln für Experimente und wie ich Sachen herausfinden kann“* oder *„Dass man Stoffe mit verschiedenen Eigenschaften testen kann [...]“*) als auch in ihrem fachlich-inhaltlichem Lernen gefördert werden konnten (*„dass in sehr vielen Sachen, von denen man es nicht erwartet, Chemie drin*

steckt“ oder *„dass sich Stoffe durch ihre Stoffeigenschaften unterscheiden und trennen lassen“* oder *„dass wir so viel über Chemie dazu gelernt haben“*).
Auch die besondere Arbeitsweise bzw. die Art und Weise des Lernens, die im Fragebogen ebenso mit einer entsprechenden vierstufigen Likert-Skala erhoben wird, wird von den teilnehmenden Schüler*innen überwiegend positiv eingeschätzt (vgl. Abb.2).

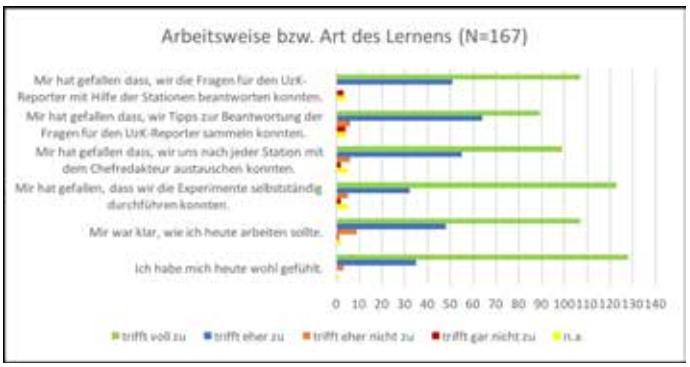


Abb.2: Ergebnis zu dem Teilaspekt „Art und Weise des Lernens“ aus dem halbstrukturierten Fragebogen (N=167)

In Bezug auf die Art und Weise des Arbeitens im Schülerlabor ELKE geben die Schüler*innen darüber hinaus an, dass ihnen sowohl das eigenständige und selbstständige Arbeiten und Experimentieren als auch die gleichzeitig erfahrene (implizite) Unterstützung durch die betreuenden Studierenden besonders gut gefallen haben (z.B. *„Dass wir selbstständig die Stationen bearbeiten konnten und selbst überlegen konnten, wie man manche Sachen unterscheiden oder herausfinden kann“* oder *„Dass man selber mehr nachdenken musste“* oder *„dass die UzK-Reporter sehr nett waren und gut geholfen haben“*). Auch zeigen die Ergebnisse der Schülerbefragung, dass das zugrundeliegende didaktische Konzept den individuellen Bedürfnissen der teilnehmenden Schüler*innen gerecht werden kann, wenn es im Sinne der didaktischen Ausgestaltung von ELKE D. angeboten wird (z.B. Differenzierung nach Lern- und Arbeitstempo: *„Mir hat besonders gut gefallen, dass man in seinem eigenen Tempo arbeiten konnte“* oder Differenzierung durch das Lernmaterial: *„Mir hat besonders gut gefallen, dass man alles ohne Hilfe verstehen und ausführen konnte“*). Schließlich wird auch die alternative Form der Dokumentation der Experimente von den Schüler*innen positiv hervorgehoben: *„Ich fand gut, dass wir ein eigenes Erklär-Video machen durften“*.

Konsequenzen und Ausblick

Der kurze Einblick in die Ergebnisse zeigt bereits, dass das Konzept ELKE das Potential hat, den geforderten Brückenschlag zwischen außerschulischem und innerschulischen Lernen von Schüler*innen zu leisten. Es steht zu erwarten, dass die Evaluation aller ELKE-Experimentiertage die Möglichkeit eröffnet, forschungsbasierte Kriterien für die effektive Vernetzung beider Lernorte abzuleiten. Darüber hinaus zeigen erste Ergebnisse aus der Evaluation des Lehr-Lern-Labors ELKE, dass die teilnehmenden Studierenden gleichermaßen in ihren fachlichen und fachdidaktischen Lehrerkompetenzen gefördert werden können (u.a. die Förderung des eigenen Classroom-Managements in experimentellen Kleingruppenphasen oder die Förderung im Umgang mit heterogenen Lerngruppen bei thematisch unterschiedlichen Schülerexperimenten sowie deren Sicherung in einem differenzierenden Lernsetting).

Literaturverzeichnis

Groß, K. & Schumacher, A. (2017a). ELKE – Eine Möglichkeit der systematischen Vernetzung eines außerschulischen Lernortes mit dem Chemieunterricht. MNU (eingereicht).

Groß, K. & Schumacher, A. (2017b). ELKE: Experimentieren – Lernen – Kompetenzen Erwerben. Verfügbar unter: www.chemiedidaktik.uni-koeln.de/elke.html (letzter Zugriff am 22.03.2017)

Hillebrand, T. (2005). Lernen an Stationen. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule, 54 (2), 1-13.

Itzek-Greulich, H., Flunger, B., Vollmer, C., Nagengast, B., Rehm, M. & Trautwein, U. (2014). The impact of a science center outreach lab workshop on german 9th graders' achievement in science. In: ESERA (Ed.), 10th Conference of the European Science Education Research Association Proceedings, Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association, 97–106.

MSW, Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013). Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik. Verfügbar unter: www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/NW/KLP_GE_NW.pdf (letzter Zugriff am 22.03.2017)

Rehm, M. & Parchmann, I. (2015). Lernvielfalt Naturwissenschaften. Ziele und Ansätze einer systematischen Vernetzung schulischen und außerschulischen Lernens. NiU – Chemie, 26 (147), 2-7.

Schmidt, I., Di Fuccia, D. S. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte. MNU, 64 (6), 362-369.

Henning Krake
Maik Walpuski
Universität Duisburg-Essen

Sequenzierung experimenteller Phasen bei Chemiereferendarinnen und -referendaren

Ziel

Ziel des Projekts ist es, ein Modul für die zweite und dritte Phase der Lehrerbildung zu entwickeln und zu evaluieren, das auf den Transfer von Forschungsergebnissen zu Qualitätsmerkmalen im Chemieunterricht fokussiert.

Theoretischer Hintergrund

Die erziehungswissenschaftliche Forschung zur Unterrichtsqualität weist im Wesentlichen allgemeine bzw. fachunspezifische Unterrichtsmerkmale aus, die positiv mit den gemessenen Leistungs-, Interessens-, und Einstellungsvariablen der Schülerinnen und Schüler korrelieren (Clausen, 2002; Helmke, 2006). Aus der fachdidaktischen Forschung liegen für den Chemie- und Physikunterricht Erkenntnisse vor, dass hier insbesondere Merkmale der Zielorientierung, wie das Explizieren von Lernzielen und die Sequenzierung von Unterricht in überschaubare und aufeinander aufbauende Einheiten wichtig sind (Seidel et al., 2006). Aber auch Merkmale des Erkenntnisgewinnungsprozesses mit Hilfe von Experimenten, wie Entwicklung von Fragestellungen und selbstständige Versuchsplanung, wirken auf den kognitiven Lernzuwachs bei Schülerinnen und Schülern (Schulz, 2011). Tesch und Duit (2004) konnten zeigen, dass die Leistungsentwicklung der Schülerinnen und Schüler positiv mit der Gesamtdauer der Experimentalphase korreliert, nicht aber mit der Dauer der Versuchsdurchführung. Das legt den Schluss nahe, dass für den Lernzuwachs eine strukturierte Einbettung mit entsprechender Vor- und Nachbereitung des Experiments notwendig ist. Aus den zuvor genannten Videostudien (Schulz, 2011; Seidel et al., 2006; Tesch & Duit, 2004), die im regulären Unterricht an deutschen Schulen angefertigt wurden, lässt sich ableiten, dass die auf ein Lernziel bezogene Strukturierung nach sachlogisch-inhaltlichen und funktional-lernprozessorientierten Gesichtspunkten, die auch als Sequenzierung bezeichnet werden kann, eine zentrale Rolle spielt. Insgesamt waren aber die Ausprägungen der entsprechenden Merkmale auf mittlerem Niveau bzw. noch darunter, sodass für den Chemie- und Physikunterricht in Deutschland diesbezüglich ein Entwicklungsbedarf zu bestehen scheint.

Ein theoretisches Konstrukt, welches aufbauend auf psychologischen Lerntheorien unterschiedliche Sequenzierungen des Unterrichts auf verschiedene Lehrziele bezieht und dabei den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler ins Zentrum der Unterrichtgestaltung rückt, sind die „Choreographien unterrichtlichen Lernens“ nach Oser und Patry (1990), die auch als Basismodelle bezeichnet werden. Sie schlagen insgesamt 12 Basismodelle vor, von denen jedes einem spezifischen Lernzieltyp entspricht. In Videoanalysen konnten für den Chemie- und Physikunterricht drei besonders relevante Basismodelle identifiziert werden: Lernen durch Erfahrung, Konzeptbildung und Problemlösen (Reyer, 2004; Trendel, Wackermann & Fischer, 2007; Walpuski, 2006). Eine Studie, die die Wirksamkeit einer Fortbildung für Physiklehrkräfte zu den Basismodellen in Bezug auf die Entwicklung des Fachwissens bei Schülerinnen und Schülern untersucht hat, konnte einen positiven Zusammenhang zwischen der Vollständigkeit sowie der richtigen Reihenfolge der Handlungskettenschritten im Unterricht und dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler zeigen. Dabei profitieren insbesondere leistungsschwache von einer Strukturierung des Unterrichts nach den Basismodellen (Zander et al., 2013).

Die oben angesprochene Entwicklung des Unterrichts mit Hinblick auf die Qualitätsmerkmale findet aber nicht von allein statt, sondern es müssen im Rahmen der zweiten und dritten Phase der Lehrerbildung Lerngelegenheiten für diese Thematik geschaffen werden. Um an dieser Stelle eine Professionalisierung von Lehrkräften in diesen Phasen zu erreichen, muss nach Radtke (1996) das Handeln u. a. mit fachdidaktischem Wissen vernetzt und weiterentwickelt werden. Schmitt (2016) konnte im Rahmen einer eintägigen Fortbildung zur Förderung des experimentgestützten Erkenntnisgewinnungsprozesses zeigen, dass diese zu kurz- und mittelfristigen Veränderungen in der Einstellung der Lehrerinnen und Lehrern gegenüber dem Fortbildungsinhalt wie auch im fachdidaktischen Wissen zu Experimenten führt. Zudem liegen aus dieser Studie Hinweise vor, dass die Inhalte der Fortbildung auch unterrichtswirksam werden und es Effektunterschiede der Intervention zwischen den Lehrkräften der zweiten und dritten Phase gibt. Auch das Coaching mit Videomaterial aus dem eigenen Unterricht der Lehrkräfte hat sich in mehreren Studien bewährt (Schulz, 2011; Seidel et al., 2006; Trendel, Wackermann & Fischer, 2007). Schulz (2011) konnte unter quasi-experimentellen Bedingungen in einem stundenspezifischen Einzelcoaching, in dem Videos aus dem Unterricht der jeweiligen Lehrkräfte Anwendung fanden, zeigen, dass dieses bei erneuter Durchführung zu einer verstärkten Merkmalausprägung und in Folge auch zu einem höheren Lernzuwachs bei den Schülerinnen und Schülern führt. Die Lernwirksamkeit eines unterrichtsthemenspezifischen Coachings zu Qualitätsmerkmalen experimenteller Phasen auf der Handlungsebene der Lehrerinnen und Lehrer und auf der kognitiven und affektiven Ebene der Schülerinnen und Schüler ist demnach belegt.

Ungeklärt ist bisher, ob diese Effekte in Bezug auf die Qualitätsmerkmalsausprägung auch im Rahmen einer nicht unterrichtsthemenspezifischen Gruppenfortbildung erreicht werden können und ob die Wirksamkeit einer solchen Intervention auf Referendarinnen und Referendare sich von der auf Lehrerinnen und Lehrer unterscheidet (Luft, 2001; Schmitt 2016)

Forschungsfrage

Aus dem Ziel und dem theoretischen Hintergrund des Transferprojekts lässt sich folgende Forschungsfrage ableiten:

Führt ein Lehrerbildungsmodul für die zweite und dritte Phase, das auf die Qualitätsmerkmale von Chemieunterricht mit experimentellen Phasen fokussiert, bei den teilnehmenden Lehrkräften zu Veränderungen sowohl auf kognitiver Ebene als auch der Ebene des unterrichtspraktischen Handelns?

Design und Methode

Um die Forschungsfrage beantworten zu können, wurde eine Interventionsstudie im Prä-Post-Follow-up-Design konzipiert. Dabei wird eine Gesamtstichprobe von je 30 Lehrkräften aus der zweiten und dritten Phase der Lehrerbildung angestrebt. Die Teilnahme ist dabei sowohl für Lehrkräfte der Haupt-, Real- und Gesamtschulen (HRGe bzw. SI) als auch Lehrkräfte des Gymnasiums und der Gesamtschule (GyGe bzw. SI/SII) möglich. Der Inhalt des Moduls besteht zum einen aus theoretischen Elementen zu lernwirksamen Qualitätsmerkmalen im Chemieunterricht (nach Schulz, 2011) und dem Sequenzierungkonzept der Basismodelle im Physikunterricht (nach Trendel, Wackermann & Fischer, 2007). Zum anderen enthält es Praxisanteile wie ein Peer-led-Videocoaching zur exemplarischen Optimierung der Qualitätsmerkmale im Unterricht der Lehrkräfte. Das Modul soll einen Umfang von ca. fünf Stunden, damit das Modul bei erfolgreicher Evaluation ohne größere organisatorische Probleme in die Chemieseminare der Zentren für schulpraktische Lehrerausbildung in Nordrhein-Westfalen integriert werden kann.

Der Erfolg der Intervention wird auf den vier Wirksamkeitsebenen einer Lehrerfortbildung nach Lipowsky (2010) anhand der folgend beschriebenen Variablen und Instrumente operationalisiert.

Die erste ist die affektive Ebene der Lehrkräfte. Sie wird im Rahmen des Projekts aus den Überzeugungen als Teil professioneller Kompetenz (Baumert & Kunter, 2011) und den Einstellungen der Lehrkräfte zum Modulinhalt werden gebildet und durch einen Fragebogen erhoben (modifiziert nach Zander, Krabbe und Fischer, 2013).

Die zweite Ebene betrifft die Erweiterung der Lehrerkognition. Sie wird in diesem Rahmen als fachdidaktisches Wissen zu Experimenten und deren methodischer Umsetzung operationalisiert und in Form eines PCK-Tests (in Anlehnung an Borowski et al., 2010; Tepner & Dollny, 2014) im Paper-Pencil-Format erfasst.

Das unterrichtspraktische Handeln der Lehrinnen und Lehrer auf der dritten Ebene wird als Fähigkeit der Lehrkräfte den Unterricht zu strukturieren durch die Videoanalyse zweier Unterrichtsstunden (prä-post) operationalisiert. Dabei kommen Kategoriensysteme zum Einsatz, die in Vorarbeiten entwickelt und verwendet wurden (Schulz, 2011; Zander, Krabbe & Fischer, 2013).

Auf der vierten Ebene werden die Effekte auf Schülerinnen und Schüler als Wahrnehmung der Unterrichtsqualität mittels Fragebogen (Schulz, 2011) erhoben. Aufgrund der zu erwartenden Heterogenität der Jahrgänge und Inhalte werden auf Schülerebene keine Leistungsdaten erhoben, sodass die Wirksamkeit der Lehrerfortbildung auf die Schülerkognition in dieser Studie nicht geprüft werden kann. Allerdings wurde die Lernwirksamkeit bei erhöhtem Auftreten der Qualitätsmerkmale bereits belegt (Schulz, 2011). Dabei werden die Daten zu den Ebenen drei und vier nur zum Prä- und Postmesszeitpunkt, die Daten zu den Ebenen eins und zwei zu allen drei Messzeitpunkten erhoben, um neben kurzfristigen auch mittelfristige Effekte der Intervention beurteilen zu können.

Auswertung

Für die Auswertung der Ergebnisse ist zunächst geplant die Wirksamkeit der Intervention isoliert auf den oben beschriebenen Ebenen über Mittelwertunterschiede zu prüfen.
Im Anschluss soll über Korrelationsanalysen geprüft werden, ob es Zusammenhänge in der Entwicklung der Parameter zwischen den vier Ebenen gibt. Ein Focus liegt hier auf dem Zusammenhang zwischen dem fachdidaktischen Wissen und dem Ausprägungsgrad der Qualitätsmerkmale, da bei dem gewählten Studiendesign sich Aussagen über die mittelfristige Wirkung auf den Unterricht nur dann treffen lassen, wenn sich im Rahmen der Auswertung ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Parametern ergibt.

In einem dritten Auswertungsschritt wäre zu prüfen, ob sich die in anderen Studien (Luft, 2001; Schmitt 2016) angedeuteten Unterschiede in der Berufserfahrung bzw. der Zugehörigkeit zur zweiten oder dritten Phase der Lehrerbildung auch Rahmen dieser Intervention zeigen. So wäre es zum Beispiel möglich, dass Lehrkräfte im Referendariat durch die Intervention größere Änderungen auf der ersten Ebene zeigen, während Lehrkräfte der dritten Phase größere Änderungen auf der unterrichtspraktischen Ebene zeigen.

Ausblick

Anfang 2018 sollen das Interventionsmodul pilotiert und die Testinstrumente validiert werden. Im Anschluss daran werden das Modul und die Testinstrumente optimiert, sodass mit dem Beginn des Schuljahres 2018/2019 mit der Hauptstudie begonnen werden kann.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COAKTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29-54). Münster: Waxmann.

Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H.E., Leutner, D., Sandmann, A. & Sumfleth, E. (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 341-349.

Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 29). Münster: Waxmann.

Helmke, A. (2006). Was wissen wir über guten Unterricht? Über die Notwendigkeit einer Rückbesinnung auf den Unterricht als dem "Kerngeschäft" der Schule (II.Folge). *Pädagogik*, 58 (2), 42-45.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen – Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 51-72). Münster: Waxmann.

Luft, J.A. (2001). Changing inquiry practices and beliefs. The impact of an inquiry-based professional development programme on beginning and experienced secondary science teachers. *International Journal of Science Education*, 23(5), 517–534.

Oser, F. & Patry, J.-L. (1990). *Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodell des Unterrichts* (Berichte zur Erziehungswissenschaft, 89). Freiburg: Pädagogisches Institut der Universität.

Radtke, F.-O. (1996). *Wissen und Können – die Rolle der Erziehungswissenschaft in der Erziehung*. Opladen: Leske + Buderich.

Reyer, T. (2004). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht*. (Studien zum Physik- und Chemielernen) Berlin: Logos.

Schmitt, A. K. (2016). *Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*. (Studien zum Physik- und Chemielernen) Berlin: Logos.

Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht: Eine Videostudie* (Studien zum Physik- und Chemielernen) Berlin: Logos.

Seidel, T. & Prenzel, T. (2007). Wie Lehrpersonen Unterricht wahrnehmen und einschätzen — Erfassung pädagogisch-psychologischer Kompetenzen mit Videosequenzen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft. In M. Prenzel, I. Gogolin, H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik - Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (S. 201-216). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Schwindt, K., Kobarg, M., Herweg, C. & Dalehefte, I.M. (2006). Unterrichtsmuster und ihre Wirkungen. Eine Videostudie im Physikunterricht. In Prenzel, M. & Alloloio-Näcke, L. (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua*. Münster: Waxmann.

Tepner, O. & Dollny, S. (2014). Entwicklung eines Testverfahrens zur Analyse fachdidaktischen Wissens. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 311–323). Berlin: Springer.

Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7-28.

Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H.E. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 9-31.

Walpuski, M. (2006). *Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback* (Studien zum Physik- und Chemielernen). Berlin: Logos.

Zander, S., Krabbe, H. & Fischer, H.E. (2013). Lernzuwächse in der Mechanik im Rahmen der Lehrerfortbildung „Sequenzierung von Lernprozessen“. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen* (S. 503-505). Kiel: IPN.

Annabel Pauly Goethe- Universität Frankfurt am Main
Arnim Lühken

Energiekonzepte angehender Chemielehrkräfte

Ausgangslage

In der Alltagssprache ist der Begriff *Energie* in vielerlei Kontexten vorhanden. Alltagsverständnis finden sich oftmals die klassischen Misskonzepte des *Energieverbrauchs* und der *Energiegewinnung*. Im Kontrast dazu stehen die naturwissenschaftlichen Konzepte der *Energieerhaltung* und der *Energieumwandlung*, die sich auch beispielsweise in den Bildungsstandards in einem Basiskonzept wiederfinden (Schmidkunz, Parchmann 2011, KMK 2004). Schon alleine durch diese begrifflichen Unklarheiten scheint es kaum verwunderlich, dass im Rahmen der länderübergreifenden Energiebildungsstudie (Euler 2013) festgestellt wurde, dass die „Energiebildung" in allen Schulstufen intensiviert werden muss.

Die Grundlagen des Energieverständnisses legen die zentralen Aspekte *Energieformen*, *Energieumwandlung*, *Energieentwertung* und *Energieerhaltung* (Chen et al. 2014). Zusätzlich zu diesen Aspekten werden in der Chemie vermehrt Energieprozesse auf Teilchenebene betrachtet. Ebenfalls spielt die chemische Energie und deren Umwandlung in andere Energieformen im Hinblick auf den Chemieunterricht eine tragende Rolle. Problematisch stellt sich jedoch dar, dass Energie an sich aber auch gerade die chemische Energie wenig anschaulich ist. Oftmals stellt dieser Mangel an Anschaulichkeit, gepaart mit Ausdrucksweisen der Alltagssprache eine Hürde bei der Ausbildung und Versprachlichung fachwissenschaftlich angemessener Vorstellungen dar (Barke 2006). Besonders der sprachliche Aspekt ist beachtenswert, da die Sprache im Fachunterricht das primäre Medium zur Vermittlung von Inhalten darstellt. Fachinhalte und Sprache sind untrennbar miteinander verknüpft und beeinflussen sich somit gegenseitig.

Für die LehrerInnenbildung ist insbesondere bemerkenswert, dass die bei der Energiebildungsstudie bundesweit befragten LehrerInnen die Notwendigkeit einer besseren fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung im Bereich der Energie an der Hochschule sehen. Im Hinblick auf die Wirkung von LehrerInnenbildung (Terhart 2012) ist es notwendig, dass die Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer schon in der Phase der universitären Lehramtsausbildung ein (theoretisches) Energiekonzept für den späteren Unterricht aufbauen.

Für die allgemeine Betrachtung des fachdidaktischen Wissens in der universitären Ausbildung angehender Chemielehrkräfte wurden bereits zusätzlich zu den bestehenden Vorgaben u.a. der KMK (KMK 2008) weitere Beiträge zur Standardentwicklung geleistet (vgl. u.a. Großebrahm 2013), die sich auch auf einzelne fachliche Themen und den Umgang damit übertragen lassen.

Zielsetzung und Fragestellung

Im Bereich der Physikdidaktik liegen bereits umfangreiche Forschungsergebnisse zum Energieverständnis von SchülerInnen sowie LehrerInnen vor (vgl. u.a. Duit 2014, Pahl 2013). In der Chemiedidaktik gibt es ebenfalls Ergebnisse und Überlegungen zu SchülerInnenvorstellungen im Bereich Energie (vgl. u.a. Barke 2006), jedoch stellen ähnliche Untersuchungen insbesondere im Bereich der Hochschuldidaktik noch weitestgehend ein Desiderat dar.

Aus diesem Grund sollen Energiekonzepte angehender Chemielehrkräfte, die sich am Ende ihrer universitären Ausbildung befinden, erfasst werden.

Die Beschreibung der Energiekonzepte der Studierenden geschieht auf folgenden Ebenen:
- Fachlicher Hintergrund zum schulrelevanten Wissen über Energie
- Fachdidaktisches Wissen bezogen auf den Themenbereich Energie
- Versprachlichung des Energiekonzeptes

Konkret sollen hierbei folgende Forschungsfragen beantwortet werden:
- Über welches fachliche, schulrelevante Wissen im Themengebiet *Energie* verfügen Lehramtsstudierende der Chemie am Ende ihrer universitären Ausbildung?
- Über welches fachdidaktische Wissen im Themengebiet *Energie* verfügen Lehramtsstudierende der Chemie am Ende ihrer universitären Ausbildung?
- Inwiefern versprachlichen die Studierenden ihr Energiekonzept?

Methodisches Design

Um den relevanten fachlichen Hintergrund der Energiethematik im Chemieunterricht zu erfassen, wurde eine Schulbuchanalyse von für den Chemieunterricht in Hessen zugelassenen Schulbüchern durchgeführt. Es wurde nach dem Prinzip der inhaltlichen Strukturierung (Mayring 2014) vorgegangen. Als Grundlage diente ein deduktives Kategoriensystem, das aus den theoretischen Erkenntnissen zum physikalischen Energiekonzept sowie deren Bearbeitungen in der Biologiedidaktik abgeleitet wurde (vgl. dazu (Duit 2014), (Viering 2012), (Wernecke et al. 2016)). Um dieses Energiekonzept auf die Chemiedidaktik zu erweitern, wurden die Inhalte, die sich nicht dem physikalischen Konzept zuordnen lassen, mittels induktiver Kategorienbildung gegliedert. Die deduktiv/induktiv erarbeiteten Kategorien sind die Basis zur Erfassung des fachlichen Hintergrunds der Energiethematik im Chemieunterricht. Aus den Elementen des fachdidaktischen Wissens für die universitäre Ausbildung angehender Chemielehrkräfte (Großebrahm 2013) wurden diejenigen Facetten ausgewählt, die sich themenspezifisch auf die Energie beziehen lassen. Nicht beachtet wurden Facetten, die einen allgemeinen Aspekt des Chemieunterrichts abdecken (beispielsweise *Wissen über die Lerngruppe*).

Um alle drei Ebenen des Energiekonzepts von Lehramtsstudierenden der Chemie zu erfassen, wurde eine Interviewstudie basierend auf jeweils zwei Leitfadeninterviews durchgeführt. In einer ersten Befragung definieren die Studierenden die in der Schulbuchanalyse entwickelten Facetten des relevanten fachlichen Wissens und geben jeweils Beispiele (fachchemisch, alltagsbezogen) an. Die qualitative Auswertung (induktive Kategorienbildung (Mayring 2014)) dieser Befragung stellt die Grundlage für die folgenden Interviews dar. Neben der Abfrage des fachlichen Hintergrunds wird in diesen ebenfalls auf die grundlegenden, fachinhaltsbezogenen Facetten des fachdidaktischen Wissens eingegangen. Die Interviews werden durch *visual elicitation* (Zehe, Belz 2016) mit Leitfragen aufgrund von Schulbuchseiten und Sequenzen aus Unterrichtsvideos durchgeführt. Die Auswertung beider Interviewdurchgänge erfolgt ebenfalls mittels induktiver Kategorienbildung nach Mayring. Dabei kann es durchaus passieren, dass fachliches Wissen und Versprachlichung nicht korrelieren. Um diese Aspekte in die Analyse miteinzubeziehen, wird an einzelnen interpretationsbedürftigen Textstellen eine Kontextanalyse (Explikation (Mayring 2014)) durchgeführt.

Ausgewählte Ergebnisse

Bei der Betrachtung des fachlichen Hintergrunds wurden aufgrund der Ergebnisse der vorangegangenen Schulbuchanalyse begrifflich folgende Facetten betrachtet:

Energieformen, Energiequellen, Energieträger, Energiewandler, Energieumwandlung, Energieerhaltung, Energieübertragung und *Energieentwertung.* Beispielhaft wird ein Blick auf den Aspekt *Energiequelle* geworfen. In der fachlichen Literatur findet sich als Definition für eine Energiequelle: „Energiequellen umfassen das technisch und wirtschaftlich nutzbare, in der Natur vorkommende Energieangebot." (Schufft 2007, S.16).

Die Studierenden wurden in der Erhebung zunächst nach einer Definition und Beispielen aus der Chemie und dem Alltag zur Facette *Energiequelle* gefragt. Anschließend wurde ihnen im Interview eine Zeichnung eines Leuchtmittels vorgelegt. Anhand derer sollten sie erläutern, wo sich der Begriff Energiequelle zuordnen lässt. Die Antworten zweier ausgewählter Studierender der gesamten Befragungen finden sich in Tabelle 1.

Studentische Definitionen auf dem Fragebogen	**Erläuterungen im Interview**	**Beispiele aus der Chemie**	**Beispiele aus dem Alltag**
„Eine Energiequelle ist ein Ursprung für eine Energieform."	„Dann die Energiequelle. Die würde, weil man das ja aus der Logik heraus kennt, wie ich eben erzählt habe, Netzteil oder so dann hier vorne vielleicht stehen. So als zum Beispiel Steckdose."	Netzteil	Steckdose
„Etwas, das Energie produziert."	„Energiequelle ist eben der elektrische Strom und der kommt dann aus der Steckdose und vorher aus dem Atomkraftwerk zum Beispiel oder so."	Batterie	Sonne, Steckdose, Batterie

Tabelle 1: Ausgewählte Zitate zur Facette Energiequelle

Die Studierenden versprachlichen eine Energiequelle als Ausgangspunkt der Energie. Auch wenn die Studierenden, das wird insbesondere bei der Betrachtung der anderen fachlichen Facetten deutlich, den Energieerhaltungssatz kennen, das Konzept verstanden haben und anwenden können, könnten sich die Zitate zu den studentischen Definitionen in Tabelle 1 so deuten lassen, als würde Energie erzeugt werden. Bezieht man nun noch die Beispiele mit ein, so ergibt sich bei der rein sprachlichen Betrachtung der Antworten: Energie wird in der Energiequelle, das ist beispielsweise eine Steckdose, produziert. Fragt man genauer nach, so wird klar, dass die Studierenden wissen, dass die Steckdose nicht den Ursprung der (elektrischen) Energie darstellt, sondern noch weitere Zwischenschritte vorgelagert sind.

Bei der Betrachtung der Zitate fällt auf, dass eine deutliche Diskrepanz zwischen den kurzen schriftlichen Definitionen der Studierenden sowie der Ausformulierung und Explikation und zwischen dem tatsächlichen fachlichen Verständnis der Studierenden besteht.

Diskussion und Ausblick

Die Auswertung der Interviews erstreckt sich bisher nur auf eine erste Sichtung der fachlichen Facetten und soll nun auf die Facetten des fachdidaktischen Wissens ausgeweitet werden. Hierbei soll der Fokus der Versprachlichung auch auf die Aspekte des fachdidaktischen Wissens ausgeweitet werden. Ebenfalls bezieht sich Interviewstudie momentan ausschließlich auf Studierende der Goethe-Universität Frankfurt und wird in einem nächsten Schritt auf weitere Universitäten erweitert. Dies soll eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse und ein allgemeineres Bild gewährleisten.

Literatur

Barke, H.-D. (2006). Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Berlin: Springer.

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,. Berlin: Springer.

Duit, R. (2014). Teaching and Learning the Physics Energy Concept. In: Chen, R.F.; Eisenkraft, A.; Fortus, D.; Krajcik, J.; Neumann, K.; Nordine, J.; Scheff , A. (Hrsg.): Teaching and learning of energy in K-12 education. New York: Springer, 67–85.

Euler, M. (o.J.). Maßnahmen zur Stärkung der Energiebildung. Verfügbar unter: https: //www. lehreronline.de/artikel/seite/fa/energiebildung-an-schulen-aus-der-sicht-von-Lehrkraeften/massnahmen-zur-staerkung-der-energiebildung/, Stand vom 04.08.2017.

Großebrahm, N. (2013). Elemente fachdidaktischen Wissens in der universitären Ausbildung angehender Chemielehrkräfte: Ein Beitrag zur Standardentwicklung. Dissertation Universität Duisburg-Essen.

KMK (Hrsg.) (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004.

KMK (Hrsg.) (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i.d.F. vom 16.09.2010.

Mayring, P. (2014). Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution. Klagenfurt. URL: http://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/39517, Stand vom 27.07.2017.

Merzyn, G. (2008). Sprache und Chemie lernen. Naturwissenschaften im Unterricht, 19 (106/107), 94–97.

Pahl, E.-M. (2013). Vorstellungen von Lehrpersonen aus dem Sach- und Physikunterricht zum Thema Energie und dessen Vermittlung. Berlin: Logos.

Schmidkunz, H.; Parchmann, I. (2011). Basiskonzept Energie. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 22 (121), 2-7.

Schufft, W. (2007). Taschenbuch der elektrischen Energietechnik. Leipzig: Hanser.

Terhart, E. (2012). Wie wirkt Lehrerbildung? Forschungsprobleme und Gestaltungsfragen. In: Zeitschrift für Bildungsforschung, 2, 3-21.

Viering, T. (2012). Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen. Berlin: Logos.

Wernecke, U.; Schwanewedel, J.; Schütte, K.; Harms, U. (2016). Wie wird Energie im Biologieschulbuch dargestellt? – Entwicklung eines Kategoriensystems und exemplarische Anwendung auf eine Schulbuchreihe. In: ZfDN, 22, 215-229.

Zehe, A.; Belz, F.-M. (2016). Video Elicitation Interviews in Organizational and Management Research: Application in a Field Study (June 2, 2016). Paper presented at the European Academy of Management (EURAM), 16th Conference, 1st-4th June 2016, Paris.

Marianne Korner Universität Wien
Florian Schmidt
Martin Hopf

Weiterentwicklung eines Messinstrumentes zur Motivation

Einleitung

In der Unterrichtsforschung ergeben sich nicht nur für PISA (Schwantner, Toferer, & Schreiner, 2013) unzählige Situationen, in denen es aus unterschiedlichen Gründen sinnvoll ist, die Motivation von Schülerinnen und Schülern zu erfassen. Derzeit ist ein Instrument, das für Schülerinnen und Schüler ab der Sekundarstufe 1 geeignet ist in deutscher Sprache nicht verfügbar (Korner, 2015), obwohl der Bedarf daran groß ist.

Theoretische Grundlagen

Als theoretische Basierung zur Erfassung der Motivation bietet sich unter zahlreichen weiteren Theorien die *Self-Determination Theory (SDT)* nach Deci und Ryan (Niemiec & Ryan, 2009) an. Diese Theorie liefert nicht nur eine Quantität für Motivation, sondern ermöglicht eine differenzierte Sicht hinsichtlich ihrer Ursachen und ihrer emotionalen Qualität. Das *Intrinsic Motivation Inventory (IMI)* (Deci & Ryan, 2003) stellt die psychometrische Umsetzung des Motivationskonstrukts der SDT dar. Es umfasst die sieben Subskalen

- *perceived competence (pco)*
- *perceived choice (pch)*
- *interest/enjoyment (int)*
- *effort/importance (eff)*
- *value/usefulness (val)*
- *relatedness (rel)*
- *(felt) pressure/tension (pres).*
-

Es liegt in englischer Sprache vor und ist in einigen Kontexten wie zum Beispiel der Motivation von Athleten im Sport getestet.

Nach einigen gescheiterten Versuchen (Korner, Urban-Woldron, & Hopf, 2012), eine psychometrisch valide deutschsprachige Version des IMI durch Übersetzung, Re-Übersetzung und Adaptierung der Items für Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe 1 zu erhalten, wurde ein völlig neuer Weg gewählt. Die Items zu den einzelnen Skalen wurden gänzlich neu konstruiert. Basis des Vorgehens bildet der *Four Building Blocks Approach* nach Wilson (2005). Er schlägt dabei einen Zyklus aus vier Schritten vor, mit denen ein beliebiges Konstrukt abgebildet werden kann:

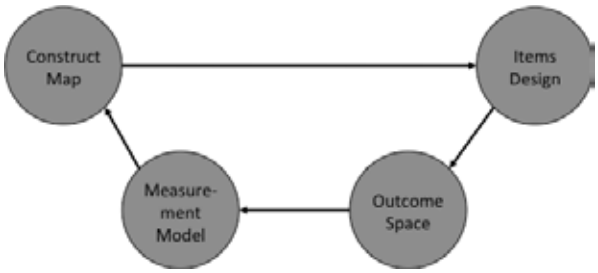


Abb. 1: Die vier Schritte zur Itementwicklung nach Wilson (2005).

Entsprechend dieses iterativen Konzeptes wurden bislang Items zu den Skalen *effort/importance* (Korner, 2015), *interest/enjoyment* (Klingenböck, 2016), *perceived competence, perceived choice, value/usefulness* (Schmidt, 2017) und *pressure/tension* entwickelt. Lediglich die Skala *relatedness* wurde aufgrund ihrer passablen faktoranalytischen Trennschärfe belassen, wie sie war.

Forschungsdesign und Methode

Die Neuentwicklung der Items erfolgte nach den oben beschriebenen Schritten. Für den ersten Schritt wurden zu jeder Skala *Construct Maps* erstellt. Dabei visualisiert man das jeweilige Konstrukt, indem die extremen Ausprägungen eines Merkmals erfasst werden. Sie bilden sie Enden der Skala. Zwei Aspekte werden dabei berücksichtigt: Eine Reihung der Probanden hinsichtlich der Ausprägungen des Merkmals und die Reihung ihrer möglichen Antworten. Tabelle 1 zeigt als Beispiel die *Construct Map* zur Skala *value/usefulness*.

Aufgabenstellungen erscheinen wertvoll	
Schülerinnen und Schüler	**Antworten auf die Items**
SchülerInnen erkennen den Wert der Aufgabenstellungen für ihre Entwicklung.	SchülerInnen bearbeiten die Aufgabenstellungen sorgfältig, da sie das Verständnis erleichtern.
SchülerInnen empfinden die Aufgabenstellungen als weitestgehend wertvoll für ihre Entwicklung.	SchülerInnen bearbeiten die Aufgabenstellungen Großteils, da sie für die Zukunft relevant sind.
SchülerInnen empfinden die Aufgabenstellungen als nützlich für ihre Entwicklung.	SchülerInnen arbeiten an den Aufgabenstellungen, da sie eine Herausforderung darstellen.
SchülerInnen ziehen keinen zusätzlichen Nutzen aus den Aufgabenstellungen für ihre Entwicklung	SchülerInnen machen nur das Notwendigste, da der Nutzen nicht ersichtlich ist.
Aufgabenstellungen erscheinen nutzlos	

Tabelle 1: Construct Map zur Skala value/usefulness.

Das *Itemdesign* bildet den nächsten Schritt. Die Basis hierzu bildeten Befragungen von 117 Schülerinnen und Schülern aus zwei Schulen. Im Falle der Skala *value/usefulness* wurden ihnen folgende Fragen gestellt: *Wann erscheinen Aufgabenstellungen nützlich für dich? Wie kannst du den Wert von Aufgabenstellungen für dich erkennen?* Schülerinnen und Schüler sollten über Evidenzen berichten, durch die die Ausprägungen des Konstrukts erkannt werden können. Die Rückführung des Konstrukts auf Evidenzen stellt einen zentralen Punkt dar. Damit kann zumindest teilweise der Nachteil von Likert-Skalen reduziert werden, dass Einschätzungen sehr subjektiv und damit schwer vergleichbar sind. Die *Construct Map* ist für die Sortierung der Evidenzen insofern von Bedeutung, da man sie entsprechend der Ausprägung des Merkmals reihen kann. Es lautet zum Beispiel eines der originalen, übersetzten IMI-Items zu dieser Skala: „*Ich glaube, dass mir diese Aufgabe etwas bringen könnte*“. Ein Item, das denselben Sachverhalt auf Evidenzen zurückführt, kann entsprechend lauten: „*Die Aufgabe lässt mich Erfahrungen sammeln*“, oder: „*Durch die Aufgabe lerne ich über aktuelle Themen*“. Der Vorteil besteht darin, dass weniger Interpretationsraum für die Schülerinnen und Schüler offenbleibt und das vage „etwas bringen“ auf konkrete Dinge wie

Erfahrung oder aktuelle Themen zurückgeführt wird. Zu jeder Subskala wurden zunächst 10 bis 12 Items formuliert.
Als *Outcome Space* wurde eine 5-teilige Likert-Skala gewählt, die aufgrund der sowieso differenziert fragenden Items keine zu detaillierte Quantifizierung mehr verlangt. Das *Measurement Model* stellt einfache Mittelwertbildung über die Items dar, wobei solche mit negativer Polung umkodiert wurden.

Untersuchung und Auswertung
Die Pilotierung der neuesten Items zu den Skalen *perceived competence, perceived choice, value/usefulness* und *pressure/tension* wurde in insgesamt 12 Klassen in Ostösterreich, in Wien, Niederösterreich und dem Burgenland durchgeführt. Dabei beschränkten wir uns auf die 8. Schulstufe, um möglichste viele Variable konstant zu halten. Die Befragungen fanden jeweils nach der Durchführung einer Unterrichtseinheit zum dritten Newton-Axiom mit Elementen der Partner- oder Gruppenarbeit statt. Letztere ist nötig, um eine ermöglicht Testung der *relatedness*-Skala zu ermöglichen. Um eine Ermüdung der Lernenden beim Beantworten zu vermeiden und um genaue Antworten zu erhalten, wurde die Pilotierung in unterschiedlichen Versionen durchgeführt, wobei jeweils etwa 45 Items pro Fragebogen zu beantworten waren. Es ergab sich somit eine Gesamtzahl von N = 231 Fragebögen von sehr hoher Qualität. Lediglich 11 Bögen mussten aussortiert werden, was zu N = 220 Bögen führte, die für Faktorenanalysen zur Verfügung standen.

Die Items einer Skala wurden einer Korrelationsanalyse und einer konfirmatorischen Faktorenanalyse unterzogen. Zudem wurde für jede einzelne Skala mittels Kaiser-Kriterium und Scree-Plot untersucht, ob sie einen Faktor abbildet, oder in Teilskalen zerfällt. Danach wurde die Stabilität der Skalen zueinander geprüft. Aufgrund der großen Anzahl von Items und der zwei Fragebogenversionen wurden immer nur zwei Skalen zueinander getestet.

Ergebnisse und Ausblick
Faktorenanalysen ergaben nach Wegfall einiger unpassender Items für die neu entwickelten Skalen eine stabile Faktorenstruktur mit jeweils 6 bis 11 verbleibenden Items. Die Reliabilitäten der Subskalen sind bis auf die *relatedness*-Skala gut (*Tabelle **2***).

Skala	pco	pch	int	eff	val	rel	pres
Cronbachs α	0,839	0,645	0,891	0,816	0,892	0,432	0,819

Tabelle 2: Reliabilitäten der einzelnen Subskalen

Es konnten faktoranalytisch je zwei der neuen Skalen zueinander trennscharf abgebildet werden. Darüber hinaus zeigte sich, dass die Skala *pressure/tension* hoch und negativ mit der Skala *perceived competence* korreliert. Das legt nahe, dass diese Skala nicht unabhängig ist und man daher auf sie verzichten kann, da sie keinerlei neue Information liefert (Bühner, 2011). Darüber hinaus zeigte sich, dass entgegen früherer Ergebnisse die Items zur *relatedness*-Skala keine stabile Faktorstruktur aufweisen. Das Item rel4 bildet eigenen Faktor nach dem Kaiser-Kriterium. Es scheint angezeigt zu sein, dass diese Skala ebenfalls neu zu entwickeln ist.

Insgesamt funktioniert die Vorgangsweise nach den *Four Building Blocks* (Wilson, 2005) zur Abbildung der Teilkonstrukte der SDT gut. Das Ziel, mindestens fünf gut funktionierende Items pro Skala zu erhalten, scheint damit in realistische Nähe zu kommen. Dass jeweils zwei Skalen zu einander trennscharf sind, macht einen selektiven Einsatz einzelner Skalen möglich, falls nur Teilaspekte der SDT von Interesse sind. Dennoch sind weitere Datenerhebungen nötig, um alle Skalen miteinander zu verknüpfen und die Trennschärfe zeigen zu können, wenn alle Items miteinander wechselwirken.

Literatur

Bühner, M. (2011). Einführung in die Test-und Fragebogenkonstruktion. München: Pearson.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). Intrinsic Motivation Inventory. Retrieved from http://selfdeterminationtheory.org/edu/scales/category/5-intrinsic-motivation-inventory, 23.23.2013

Klingenböck, A. (2016). Ermittlung der intrinsischen Motivation von SchülerInnen der Unterstufe in der Elektrizitätslehre. (Diplomarbeit), Universität Wien, Wien.

Korner, M. (2015). Cross-Age Peer Tutoring in Physik. Evaluation einer Unterrichtsmethode. (Vol. 186). Berlin: Logos.

Korner, M., Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Messinstrumentes zur Motivation. Paper presented at the GDCP Jahrestagung - Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht, Oldenburg.

Niemiec, C. P., & Ryan, R. M. (2009). Autonomy, competence, and relatedness in the classroom: Applying self-determination theory to educational practice. School Field, 7(2), 133-144. doi:10.1177/1477878509104318

Schmidt, F. (2017). Entwicklung weiterer Skalen eines Messinstrumentes zur Bestimmung der intrinsischen Motivation von Schüler/innen. (Diplomarbeit), Universität Wien, Wien.

Schwantner, U., Toferer, B., & Schreiner, C. (Eds.). (2013). PISA 2012: Internationaler Vergleich von Schülerleistungen: Erste Ergtebnisse Mathematik, Lesen, Naturwissenschaft. Graz: Leykam.

Wilson, M. (2005). Constructing Measures - An Item Response Modeling Approach. New York: Taylor & Francis.

Nelson Rajendran
Andreas Kometz
Universität Erlangen-Nürnberg

Chemische Migrationsküche

Konzept „Kulinarische Chemie“

Kulinarische Chemie ermöglicht appetitanregende Gerüche im Labor und essbare Veranschaulichung abstrakter Vorgänge.
Hierzu entwickelt die Arbeitsgruppe für Didaktik der Chemie an der Universität Erlangen-Nürnberg im Rahmen des Konzeptes „Kulinarische Chemie“ Experimente zur Nahrungsmittelzubereitung, deren Ergebnisse bei Beachtung der Sicherheitsvorschriften auch gegessen werden können. Auch der Einsatz als Hausaufgabe zum Nachkochen ist denkbar.
Experimente aus der kulinarischen Chemie fordern bei Schülerinnen und Schülern alle Kompetenzbereiche heraus und eignen sich sowohl für den fächerverbindenden Unterricht innerhalb der naturwissenschaftlichen Domäne als auch darüber hinaus (Frederking, Schwedt & Kometz, 2013). Die Einbettung in den Fächerkanon erfolgt mit dem Zentrum der globalen Herausforderungen Wasser, Energie und Nahrungsmittel (BMZ, 2014) (s. Abb. 1).

Abb. 1: Einbettung innerhalb des Fächerkanons

Chemieunterricht und Migration

Die Beschulung von Flüchtlingskindern und jungen erwachsenen Flüchtlingen stellt auch den Chemieunterricht vor neue Herausforderungen. Zu den sprachlichen Schwierigkeiten gesellt sich die fehlende Fachsprache für die durch die großen Migrationsbewegungen nach Deutschland neu angekommenen Schülerinnen und Schüler. Kulinarische Experimente können die Lernenden jedoch dort abholen, wo sie fachlich stehen, weil sie differenziert eingesetzt werden können. Aufbauend auf der Bildung, die jeweils im Heimatland genossen wurde, können die kulinarischen Experimente den chemischen Horizont erweitern.

Kulinarische Experimente, welche die traditionellen Gerichte der jeweiligen Heimatküche biochemisch ergründen, können für die Flüchtlingskinder sehr einladend wirken.
Da Kochen und Essen gemeinschaftsstiftend sind, könnte hier auch der Chemieunterricht einen Beitrag zur Integration der Migranten leisten.

Chemische Migrationsküche – Die Experimente
Zur Erweiterung der Willkommenskultur wurden von der Arbeitsgruppe für Didaktik der Chemie an der Universität Erlangen-Nürnberg Experimente mit dem Themenschwerpunkt „Küche der Migranten“ im Rahmen des Konzeptes „Kulinarische Chemie“ entwickelt.

Mit 326900 Zuzügen war Syrien (s. Abb. 2) im Jahre 2015 das Land, aus dem die meisten Flüchtlinge nach Deutschland zuzogen.

Abb. 2: Syrien

Entsprechend wurde eines der syrischen Nationalgerichte als Grundlage für neue kulinarisch-chemische Experimente ausgewählt: Kibbeh. Diese Bulgur-Hackfleischbällchen (s. Abb. 3) bieten diverse Untersuchungen der Garprozesse und Eigenschaften der Zutaten an, woraus fünf Experimente resultieren: Verkleisterung des Bulgurs, Erzeugen der perfekten Kruste, Vermeidung der Zwiebeltränen, Mindern der Schärfe und Wasserbindevermögen des Hackfleischs.

Abbildung 3: Kibbeh

- Bulgur: Beim Aufquellen mit dem im Kibbeh-Teig enthaltenen Wasser zeigt Bulgur beim Frittieren in heißem Öl die typische Wasserimmobilisierung durch die polaren Stärkemoleküle (Amylose + Amylopektin), wodurch der Bulgur weich wird (Rajendran, 2002, S. 93; Ternes, 1994, S. 137-140). Aufgrund der Hitze bewegen sich die Moleküle der

Stärkeaggregate stark, sodass sich Wassermoleküle an die frei werdenden polaren Stellen von Amylose und Amylopektin per Wasserstoffbrücke anlagern können. Das neu entwickelte Arbeitsblatt gibt den Schülerinnen und Schülern Anleitungen zur Untersuchung des Bulgur-Verkleisterung.

- perfekte Kruste: Die Kibbeh-Teiglinge werden in heißem Öl frittiert. Hierbei findet die Maillard-Reaktion zwischen reduzierenden Zuckern und Aminosäuren statt. Die reduzierenden Zucker stammen aus dem Blut des Fleisches und aus der hitzebedingten Hydrolyse der Stärkemoleküle des Bulgurs. Aminosäuren werden bei der Hydrolyse des Hackfleisches freigesetzt, enzymatisch bei der Fleischreifung und auch als hitzebedingtes Hydrolyseprodukt beim Frittieren. Das Mangeledukt der ersten Stufe (s. Abb. 4) dieser aroma- und krustenbildenden Maillard-Reaktion ist der reduzierende Zucker und nicht die freie Aminosäure. Entsprechend erhält man eine schönere Kruste bei Behandlung mit Honig, Bier oder Mehl (Rajendran, 2002, S. 35; Rajendran & Kometz, 2017, S. 244; Ternes, 1994, S. 214-215), wie die Experimentierenden durch Vergleichsversuche herausfinden können.

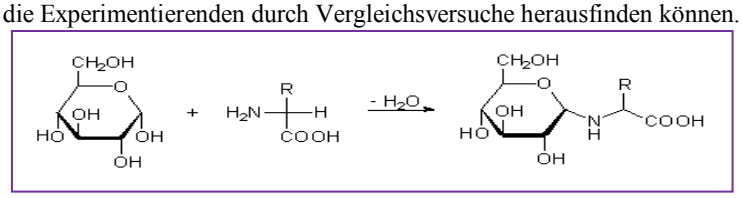


Abb. 4: Beginn der Maillard-Reaktion

- Zwiebeltränen:
Das Tränengas Thiopropionaldehyd-S-oxid wird nach dem Anschneiden einer Zwiebel durch intrazelluläre enzymatische Umwandlungen freigesetzt (Rajendran, 2002, S. 102-103; Rajendran & Kometz, 2017, S. 243-244; Ternes, 1994, S. 250; Baltes, 1995, S. 390).
Im Versuch wird ermittelt, welche Methoden zur Tränenvermeidung sinnvoll sind. Bei der Zubereitung des Kibbeh-Teiges werden gewürfelte Zwiebeln verwendet, wo sich das Problem der Tränen stellt.

- Schärfe:
Das Schmerzphänomen der Schärfe wird durch die lipophilen Stoffe Capsaicin (Chili) und Piperin (Pfeffer) verursacht. Mit lipophilen Lösungsmitteln wie Öl, Schokolade oder fetthaltigen Milchprodukten können sie aus dem Mund- und Rachenraum gelöst werden (Rajendran, 2002, S. 82-83; Rajendran & Kometz, 2017, S. 246; Ternes, 1994, S. 283-284, 310-311), nicht jedoch mit dem häufig benutzten hydrophilen Wasser. Kibbeh werden scharf gewürzt, weshalb sich dieses Experiment anbietet.

- Wasserbindevermögen von Fleisch ist die *„Fähigkeit des Fleisches, das eigene bzw. bei Be- und Verarbeitung zugesetztes Wasser ganz oder teilweise festzuhalten."* (Fleischportal DACH, 2013): Hier kann quantitativ und objektiv Bio-Fleisch mit konventionell hergestelltem Fleisch verglichen werden. Die Bio-Variante mit dichterer Proteinstruktur bietet mehr polare Stellen zur Wasserbindung an (Rajendran, 2002, S. 39; Rajendran & Kometz, 2017, S. 243; Ternes, 1994, S. 283-285, 310). Die Schülerinnen und Schüler werden angeleitet, mit einfachen Differenzwägungen zu ermitteln, wie viel Wasser von einer definierten Menge Hackfleisch gebunden wird. Danach können Rückschlüsse auf die Qualität des Fleisches erfolgen. Auf die Kibbeh bezogen bietet sich von der Rezeptur her ein Vergleich des Wasserbindevermögens von Rind- und Lammfleisch an. Zur Vertiefung können beide Sorten in Bioqualität oder aus konventioneller Zucht ebenfalls verglichen werden.

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)

Bundesamt für Migration und Flüchtlinge (2016), https://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/DE/Publikationen/Migrationsberichte/migrationsbericht-2015.pdf;jsessionid=295A99151300D95509BC3B7C39675ED8.2_cid368?__blob=publicationFile, 3 (Letzter Zugriff: 29. September 2017)

Fleischportal DACH GmbH (2013). www.forum.fleischbranche.de/forum/wissenswertes-archiv/formeln-berechnungen-spezifikationen/2723-wasserbindevermögen-von-fleisch (Letzter Zugriff: 12. Oktober 2016)

Frederking, V., Schwedt, G. & Kometz, A. (2013). Chemie, Sprache & Literatur. In Naturwissenschaft im Unterricht – Chemie 138, 7

Schwedt, G. (2009). Kochen, Braten und Backen - Chemisch-physikalische Vorgänge beim Garen. In Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, 58 (6), 26-29

Rajendran, N. (2002). Kulinarische Biologie und Chemie. Landau: Knecht Verlag

Rajendran, N. & Kometz, A. (2017). Kulinarische Experimente zum Aufessen, In MNU Journal 2017 (4), 241-248

Riethmüller, D. & Demuth, R. (2009). Wichtige Lebensmittel und ihre chemischen Veränderung durch Kochen und Backen. In Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, 58 (6), 34-38

Süddeutsche Zeitung (2017). http://www.sueddeutsche.de/stil/samstagskueche-malakeh-jazmatis-gerichte-bringen-die-heimat-zurueck-1.2782945-2 (Süddeutsche Zeitung, Letzter Zugriff: 29. September 2017)

Ternes, W. (1994). Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung. Hamburg: Behr's Verlag

Weltatlas (2017). https://www.welt-atlas.de/datenbank/karten/karte-4-430.gif (Letzter Zugriff: 29. September 2017)

Wikimedia (2017). https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/88/Kibbeh3.jpg/1200px-Kibbeh3.jpg (Letzter Zugriff: 29. September 2017)

Anja Kometz[1]
Rita Tandetzke[2]
Andreas Kometz[2]

[1]SBS Herzogenaurach-Höchstadt a. d. Aisch [2]Universität Erlangen-Nürnberg

Inter-NESSI – ein Schülerlabor für Lernende mit Migrationshintergrund

Ausgangslage

Das Nürnberg-Erlanger-Schülerinnen und Schüler-Labor, kurz NESSI-Lab, ist ein seit 10 Jahren in der Didaktik der Chemie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg angesiedeltes, sehr erfolgreich laufendes Projekt zur naturwissenschaftlichen Grundbildung von Schülerinnen und Schülern. Ursprünglich wurde es konzipiert als außerschulisches Experimentierlabor für Lernende der Jahrgangsstufen 1 bis 6 mit einfachen chemischen Experimenten und leicht verständlichen Anleitungen, die im Schülerinnen- und Schülerlabor in betreuten Kleingruppen durchgeführt werden konnten (Kometz & Urbanger, 2009).

Das Lehr-Lern-Angebot wurde seit dem Start im Jahr 2005 äußerst erfolgreich angenommen und auch die nachfolgenden Jahre brachten durchweg ausgebuchte Labortage. Aber nicht nur am Heimatstandort Nürnberg wurde das Konzept sehr gut angenommen, es fanden sich auch Interessierte aus anderen Ländern, die das Konzept an ihren jeweiligen Universitäten umsetzen wollten. Zu nennen ist hier das KaLaMPa in Tschechien und das NESSI meets Hapi in Ägypten. Die Tatsache, dass das Konzept in andere Länder übertragbar war und damit nicht an Nürnberg gebunden sein muss, führte zur Ausweitung auf NESSI – vor Ort, um auch Lernenden in anderen Gebieten Bayerns einen Labortag zu ermöglichen.

Im Jahr 2010 erfolgte dann eine Öffnung des Projektes NESSI-Lab zur Thematik Inklusion (Kometz & Schmitt-Sody, 2011 und Schmitt-Sody & Kometz, 2011). Hierzu wurden die vorhandenen Anleitungen unter diesem Aspekt sprachlich umgearbeitet und vereinfacht, was sowohl die Anleitungen wie auch die Arbeitsblätter betraf. Zudem wurden die einzelnen Experimentierschritte illustriert, um ein einfacheres Verständnis zu ermöglichen (Frederking, Schwedt & Kometz, 2013 und Kometz, Pommerin-Götze & Schmitt-Sody, 2011 und Kometz, Bauer, Schmitt-Sody & Scheffler, 2013). Dadurch konnten die vorhandenen Anleitungen gemeinsam mit den überarbeiteten Anleitungen zur inneren Differenzierung wie auch als alleiniger Einsatz in den Jahrgangsstufen der Grundschule mit geringer Lesekompetenz und in den Förderschulen genutzt werden (Schmitt-Sody & Kometz, 2012, 2013 und 2014).

Theoretischer Hintergrund

Aufgrund der großen Zahl an Asylbewerbern und Flüchtlingen an deutschen Schulen ist eine weitere Überarbeitung und Ausweitung des Konzeptes NESSI-Lab notwendig. Die beiden neuen Zielgruppen sind nicht wie zuvor Schüler und Schülerinnen der Grundschule, sondern die der Übergangsklassen der Mittelschule und die Jugendlichen der Berufsintegrationsklassen an Beruflichen bzw. Berufsschulen in Bayern. Dieses neue Konzept hat zum Ziel, die Flüchtlinge und Asylbewerber in das deutsche Schulsystem zu integrieren, ihre Deutschkenntnisse zu fördern und sie auf einen späteren beruflichen Einsatz im naturwissenschaftlich-technischen Bereich vorzubereiten.

Gerade im Bereich der Beschulung von Flüchtlingen und Asylbewerbern ist der zeitliche Rahmen besonders knapp begrenzt. In ein bis zwei Schuljahren sollen die Lernenden im schlechtesten Fall vom Analphabeten ohne Deutschkenntnisse zu einem Teilnehmer am regulären deutschen Schul- und Ausbildungssystem werden. Das NESSI-Lab soll hierbei einen wesentlichen Anteil in Bezug auf den o.g. Bereich leisten. Es stellt sich also die Frage, wie sollte ein Lehr-Lern-Labor unter dem Aspekt eines sprachsensiblen Unterrichts im Fach Chemie gestaltet sein, um einen effektiven Lernzuwachs bei Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund zu erreichen?

Konzeption und Design

Aus dem NESSI-Lab heraus wurde auf diese Frage hin das Inter-NESSI entwickelt. Die Abkürzung „Inter“ steht dabei als Kürzel für die Integration von jungen Asylbewerbern und Flüchtlingen. Der Begriff „NESSI“ dient nun als Namensgeber für die Protagonisten in den neuen Versuchsanleitungen. Die Gestaltung dieser neuen Versuchsanleitungen wird ein Schwerpunkt der Ausarbeitung von Inter-NESSI sein (vgl. Abb. 1).

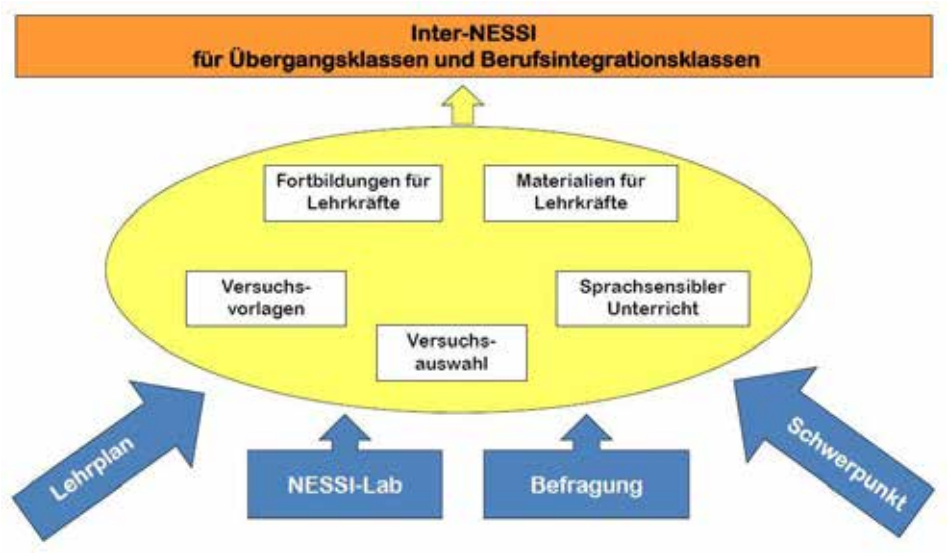


Abb. 1: Die Konzeption von Inter-NESSI im Überblick

Dabei werden fünf Freunde im Mittelpunkt stehen, zwei Deutsche und drei junge Menschen mit Migrationshintergrund. Diese treten in Form von kleinen Comics in Erscheinung als Teil des jeweiligen Arbeitsblattes – damit sind diese Comics eine zentrale Arbeitsgrundlage (vgl. Abb. 2). Hierbei konnten auch Erfahrungen aus unserem Kooperations-Projekt „Chemie – Umwelt – Nachhaltigkeit im Schülerlabor“ genutzt werden (Affeldt, Markic, Siol, Eilks, Fey, Huwer, Hempelmann, Urbanger, Kometz, Beck & Ducci, 2016).

Abb. 2: Beispiele für Comics zum Themenbereich „Feuer“

Die Schülerinnen und Schüler sollen alle für die Experimente notwendigen Informationen aus kurzen Gesprächen und Situationen jeweils zwischen 2 bis 3 Protagonisten entnehmen und dabei zugleich ihre sprachlichen Kenntnisse trainieren. Die Comics wird es entweder zum jeweiligen Experiment direkt, einem (experimentell zu lösenden) Problem oder einer Erklärung geben.

Neben diesen Neuerungen wird das Grundmuster des NESSI-Labs übernommen. Dazu gehört Bewährtes, wie die vier Themenbereiche Feuer, Wasser, Erde, Luft und die Konzeption der einzelnen Experimente – sowohl im Aufbau, wie auch in der Wahl der Materialien. Auch die Durchführung des Inter-NESSI soll wie im NESSI-Lab in Kleingruppen erfolgen, bei denen eine möglichst eigenverantwortliche und selbstständige Arbeit der Schüler und Schülerinnen gewährleistet ist. Es muss jedoch bei Bedarf eine Betreuung und Unterstützung durch die Lehrerinnen und Lehrer bzw. Studierenden erfolgen.
Einen besonderen Stellenwert in der Neukonzeption nimmt die sprachliche Herangehensweise ein. Wie auch im Lehrplan für die Berufsintegrations- und Sprachintensivklassen formuliert (Lehrplan für die Berufsintegrations- und Sprachintensivklassen, 2017), ist besonderer Wert auf die integrierte Sprachförderung im Unterricht allgemein und im naturwissenschaftlichen Unterricht im Speziellen zu legen. Mit Blick auf zukünftige Ausbildungs- und Arbeitsfelder der Schülerinnen und Schüler ist zudem die Förderung des Erlernens und Umgangs mit Fach- und Berufssprache notwendig. Aber auch eine allgemeine sprachliche Förderung – gerade bei den Lernenden im Anfangsunterricht – ist die Grundlage für eine erfolgreiche Integration in den deutschen (Schul-)Alltag. Deshalb wird der Schwerpunkt aus sprachlicher Sicht bei der Sprachsensibilität liegen (Leisen, 2012 und 2016 und Merzyn, 1998 und 2017). Bisherige Experimentieranleitungen werden dazu entsprechend überarbeitet, aber auch gänzlich neue Materialien entwickelt und erprobt. Dazu gehört, dass die Gespräche innerhalb der Comics in lernergerechter und sprachsensibler Form gestaltet und vor allem bei den Erklärtexten textoptimierte Formulierungen notwendig sein werden. Im Sinne der Textoptimierung bietet sich darüberhinausgehend bei den Versuchsanleitungen aber auch ein abwechslungsreiches Scaffolding an, welches auch je nach Einsatz eine entsprechende Differenzierung ermöglicht. Dazu gehören z.B. Wortlisten, Bildergänzungen oder Formulierungshilfen. Einheitlich soll jedoch bei allen Experimenten der Einsatz von Hilfskärtchen mit Bildern und deutschen Fach(sprach)wörtern und ggf. verschiedenen Übersetzungen sein (vgl. Abb. 3). Letztere ermöglichen eine besonders große Differenzierbarkeit und Variabilität je nach Sprachstand und Heterogenität der jeweiligen Zielgruppe.

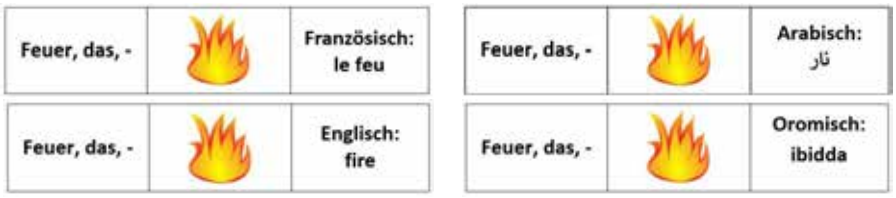


Abb. 3: Beispiele für Hilfskärtchen zum Themenbereich „Feuer“

Zusammenfassung und Ausblick

Das Projekt Inter-NESSI ist ein Ansatz zur Umgestaltung und Anpassung eines Schülerlabors, bedingt durch den Förderbedarf von Kindern mit Migrationshintergrund, jungen Flüchtlingen und Asylbewerbern. Zusätzlich soll das Projekt Lehrerinnen und Lehrer motivieren, sich der domänenübergreifenden Verknüpfung von naturwissenschaftlichem und Deutschunterricht zu öffnen und zugleich eine Orientierung geben, wie dieses Konzept gestaltet sein könnte. Das NESSI-Lab hat deshalb bereits begonnen, das reguläre Konzept im Sinne der Inklusion und Migration zu überdenken und umzustrukturieren.
Die begonnene Recherche und Orientierungsphase soll mit einer Vorstudie zur Erprobung neu entwickelter Unterrichtsmedien abgeschlossen werden. Es soll geprüft werden, ob dieses Konzept auch nachhaltige Chemie- und Deutschkenntnisse bei Lernenden ausprägt. Das Inter-NESSI kann somit die Möglichkeit bieten, neben Faktenwissen wichtige Kompetenzen wie Sozialkompetenz, Medienkompetenz und die Anwendung von Wissen zu trainieren.

Literatur

Affeldt, F., Markic, S., Siol, A., Eilks, I., Fey, S., Huwer, J., Hempelmann, R., Urbanger, M., Kometz, A., Beck, U. & Ducci, M. (2016). Schülerlaborangebote zur Umwelt- und Nachhaltigkeitsbildung für alle Schülerinnen und Schüler. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg, 488-490

Affeldt, F., Weitz, K., Markic, S. & Eilks, I. (2017). Metallische Gegenstände schützen und bewahren. Zugänge zu Experimenten mit Comics und sozialen Medien kreativ gestalten. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 161, 13-17

Frederking, V., Schwedt, G. & Kometz, A. (2013). Chemie, Sprache & Literatur. Fächerverbindende Perspektiven von Chemie- und Deutschunterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 138, 2-8

Jeremias, A. & Kometz, A. (2016). Außerschulisches Experimentieren – ein Schülerlabor im Schullandheim. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. Universität Regensburg, 500-502

Kometz, A. & Urbanger, M. (2009). Schülerlabor NESSI-Lab – ein Projekt zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung. In: D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung. Münster: LIT-Verlag, 277-279

Kometz, A., Pommerin-Götze, G. & Schmitt-Sody, B. (2011). Naturwissenschaften und Sprachlernen. Sprachförderung durch naturwissenschaftliche Experimente im Sommercamp Nürnberg. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 123, 34-37

Kometz, A. & Schmitt-Sody, B. (2011). Differenzierung im Chemieunterricht. In: Eisenmann, M. & Grimm, T. (Hrsg.), Heterogene Klassen – Differenzierung in Schule und Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren, 137-154

Kometz, A., Bauer, N., Schmitt-Sody, B. & Scheffler, F. (2013) Medienbildung in der Chemiedidaktik. In: Pirner, M. (Hrsg.), Pfeifer, W. (Hrsg.) & Uphues, R. (Hrsg.), Medienbildung in schulischen Kontexten. Erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven. München: kopaed, 363-384

Leisen, J. (2012). Praktische Ansätze schulischer Sprachförderung – Der sprachsensible Fachunterricht. In: Bodensteiner, P. (Hrsg.) & Zöller, A. (Hrsg.), Begegnen, Verstehen, Zukunft sichern – Beiträge der Schule zu einem gelungenen kulturellen Miteinander, München: Hanns-Seidel-Stiftung, 29-42

Leisen, J. (2016). Sprachsensibilität im Fachunterricht. In: Pädagogik•Leben 2-2016, 13-15

Lehrplan für die Berufsintegrations- und Sprachintensivklassen (2017). http://www.isb.bayern.de/download/19735/lp_berufsintegrationsklassen_07_2017.pdf (Letzter Zugriff: 8. Oktober 2017)

Merzyn, G. (1998). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. Teil 1. Dem Andenken an M. Lichtfeldt gewidmet. In: Physik in der Schule 36 (1998) 6, 203-206

Merzyn, G. (1998). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. Teil 2. In: Physik in der Schule 36 (1998) 7-8, 243-247

Merzyn, G. (1998). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht. Teil 3. In: Physik in der Schule 36 (1998) 9, 284-287

Merzyn, G. (2017). Fachbestimmte Lernwege zur Förderung der Sprachkompetenz. https://www.schulentwicklung.nrw.de/cms/upload/sprachsensibler_FU/Fachbestimmte_Lernwege_zur_Foerderung_der_Sprachkompetenz_Naturwissenschaften_Mercyn.pdf (Letzter Zugriff: 8. Oktober 2017)

Schmitt-Sody, B. & Kometz, A. (2011). NESSI- Transfer - Öffnung eines Schülerlabors für Förderschulen. In: D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Münster: LIT-Verlag, 552-554

Schmitt-Sody, B. & Kometz, A. (2012). Experimentieren mit Förderschülern im NESSI-Lab. In: S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Münster: LIT-Verlag, 131-133

Schmitt-Sody, B. & Kometz, A. (2013). Sprachliche Hindernisse bei Förderschülern im Chemieunterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 138, 36-39

Schmitt-Sody, B., Urbanger, M. & Kometz, A. (2015). Experimentieren mit Förderschülern – eine besondere Herausforderung in einem Schülerlabor und ein kleiner Beitrag für die Inklusion. In: Chemie & Schule 30, 5-10

Schmitt-Sody, B. & Kometz, A. (2014). NESSI-Transfer – Öffnung eines Schülerlabors für Förderschulen. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN, 61-63

Thomas Baumann Technische Universität Dortmund
Insa Melle

Multimediale Lernumgebungen im heterogenen Chemieunterricht Konzeption und Evaluation

Motivation

Seit der Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention (Deutsches Institut für Menschenrechte, 2009) in Deutschland wird Menschen mit Behinderung gesetzlich das Recht auf gleichwertige Teilhabe am Schulleben zugesprochen. Im Jahr 2013 wurde das Schulgesetz z. B. in NRW geändert. Damit wird jedem Schüler ein Platz an einer allgemeinen Schule angeboten (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2013). Durch die Verabschiedung dieser Gesetze werden die Lerngruppen zunehmend heterogener. Diese Rahmenbedingungen haben u. a. zur Folge, dass für die Schülerinnen und Schüler individuell angepasste Vorkehrungen getroffen werden müssen, die Teilhabe am Schulleben, am Unterricht und an den behandelten Inhalten ermöglichen. Die UN-Behindertenrechtskonvention fordert, dass geeignete, ergänzende und alternative Verfahren, Ressourcen und Materialien, zur Unterstützung des Lernprozesses gefunden werden müssen. Die Idee für eine solche alternative Methode ist eine multimediale, digitale, individuelle und universell zugängliche Lehreinheit.

In den USA wurde das *Universal Design for Learning* (UDL) (Center of Applied Special Technology, 2012) entwickelt, welches eine Grundlage zum Planen und Gestalten von inklusivem Unterricht darstellt (Schlüter, Melle & Wember, 2016; Michna, Melle & Wember, 2016). Neue Technologien nehmen im UDL einen besonderen Stellenwert ein. Werden diese an geeigneter Stelle im Unterricht eingesetzt, unterstützen sie das Lernen und bieten vielfältige Zugänge zum Unterricht und zu den Inhalten (Meyer, Rose & Gordon, 2014).

Basierend auf einer Unterrichtseinheit zum Thema *Chemische Reaktion*, die von Michna nach den Richtlinien des UDL entwickelt worden ist (Michna & Melle, 2016), wurde ein Lernprogramm (Kerres, 2013) konzipiert. Die Inhalte der Unterrichtseinheit werden unter Einbezug neuer Technologien modifiziert und erweitert. Für die Gestaltung des Lernprogramms wird die Autorensoftware *Mediator 9.0* (MatchWare A/S, 2016) benutzt. Neben freien Gestaltungsmöglichkeiten der Informationspräsentation bietet die Software die Möglichkeit interaktive Elemente zu implementieren.

Digitale Medien bieten verschiedene Möglichkeiten für den Unterricht. Sie ermöglichen indirekte Erfahrungen, wo direkte Erfahrungen nicht möglich sind, beispielsweise kann ein komplexes Experiment dargestellt werden, welches in der Schule nicht durchgeführt werden kann (Tulodziecki & Herzig, 2004). Medien können zur Individualisierung und Differenzierung von Lernenden eingesetzt werden, zum Beispiel wenn ein Lerncomputer zur Verfügung gestellt wird und die Schülerinnen und Schüler in ihrem eigenen Tempo lernen können (Tulodziecki, 2003). Darüber hinaus nutzen viele Medien gleichzeitig mehrere Kanäle im Sinne des mehrkanaligen Lernens, was die Behaltensleistung erhöhen kann (Paivio, 1990). Tatsächlich werden Computer als prothetische Instrumente in Förderschulen bereits häufiger eingesetzt als in regulären Schulen. Die Schülerinnen und Schüler können durch den Einsatz von Computern zum Lesen, Schreiben und Lösen von Aufgaben unterstützt werden (Mihajlovic, 2012). Metaanalysen konnten zeigen, dass die Lerndauer um etwa 30 % reduziert werden kann, wenn mit dem Computer gelernt wird (Kerres, 2013;

Kulik & Kulik, 1991). Die durchschnittliche Effektivität des Lernens mit Medien ist positiv, jedoch wurde von (Hattie, 2008) nur ein durchschnittlicher statistischer Effekt (Cohens d = .37) ermittelt.

Forschungsdesign und Instrumente

Das Ziel der hier beschriebenen Einheit ist es, das Basiskonzept *Chemische Reaktion* für den Anfangsunterricht Chemie an Gesamtschulen einzuführen. Es stellt sich nun die Frage nach dem Lernzuwachs und dem Nutzungsverhalten der Lernenden bei Anwendung der Lernsoftware. Um dies zu erheben wurden folgende übergeordnete Forschungsfragen formuliert.

- Eignet sich die Lernsoftware zum Erwerb von Fachwissen?
- Empfinden die Schülerinnen und Schüler das Lernen mit der Lernsoftware als attraktiv?
- Werden die Lernsoftware und deren Funktionen sinnvoll genutzt?

Die Untersuchung wird in einem Pre-Post-Follow-Up-Design durchgeführt. Eine Woche vor der Intervention wurde ein Fachwissenstest (Michna & Melle, 2016) sowie der CFT 20 (Weiß, 1998) zur Bestimmung kognitiver Fähigkeiten und ein Fragebogen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts in den Fächern Chemie und Mathematik (Rost, Sparfeldt & Schilling, 2007) eingesetzt. Bei dem Fachwissenstest handelt es sich um einen Multiple-Choice-Test mit 24 Items (Cronbach´s $\alpha = .742$). Die Intervention umfasst drei Doppelstunden à 90 Minuten. In der ersten Doppelstunde wird die erste Hälfte der Lernsoftware mit den Themen *Chemische Reaktion*, *Reaktionsgleichung* und *Physikalische Vorgänge* von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet. Während der Intervention wird die Aktivität, die auf dem Bildschirm zu sehen ist, von sechs Lernenden aufgezeichnet. Zusätzlich wird die Einstellung der Schülerinnen und Schüler zur Lernsoftware mit einem Einstellungstest (30 Items auf einer 5-stufigen Likert-Skala, Cronbach´s $\alpha = .908$) erhoben. In der folgenden Doppelstunde führen die Schülerinnen und Schüler Experimente durch, die das Gelernte der ersten Doppelstunde vertiefen und einen Ausblick auf die folgende Doppelstunde gewähren. Die Experimentieranleitungen sind ebenfalls nach den Prinzipien des UDL gestaltet worden. Anschließend wird in der folgenden Doppelstunde die zweite Hälfte der Lernsoftware mit den Themen *Oxidation*, *Massenerhaltung* und *Teilchenebene* von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet. Dabei werden sechs Bildschirmvideos aufgezeichnet. Nach der Doppelstunde wird der Einstellungstest erneut eingesetzt. Eine Woche später werden der Post-Test und drei Wochen später der Follow-Up-Test eingesetzt. Für die Analyse der Bildschirmaufzeichnungen wurde ein Kodiermanual entwickelt. Nach der Intervention wurden Experteninterviews mit den Lehrkräften der Klassen durchgeführt.

Ausgewählte erste Ergebnisse

Beide Teile der Software konnten bislang in einer siebten und einer achten Gesamtschulklasse und einer Kleingruppe aus einer siebten Klasse in NRW im Anfangsunterricht Chemie erprobt werden ($N = 61$). Die Lernsoftware eignet sich zum Erwerb von Fachwissen ($n = 37$, $\alpha = .742$, $M_{Pre} = .28$, $M_{Post} = .46$, $p < .001$, $\varphi = 0.83$). An der Intervention waren acht Schülerinnen und Schüler mit verschiedenen Förderbedarfen beteiligt. Sie konnten ebenfalls signifikant Fachwissen erwerben ($n = 8$, $M_{Pre} = .21$, $M_{Post} = .34$, $p = .020$, $\varphi = 0.82$). Die Lernenden bewerten auf einer 5-stufigen Likert-Skala von 1 = sehr zutreffend (positiv) bis 5 = sehr unzutreffend (negativ) den ersten Teil der Lernsoftware mit $M_{Teil\,1} = 1.83$ und den zweiten Teil mit $M_{Teil\,2} = 1.85$. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Teilen der Lernsoftware festgestellt werden ($p = .766$, $\varphi = 0.04$). Die Auswertung der Bildaufnahmen ist noch nicht abgeschlossen. Es zeigte sich, dass die Schülerinnen und Schüler im Mittel $M_{Teil\,1} = 59{,}3$ Minuten für die Bearbeitung des ersten Teils der Lernsoftware ($n = 18$, $SD = 10{,}1$ Minuten) und für den

zweiten Teil $M_{Teil\,2} = 46{,}8$ ($n = 18$, $SD = 9{,}8$ Minuten) benötigten. Weiterhin konnte aus subjektiven Beobachtungen geschlossen werden, dass die Schülerinnen und Schüler die Lernsoftware intuitiv nutzten und dass das Lernen mit der Lernsoftware eine ruhige Arbeitsatmosphäre erzeugte.

Diskussion und Schlussfolgerung

Das Fachwissen zum Thema chemische Reaktionen kann mit der multimedialen Lernumgebung bei Schülerinnen und Schülern mit und ohne Förderbedarf signifikant gesteigert werden. Der Einstellungstest bestätigt, dass die Schülerinnen und Schüler das Lernen mit dem Lernprogramm als attraktiv wahrnehmen und es öfter zum Lernen nutzen möchten. Die Ergebnisse des Einstellungstests deuten darauf hin, dass der mehrfache Einsatz einer digitalen Lerneinheit nicht zu einer Abnahme der positiven Einstellung gegenüber der Lerneinheit führt. Die Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler über den Einstellungstest und der Lehrkräfte in den Interviews zeigen, dass die Arbeitsatmosphäre als sehr positiv und ruhig wahrgenommen wird. Ob die UDL-Funktionen genutzt werden, wurde noch nicht abschließend analysiert. Die zweite Lerneinheit wurde schneller von den Lernenden bearbeitet als die erste Lerneinheit. Dies kann auf einen Übungseffekt hindeuten. Möglicherweise kennen die Schülerinnen und Schüler die grundlegenden Funktionen und Strukturen der Lernumgebung und können die Inhalte schneller erarbeiten.

Ausblick

Die Bildschirmaufnahmen werden derzeit im Detail analysiert. Das Nutzungsverhalten der Schülerinnen und Schüler wurde mit der Think-Aloud-Methode erfasst (Schulze Kersting, 2017). Zur weiteren Analyse des Umgangs der Schülerinnen und Schüler mit der Lernumgebung wurde die Eye-Tracking-Methode eingesetzt. Daraus lassen sich Rückschlüsse auf das Nutzungsverhalten der Lernenden, aber auch auf Gestaltprinzipien für die digitale Lernumgebung ziehen, die nach den Prinzipien des UDL gestaltet worden ist (Böing, 2017). Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, inwieweit die Lernsoftware als Alternative zum traditionellen Unterricht für heterogene Lerngruppen und Schülerinnen und Schüler mit und ohne Förderbedarfen nutzbar und gewinnbringend sein kann. Die Stichprobe wird für eine umfassendere Evaluation des Programms zukünftig noch weiter vergrößert.

Literaturverzeichnis

Böing, J., 2017. Analyse des Nutzungsverhaltens von Schülerinnen und Schülern bei der Anwendung einer Lernsoftware zum Thema „Chemische Reaktionen“. Entwicklung von Instrumenten. Unveröffentlichte Masterarbeit. TU Dortmund.

Center of Applied Special Technology, 2012. Universal Design for Learning Guidelines version 2.0. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar unter http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines/downloads.

Deutsches Institut für Menschenrechte, 2009. Behindertenrechtskonvention (CRPD). Online verfügbar unter http://www.institut-fuer-menschenrechte.de/menschenrechtsinstrumente/vereinte-nationen/menschenrechtsabkommen/behindertenrechtskonvention-crpd/#c1945.

Hattie, J., 2008. Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analysis relating to achievement. New York: NY: Routledge.

Kerres, M., 2013. Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. München: Oldenbourg.

Kulik, C.-L. & Kulik, J., 1991. Effectiveness of computer-based instruction: An update analysis. Computers in Human Behavior, 7, 75 – 94.

MatchWare A/S, 2016. Mediator 9.0. Online verfügbar unter http://www.matchware.com/ge/products/mediator/.

Meyer, A., Rose, D. H. & Gordon, D., 2014. Universal design for learning: Theory and practice. Wakefield MA: CAST. Online verfügbar unter http://udltheorypractice.cast.org/home?2.

Michna, D. & Melle, I., 2016. Inklusiver Chemieunterricht in der Sekundarstufe I - Konzeption und Evaluation. In C. Maurer (Ed.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. 14. bis 17. September 2015, GDCP-Jahrestagung in Berlin. Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Berlin. Universität Regensburg, 422 – 424.

Michna, D., Melle, I. & Wember, F. B., 2016. Gestaltung von Unterrichtsmaterialien auf Basis des Universal Desgin for Learning. Am Beispiel des Chemieanfangsunterrichts in der Sekundarstufe I. Sonderpädagogische Förderung heute, 61 (3), 286 – 303.

Mihajlovic, C., 2012. Die Nutzung von Computer und Internet an Förderschulen. merz.medien + erziehung, 56 (01/12), 25 – 31.

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2013. Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen. Online verfügbar unter https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Recht/Schulrecht/Schulgesetz/, zuletzt aktualisiert am 2013.

Paivio, A., 1990. Mental representations. A dual coding approach. Oxfort: Oxford Univ. Press.

Rost, D. H., Sparfeldt, J. R. & Schilling, S. R., 2007. DISK-Gitter mit SKSLF-8. Differentielles Schulisches Selbstkonzept-Gitter mit Skala zur Erfassung des Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten. Göttingen: Hogrefe.

Schlüter, A.-K., Melle, I. & Wember, F. B., 2016. Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens. Universal Design for Learning. Sonderpädagogische Förderung heute, 61 (3), 270 – 285.

Schulze Kersting, P., 2017. Eine Lernsoftware zum Thema "Chmiesche Reaktionen" für den Chemieunterricht in heterogenen Lerngruppen. Analyse der Benutzerfreundlichkeit. Unveröffentlichte Masterarbeit. TU Dortmund.

Tulodziecki, G., 2003. Digitale Medien – veränderte Schule? In R. Keil-Slawik & M. Kerres (Eds.), Wirkungen und Wirksamkeit Neuer Medien in der Bildung. Münster: Waxmann, 259 – 273.

Tulodziecki, G. & Herzig, B., 2004. Handbuch Medienpädagogik // Mediendidaktik. Medien in Lehr- und Lernprozessen. Stuttgart: Klett-Cotta.

Weiß, R. H., 1998. Grundintelligenztest Skala 1 (CFT 20). Göttingen: Hogrefe.

Annemarie May
Prof. Dr. Insa Melle
Technische Universität Dortmund

Wirksamkeit von Feedback-Maßnahmen im Chemieunterricht der Sek. I

Einleitung

Die formative Beurteilung von Lernprozessen meint eine lernprozessbegleitende Diagnose des Kompetenzstandes und der Lernstrategien der Lernenden, die ein systematisches Feedback ermöglicht (Shepard, 2000; Cowie & Bell, 2001; OECD, 2005; Jürgens & Lissmann, 2015). Im Sinne einer individuellen Förderung kann die formative Beurteilung als zyklischer Prozess aus Kompetenzmessung, Diagnose, Rückmeldung und Zielsetzung verstanden werden, der durch die aktive Teilnahme der Lernenden an allen Schritten des Prozesses an Effektivität gewinnt (Stiggins & Chappuis, 2005). Insbesondere Rückmeldungen in Form eines Feedbacks scheinen einen starken Einfluss auf die Lernleistung zu haben (Hattie & Timperley, 2007; Rakoczy et al., 2008).

Theoretische Fundierung

Im Jahr 2001 wurde von der Kultusministerkonferenz ein Maßnahmenkatalog verabschiedet, der die Implementation individueller Fördermaßnahmen in die Schulpraxis in Deutschland vorsah (KMK, 2002). Daran anschließend trat mit der Verankerung des Rechts jedes Lernenden auf eine individuelle Förderung in den Schulgesetzen der Länder ein einklagbares Grundrecht in Kraft, das die verpflichtende Förderung jedes Einzelnen entsprechend seiner Leistungsstärke, Kompetenzen, Fähigkeiten, Neigungen und weiteren individuellen Voraussetzungen vorsieht (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW, 2005). Im selben Jahr veröffentlichte die OECD einen Bericht, der zur flächendeckenden Implementation der formativen Beurteilung in den Schulen auffordert, um die Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern individuell begleiten und fördern zu können (OECD, 2005). Durch die formative Beurteilung von Lernprozessen konnten positive Effekte auf die Motivation und Lern- und Leistungsentwicklung nachgewiesen werden (Stiggins, 2007). Weitere Studien zeigen, dass die formative Beurteilung die Selbstständigkeit und das Selbstwertgefühl der Lernenden steigern kann (Black & Wiliam, 1998). Als zentrales Element der formativen Beurteilung wird immer wieder das Feedback an die Lernenden genannt (McMillan, 2010; Wiliam & Leahy, 2007). Feedback scheint einen starken Einfluss auf die Lernleistung zu haben und gilt als essentielle Einflussgröße von effektiven Lehr- und Lernprozessen (Hattie & Timperley, 2007; Rakoczy et al., 2008). Vor diesem Hintergrund wird in dem Projekt eine Unterrichtseinheit für die Sekundarstufe I entwickelt und evaluiert, die auf Basis der formativen Beurteilung von Lernprozessen gestaltet ist und verschiedene Feedback-Maßnahmen enthält. Die Unterrichtseinheit behandelt den Themenbereich Atombau und beinhaltet unterschiedliche Feedback-Maßnahmen für drei Gruppen von Lernenden, um einen Vergleich von lehrergeleitetem und selbstreguliertem Feedback zu ermöglichen.

Forschungsfragen

Im Rahmen der Unterrichtseinheit soll untersucht werden, ob die Durchführung der Einheit das unmittelbare und nachhaltige Fachwissen der Lernenden steigern kann und ob die Bearbeitung verschiedener Feedback-Maßnahmen zu einem unterschiedlichen Fachwissenszuwachs, zu einer unterschiedlichen Bearbeitungsqualität und zu einer unterschiedlichen Einstellung führt. Ebenso wird die Passung der verschiedenen Feedback-Maßnahmen für bestimmte kognitive Niveaus der Lernenden untersucht.

Ausgewählte Test- und Auswertungsinstrumente

Das *Fachwissen* wird mit Hilfe eines Multiple-Choice-Tests (Cronbachs α = .812) erfasst. Dieser beinhaltet 25 Items mit einer korrekten Antwort von fünf (Holländer & Melle, 2012) und wird zu einem Zeitpunkt vor (Pre) und zu zwei Zeitpunkten nach (Post, Follow-up) der Intervention eingesetzt. Jeweils vor der Intervention werden die kognitiven Fähigkeiten mit dem CFT 20 (Weiß, 1998) und das schulische Selbstkonzept in den Fächern Chemie und Mathematik mit dem DISK-GITTER (Rost et al., 2007) erfasst. Die Einstellung zu der Unterrichtsreihe und zu den Feedback-Maßnahmen wird mit 43 Items (Subskala Unterrichtsreihe 31 Items, Subskala Vortrag 6 Items, Subskala Feedback-Maßnahmen 6 Items) nach der Intervention erhoben, wobei eine 5-stufige Likert-Skala von 1 = *stimme voll zu* (positiv) bis 5 = *stimme gar nicht zu* (negativ) verwendet wurde (Cronbachs α_{ges} = .950, Cronbachs $\alpha_{Unterrichtsreihe}$ = .945, Cronbachs $\alpha_{Vortrag}$ = .806, Cronbachs $\alpha_{Feedbackmaterial}$ = .819). Weiterhin wurde ein Kodiermanual zur Untersuchung der Bearbeitungsqualität der Schülerarbeitsmaterialien (ICC_{unjust} = .971) entwickelt. Dazu wurden alle von den Probanden bearbeiteten Feedback-Maßnahmen eingescannt und auf einer 4-stufigen Likert-Skala (von 1 = *nicht zufriedenstellend* bis 4 = *sehr gut*) bewertet. Zusätzlich wurde ein Kodiermanual zur Auswertung von Schüler- und Lehrerinterviews entwickelt, die nach der Intervention geführt wurden (ICC_{unjust} = .950).

Erste Ergebnisse

Die Datensätze sind noch nicht vollständig ausgewertet, sodass sich diese ersten Ergebnisse im Verlauf der Auswertung noch verändern können.

Stichprobe

Die Hauptuntersuchung wurde mit zehn 8. Klassen an Gymnasien durchgeführt, die Stichprobengröße beträgt N = 185 (94 Mädchen und 91 Jungen). Für die Auswertung wurden die Daten derjenigen Probanden berücksichtigt, die sowohl an der Intervention als auch an der Pre-, Post- und Follow-up-Testung teilgenommen haben.

Untersuchungsdesign

Die Hauptuntersuchung wurde als experimentelles Design mit drei Interventionsgruppen durchgeführt. Die Interventionsgruppen bestehen aus Lernenden einer Klasse, die zur Gruppeneinteilung nach dem kognitiven Niveau und dem Vorwissen parallelisiert wurden. Zum ersten Messzeitpunkt werden die kognitiven Fähigkeiten, das schulische Selbstkonzept und das Fachwissen der Probanden erfasst. Danach erfolgt die Intervention mit sechs Unterrichtsstunden à 90 Minuten. Für die Durchführung der Intervention erhielten die Lehrkräfte Unterrichtskizzen für jede Unterrichtseinheit und die Schülerarbeitsmaterialien. Während der Intervention wird ein Zyklus aus Beurteilung, Diagnose, Rückmeldung und Förderung mehrfach durchlaufen. Dazu findet am Ende einer Unterrichtseinheit eine 15-minütige Testphase statt, in der von den Lernenden aller Gruppen ein Kompetenztest bearbeitet wurde. Zu Beginn der nächsten Unterrichtseinheit erhielt die Feedbackgruppe (FB) einen Feedbackbogen mit individuellem, elaboriertem Feedback und die Lösungsbogengruppe (LB) einen Lösungsbogen, um sich selbstständig zu korrigieren. Die Lernenden der Ohne-Rückmeldungsgruppe (OR) haben die Möglichkeit die Bearbeitung der Aufgaben des Kompetenztests fortzusetzen. Die Dauer dieser Arbeitsphase beträgt zehn Minuten. Darauf folgt ein kurzer lehrerzentrierter Vortrag in Form einer Power-Point-Präsentation (fünf Minuten), der den Inhalt des Kompetenztests zusammenfasst. Danach arbeiten die Lernenden aller Gruppen gemeinsam an der Erarbeitung weiterer thematischer Inhalte und ein neuer Zyklus aus Bewertung, Diagnose, Rückmeldung und Förderung schließt sich an. Die gesamte Intervention bestand aus drei solcher Zyklen. Eine Woche nach der Intervention wurden das Fachwissen und die Einstellung zur Unterrichtsreihe und den

Feedback-Maßnahmen erhoben (Post). Vier Wochen später erfolgt der dritte Einsatz des Fachwissenstests (Follow-up).

Auswertung

Zur Überprüfung der ersten Forschungsfrage wurde der prozentuale Anteil richtiger Antworten im Fachwissenstest betrachtet. Daraus resultiert, dass die Lernenden aller Gruppen sowohl unmittelbar (n_{FB} = 60, M_{pre}= .30, M_{post} = .60, p < .001, φ = .83; n_{LB} = 62, M_{pre} = .30, M_{post} = .59, p <. 001, φ = .82; n_{OR} = 63, M_{pre} = .30, M_{post} = .59, p <. 001, φ = .85) als auch nachhaltig (n_{FB} = 60, M_{pre}= .30, $M_{Follow\text{-}up}$ = .59, p < .001, φ = .83; n_{LB} = 62, M_{pre} = .30, $M_{Follow\text{-}up}$= .61, p <. 001, φ = .85; n_{OR} = 63, M_{pre} = .30, $M_{Follow\text{-}up}$= .60, p <. 001, φ = .85) signifikant dazulernen. Im Gruppenvergleich zeigt sich weder im unmittelbaren (p_{res} = .947; η^2 = .001) noch im nachhalten (p_{res} = .820; η^2 = 0.002) Fachwissenszuwachs ein Unterschied zwischen den drei Gruppen. Für die Bearbeitungsqualität konnten signifikante Unterschiede durch die konzipierte Unterrichtsreihe zwischen den drei Gruppen zugunsten der LB gegenüber der OR festgestellt werden bezogen auf das Gesamturteil der Schülerarbeitsmappe (n_{FB} = 60, n_{LB} = 62, n_{OR} = 63; M_{FB} = 3.17, M_{LB} = 3.21, M_{OR} = 2.85; p = 0.021, η^2 = 0.042). Hinsichtlich der Einstellung gegenüber der Unterrichtseinheit, Materialien und Feedback-Maßnahmen zeigt sich, dass die Lernenden aller Gruppen die Unterrichtseinheit und Materialien ähnlich positiv bewerten (n_{FB} = 60, n_{LB} = 62, n_{OR} = 63; M_{FB} = 2.46, M_{LB} = 2.66, M_{OR} = 2.62).

Vier-Gruppen-Vergleich

An einer der teilnehmenden Schule bestand die Möglichkeit neben den oben genannten drei Gruppen noch eine weitere vierte Gruppe (Vergleichsgruppe (VG)) während der Intervention zu generieren. Dies sind Lernende einer Parallelklasse, die von derselben Lehrkraft unterrichtet wurden. Die VG führt die Unterrichtsreihe wie die FB, LB und OR durch, jedoch ohne Kompetenztests zu schreiben, Feedbackmaterial zu erhalten bzw. den Lehrervortrag zu hören. Hierbei konnten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen FB und VG bzw. LB und VG festgestellt werden, und zwar jeweils zugunsten der FB- und LB-Gruppe bezogen auf die Pre-Post-Residuen (n_{FB} = 14, n_{LB} = 14, n_{OR} = 14, n_{VG} = 16; M_{FB} = 0.45, M_{LB} = 0.26, M_{OR} = - 0.09, M_{VG} = - 0.79; p = 0.008, η^2 = 0.212). Dieses Ergebnis ist mit Vorsicht zu betrachten, da nur eine kleine Stichprobe vorliegt. Hier deutet sich jedoch ein großer Effekt an, wobei der Unterschied zwischen den bisher eingesetzten Feedbackmaterialien zwar nicht stark zu sein scheint, wohl aber der Unterschied zu einer Gruppe ohne Feedback- bzw. Fördermaterial.

Fazit und weitere Schritte

Die ersten Ergebnisse der Hauptuntersuchung lassen darauf schließen, dass der große zeitliche Aufwand des individuellen, elaborierten Feedbacks wenig ertragreich erscheint gegenüber dem weniger aufwändigen Einsatz von Lösungsbögen. Aus dem Vergleich der vier Gruppen kann geschlossen werden, dass der zusammenfassende und wiederholende Lehrervortrag und die ausgeschärften Materialien, die alle Gruppen erhielten, möglicherweise Unterschiede im Fachwissen der Schülerinnen und Schüler der unterschiedlichen Gruppen ausgleichen konnten.

Im weiteren Verlauf werden die Ergebnisse zum Fachwissenszuwachs, der Einstellung und der Bearbeitungsqualität getrennt nach kognitiven Niveaus der Schülerinnen und Schüler auswertet. Zudem ist eine weitere Untersuchung geplant für das kommende Schuljahr 2017/2018, um die Kombination aus Feedback mit anschließendem Lehrervortrag zu untersuchen, wobei eine Realisierung der beiden Gruppen (Feedback mit Lehrervortrag und Feedback ohne Lehrervortrag) in jeder Klasse vorgesehen ist und der Umgang mit dem Feedbackmaterial durch Videoaufzeichnungen analysiert werden soll.

Literatur

Black, P. & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Asessment, Evaluation, and Accountability*, 21, 5-31.

Cowie, B. & Bell, B. (2001). *The characteristics of formative assessment in science education*. Science Education. 85(5). S. 536-553.

Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.

Holländer, M. & Melle, I. (2012). Die Effektivität des Advance Organizers im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 1, 44-52.

Jürgens, E. & Lissmann, U. (2015). *Pädagogische Diagnostik*. Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.

Kultusministerkonferenz KMK (2002). PISA 2000 – Zentrale Handlungsfelder. Zusammenfassende Darstellung der laufenden und geplanten Maßnahmen in den Ländern. Zugriff am 13.10.2017. Retrieved from http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2002/massnahmen.pdf

McMilllan J. H. (2010). The Practical Implications of Educational Aims and Contexts for Formative Assessment. In: H. L. Andrade & G. J. Cizek (Eds.), *Handbook of Formative Assessment* (pp. 41-58). New York: Taylor & Francis.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW (2005). *Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (SchulG-NRW)*. In der Fassung vom 15. Februar 2005 (GV. NRW. S. 102), zuletzt geändert am 13. November 2012 (GV. NRW. S. 514). Retrieved from http://www.schulministerium.nrw.de/docs/Recht/Schulrecht/Schulgesetz/Schulgesetz.pdf

OECD (2005). *Formative Assessment: Improving Learning in Secondary Classrooms*. Zugriff am 13.10.2017. Retrieved from https://www.oecd.org/edu/ceri/35661078.pdf

Rakoczy, K., Klieme, E., Bürgermeister, A. & Harks, B. (2008). The Interplay Between Student Evaluation and Instruction – Grading and Feedback in Mathematics Classrooms. *Journal of Psychology*, 216(2), 111-124.

Rost, D. H., Sparfeldt, J. R. & Schilling, S. R. (2007). *DISK-GITTER mit SKSLF-8*. Differentielle Schulisches Selbstkonzept-Gitter mit Skala zur Erfassung des Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten. Göttingen: Hogrefe.

Sheppard, L. A. (2000). The Role of Assessment in a Learning Culture. *Educational Researcher*, 29 (7), 4-14.

Stiggins, R. J. (2007). Conquering the Formative Assessment Frontier. In H. McMillan (Eds.), *Formative Classroom Assessment: Theory into practice* (pp. 8-28). New York: Taylor & Francis.

Stiggins, R. J. & Chappuis, S. (2005). Putting Testing in Perspective: It's for Learning. *Principal Leadership*, 6(2), 16-20.

Weiß, R. H. (1998). *Grundintelligenztest Skala 2 (CFT20)*. Göttingen: Hogrefe.

Wiliam, D. & Leahy, S. (2007). A Theoretical Foundation for Formative Assessment. In H. McMillan (Eds.), *Formative Classroom Assessment: Theory into practice* (pp. 29-42). New York: Taylor & Francis.

Dennis Kirstein
Sebastian Habig
Maik Walpuski

Universität Duisburg-Essen

Umgang mit Leistungsheterogenität beim Experimentieren im Fach Chemie

Die immer vielfältigeren Lernvoraussetzungen von Schülerinnen und Schülern machen das Lehren und Lernen zu einem komplexen Tätigkeitsbereich im Handlungsfeld Schule. Nicht zuletzt erfährt ein produktiver Umgang mit Heterogenität aktuell auch im Kontext der inklusiven Schulentwicklung großen Zuspruch, sodass hier einmal mehr die Notwendigkeit adaptiver Lerngelegenheiten für individualisiertes Lernen im Fachunterricht hervorgehoben werden muss.

Jedoch steht der Fachunterricht in einem Spannungsfeld zwischen verbindlichen Bildungszielen (vgl. KMK, 2004, AAAS, 1990) und den Ansprüchen an die Berücksichtigung unterschiedlicher Voraussetzungen und Bedingungen seitens der Schülerinnen und Schüler (vgl. PISA 2015; IQB 2012). Für den Chemieunterricht liegt ein bedeutungsvoller Zugang zur Auseinandersetzung mit diesem Spannungsfeld in der leistungsbezogenen Dimension von Heterogenität (vgl. Trautmann & Wischer, 2011), da zahlreiche konzept- und prozessbezogene Kompetenzen erworben werden sollen. Von zentraler Bedeutung dafür sind im Chemieunterricht unter anderem die Experimentierphasen. Eine geeignete Lernumgebung, die die Kompetenzorientierung konzeptionell umsetzt, stellt das problemorientierte Experimentieren in Kleingruppen mit sogenannten Interaktionsboxen dar (Rumann, 2005; Walpuski, 2006; Habig, 2017). Zusätzlich tragen zentrale Aspekte wie die hohe Schülerorientierung, die Offenheit der Lernumgebung sowie Möglichkeiten für unterschiedliche Unterstützungsformate zu einer adaptiven Lernprozessgestaltung bei (vgl. Altrichter et al., 2009). Letzteres lässt sich beim Experimentieren mit Interaktionsboxen besonders durch den Einsatz geeigneter Maßnahmen zur Unterstützung umsetzen. Aus vorangegangenen Studien können an dieser Stelle die Optimierung der Strukturierung des Erkenntnisgewinnungsprozesses durch „Strukturierungshilfen“ (Walpuski, 2006; Wahser, 2007), die Unterstützung im Umgang mit Fehlern durch „Feedback“ (Walpuski, 2007), sowie die Förderung einer sachbezogenen Kommunikation innerhalb der Kleingruppen durch „Kommunikationsförderung“ (Knobloch, 2011) herangezogen werden.

Bezüglich möglicher Unterstützungsformate liegen zwar bereits Erkenntnisse zum Einfluss der Unterstützungsmaßnahmen „Strukturierungshilfen“, „Feedback“ und „Kommunikationsförderung“ auf den Lernerfolg vor (Walpuski, 2006; Wahser, 2007; Knobloch, 2011), allerdings sind diese bisher noch nicht auf die Unterschiede in der leistungsbezogenen Kleingruppenzusammensetzung bezogen worden. Eine systematische Auseinandersetzung bezieht sich dabei auf lernrelevante Merkmale von Leistung. Zusätzlich zum fachspezifischen Vorwissen als wichtige Voraussetzung für das Fachlernen nehmen auch die kognitiven Fähigkeiten hier eine entscheidende Rolle ein (vgl. Weinert, 1997). Insbesondere können diese ein bestimmtes Niveau im Vorwissen ausgleichen und somit auf den Lernprozess Einfluss nehmen (Weinert, 1997). Aus unterschiedlichen Studien können in diesem Zusammenhang besonders homogene Kleingruppen mit geringem Vorwissen, homogene Kleingruppen mit mittlerem Vorwissen und hohen kognitiven Fähigkeiten sowie heterogene Kleingruppen für eine systematische Untersuchung herangezogen werden (vgl. u. a. Lou et al., 2000; Gröhlich et., 2009).

Vor diesem Hintergrund wird in diesem Projekt der Frage nachgegangen, wie ein produktiver Umgang mit Leistungsheterogenität im Chemieunterricht insbesondere in Experimentierphasen gestaltet sein muss, um die Schülerinnen und Schüler gezielt fördern zu können. In einer ersten Teilstudie ist mit Hilfe quantitativer und qualitativer Methoden in einer Reanalyse untersucht worden, inwiefern mit bereits existierenden Unterstützungsmaßnahmen beim Experimentieren in Kleingruppen eine gezielte Förderung einzelner Kleingruppen in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung möglich ist.

Die Reanalyse wurde mit bereits vorliegenden Leistungs- und Prozessdaten vorangegangener Studien (Walpuski, 2006; Wahser, 2007; Knobloch, 2011) durchgeführt. Auf der Grundlage der Individualleistungen in den Tests zu Fachwissen und kognitiven Fähigkeiten wurden die Kleingruppen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung charakterisiert. Diese leistungsbezogene Kleingruppencharakterisierung wurde anschließend dazu genutzt, um Effekte unterschiedlicher Unterstützungsmaßnahmen auf den fachlichen Lernzuwachs statistisch zu untersuchen. Die Prozessdaten wurden anschließend herangezogen, um mögliche Erklärungsansätze für den besonderen Erfolg bestimmter Unterstützungsmaßnahmen in einer komparativen offenen Analyse (Grounded Theory, vgl. Glaser & Strauss, 2005) herauszuarbeiten.

Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Einfluss der eingesetzten Unterstützungsmaßnahmen auf den absoluten Lernzuwachs im Fachwissen für homogene Kleingruppen mit mittlerem Vorwissen und hohen kognitiven Fähigkeiten ($F(3, 39) = 4.128$; $p = .012$; $\eta^2 = .241$) und heterogene Kleingruppen ($F(3, 39) = 4.254$; $p = .011$; $\eta^2 = .247$), der stets zugunsten des Einsatzes von „Feedback“ ausfällt. Bei homogenen Kleingruppen mit geringem Vorwissen lässt sich ein ähnlicher, jedoch nicht signifikanter Trend beobachten ($F(3, 12) = 2.322$; $p = .152$; $\eta^2 = .465$). Die Analysen der Prozessdaten legen den Schluss nahe, dass in Kleingruppen mit einer Unterstützung durch „Feedback“ besonders häufig chemische Konzepte in den Lernprozess eingebunden werden und dieser auch viel stärker strukturiert ist. Auch wird das Feedback häufiger als Unterstützungsmaßnahme in den Lernprozess integriert. Für die gewonnenen Erkenntnisse über leistungsspezifische Effekte der bereits existierenden Unterstützungsmaßnahmen beim Experimentieren mit Interaktionsboxen gilt es jedoch, den Kontext der Stichprobe sowie der Datenerhebung genauer zu berücksichtigen. Die Analysen beziehen sich auf Daten zum Experimentieren mit Interaktionsboxen zur Säure-Base-Thematik in der Jahrgangsstufe 7 am Gymnasium. Vor diesem Hintergrund muss kritisch reflektiert werden, dass sich die Analysen auf Schülerinnen und Schüler mit einem höheren Leistungsniveau (Gymnasium) des ersten Lernjahres Chemie beziehen. Weiterhin muss die Begrenzung auf ein Thema berücksichtigt werden.

Insgesamt scheint eine Unterstützung durch Feedback unabhängig von der Kleingruppenzusammensetzung die beste Möglichkeit zur Förderung zu sein. Allerdings stellt die alleinige Verwendung einer Unterstützungsmaßnahme für alle Kleingruppen keine spezifische und adaptive Möglichkeit zur Unterstützung beim Experimentieren dar. Vielmehr gilt es Unterstützungsmaßnahmen gezielt und ausgehend von individuellen Bedürfnissen in den Kleingruppen evidenzbasiert und systematisch zu entwickeln.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse sowie der oben diskutierten Limitationen aus der ersten Teilstudie soll in einer anschließenden Teilstudie untersucht werden welche Unterstützungsmaßnahmen notwendig sind, um gezielt auf die Bedürfnisse einzelner Kleingruppen eingehen zu können. Dazu werden Interaktionsboxen zu unterschiedlichen Themen an Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen eingesetzt, um ausgehend von der

Leistungsstruktur dieser Schulform ein breiteres Leistungsspektrum erfassen zu können. Auf der Grundlage individueller Testergebnisse in geeigneten Leistungstests werden unterschiedliche Kleingruppen zusammengesetzt. Dazu wird das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler sowohl zu themenspezifischem Fachwissen als auch grundlegendem Basiskompetenzen im Fach Chemie (vgl. Celik, 2017) ermittelt. Zusätzlich werden weitere lernrelevante Aspekte für Fachleistung (u. a. Interesse, prozessbezogene Kompetenzen, kognitive Fähigkeiten) kontrollierend erhoben.

Die nach Vorwissen unterschiedlich zusammengestellten Kleingruppen werden während des Experimentierens mit Interaktionsboxen videographiert. Diese Prozessdaten werden anschließend dazu genutzt, um Schwierigkeiten beim Arbeiten mit Interaktionsboxen zu ermitteln und deren Zusammenhang zur leistungsbezogenen Kleingruppenzusammensetzung aufzuklären. Dieser Zusammenhang dient anschließend als Grundlage zur Entwicklung adaptiver Unterstützungsmaßnahmen, die abschließend im Rahmen einer letzten Teilstudie auf ihre Lernwirksamkeit und Adaptivität geprüft werden.

Literatur

American Association For The Advancement Of Science (AAAS). (1990). The Nature of Science. Abgerufen am 17. Mai 2016 von http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap1htm.

Altrichter, H., Trautmann, M., Wischer, B., Sommerauer, S., & Doppler, B. (2009). Unterrichten in heterogenen Gruppen: Das Qualitätspotential von Individualisierung, Differenzierung und Klassenschülerzahl. In W. Specht (Hrsg.), Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen (S. 341-369). Graz: Leykam.

Glaser, B., & Strauss, A. (2005). Grounded Theory-Strategien qualitativer Forschung (2. Korrigierte Auflage). (A. Paul, & S. Kaufmann, Übers.) Bern: Verlag Hans Huber.

Gröhlich, C., Scharenberg, K., & Bos, W. (2009). Wirkt sich Leitungsheterogenität in Schulklassen auf den individuellen Lernerfolg in der Sekundarstufe aus? Journal für Bildungsforschung Online (1), S. 86-105.

Habig, S. (2017). Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren. Berlin: Logos Verlag.

Knobloch, R. (2011). Analyse der fachlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. Berlin: Logos Verlag.

Lou, Y., Abrami, P. C., & Spence, J. C. (2000). Effects of Within-Class Grouping on Student Achievement: An Exploratory Model. The Journal of Educational Research 94 (2), S. 101-112

Rumann, S. (2005). Kooperatives Experimentieren im Chemieunterricht-Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik. Berlin: Logos Verlag.

Ständige Konferenz der Kulturminister (KMK). (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

Trautmann, M., & Wischer, B. (2011). Heterogenität in der Schule - Eine kritische Einführung. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften.

Wahser, I. (2007). Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Berlin: Logos Verlag.

Walpuski, M. (2006). Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback. Berlin: Logos Verlag.

Weinert, F. E. (1997). Leistungsmessung in Schulen. Weinheim: Beltz Verlag.

Lisa Schmitz Universität Paderborn
Sabine Fechner

Identifizierung von Schülerfragen beim Einsatz lebensweltlicher Kontexte

Ausgangslage

Ausgehend vom Kernlehrplan Chemie in NRW (MSW NRW, 2011) sowie kontextorientierten Lernansätzen wie etwa *Chemie im Kontext* (Demuth, Gräsel, Parchmann & Ralle, 2008) zeigt sich, dass die Fähigkeit des Fragenstellens sowie die Formulierung von Hypothesen bedeutende Komponenten der naturwissenschaftlichen Grundbildung darstellen (Chin & Osborne, 2008; Millar & Osborne, 1998). Bisherige Studien weisen in diesem Zusammenhang jedoch darauf hin, dass Lernende Schwierigkeiten im Äußern von Fragen haben (Almeida, 2012; Chin & Osborne, 2008; Graesser & Person, 1994; Dillon, 1988). Altersübergreifend wird die Tendenz deutlich, dass Lernende Fragen nur auf kognitiv einfachem Niveau stellen und im Vergleich zu Lehrkräften generell nur wenige Fragen formulieren. Folgernd stehen Lehrkräfte der Herausforderung einer effizienten Implementierung von Schülerfragen gegenüber (Vos, Taconis, Jochems & Pilot, 2011). Diese Studie soll demnach einen Beitrag zur Ermittlung individueller Schülerfragen beim Einsatz lebensweltlicher Kontexte leisten, um darauf aufbauend ihre Einsetzbarkeit sowie ihren Nutzen im Rahmen eines kontextorientierten Chemieunterrichts untersuchen zu können.

Theoretischer Hintergrund

Für die Fragengenerierung formulieren Almeida und Neri de Souza (2010) basierend auf Graesser und McMahen (1993) drei Phasen, welche zugleich eine mögliche Begründung für die Schwierigkeiten von Lernenden bei der Generierung eigener Fragestellungen liefern (Abb.1). Demnach müssen Lernende in der Lage sein ihre eigenen Wissenslücken zu erkennen, um daraus resultierend Fragen zu generieren. Dazu ist es unter anderem erforderlich, das eigene Wissen erweitern zu wollen und/oder Neugierde an der vorliegenden Thematik zu zeigen (Chin & Osborne, 2008; Graesser & Olde, 2003). Zudem ist die Formulierung des Verständnis- bzw. Wissenskonflikts sowie dessen Äußerung im sozialen Umfeld notwendig, um die Schließung von Wissenslücken zu ermöglichen. Zusätzlich beeinflussende Faktoren wie beispielsweise Vorwissen und Erfahrungen können dabei ebenfalls auf die Qualität einer Frage einwirken (Almeida, 2012). Coutinho und Almeida (2014) definieren die Qualität einer Frage unter anderem über den Öffnungsgrad, welcher charakterisiert ist durch sogenannte *geschlossene* oder *offene* Fragestellungen. Diese bestimmen, ob mehr als ein möglicher Lösungsweg für die Beantwortung einer Frage zulässig ist (Almeida, 2010). Verschiedene Studien haben sich bereits mit der Kategorisierung von Schülerfragen auseinandergesetzt und schlagen in diesem Zusammenhang unterschiedliche Kategoriensysteme vor, welche vorrangig die zugrundeliegende Bestimmung der Fragenqualität und den zugehörigen Öffnungsgrad berücksichtigen (Chin & Osborne, 2008). In kontextorientierten Lernansätzen sollen Schülerfragen jedoch für weitere Untersuchungen im Unterrichtsverlauf genutzt werden, um den entsprechenden Lernzyklus darauf aufbauend zu gestalten (Demuth et al., 2008). Daher liegt der Fokus der Fragenkategorisierung in dieser Studie auf der Einteilung nach Chin & Kayalvizhi (2002) und ihrer Klassifizierung von *untersuchbaren* und *nicht untersuchbaren* Fragen. Duggan und Gott (1995) sprechen im Zusammenhang mit einer Untersuchung von einer Art des Prob-

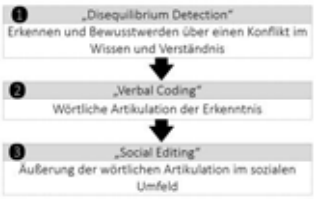


Abb. 1: Phasen der Fragengenerierung (basierend auf Almeida & Neri de Souza, 2010; Graesser & McMahen 1993)

lemlösens, bei der keine routinierte Methode zur Lösung vorliegt und somit keine offensichtliche Beantwortung einer Frage möglich ist. Ergänzend dazu sind Untersuchungen laut Lock (1990) Experimente, die eine Beteiligung der Lernenden erfordern und ein Beweismittel für die Beantwortung einer Frage darstellen. Nur wenige Studien fokussieren in diesem Zusammenhang auf die Art von Schülerfragen und die sich ergebende Problematik, wenn Lernende vor der Aufgabe stehen eigene Untersuchungen zu generieren (Chin & Kayalvizhi, 2002).

Forschungsfragen

Basierend auf dem Forschungsziel gliedert sich dieses Projekt in zwei Teilstudien, welche die Beantwortung folgender Forschungsfragen zum Ziel haben. Im Rahmen der ersten Teilstudie soll zunächst ermittelt werden, welche Art von *chemisch untersuchbaren* Fragen Lernende stellen, wenn diese mit lebensweltlichen Kontexten konfrontiert werden. Darauf aufbauend verfolgt die zweite Teilstudie die Fragestellung, inwiefern diese Schülerfragen für den Lernzyklus eines kontextorientierten Chemieunterrichts (*Planung, Durchführung und Auswertung*) geeignet sind und inwiefern sich daraus ein Nutzen für den Chemieunterricht ergibt. Die nachfolgenden Darstellungen des Designs sowie der Methode beziehen sich dabei auf die erste Teilstudie.

Studiendesign und Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfrage ist eine Interviewstudie geplant, welche sich in drei Interviewphasen gliedert und somit den Phasen der Fragengenerierung folgt (Almeida & Neri de Souza, 2010; Graesser & McMahen, 1993) (Abb.1). Die erste Phase dient im Wesentlichen der Kontextauswahl sowie der aktiven und selbstständigen Generierung von Fragen. In Form von Illustrationen aus dem Inhaltsfeld *Produkte der Chemie*, werden die Lernenden mit Kontexten konfrontiert, die inhaltlich den Schwerpunkten *Synthese von Makromolekülen* sowie der *Estersynthese* zuzuordnen sind (van Vorst, 2013). Basierend auf dem individuellen Interesse der Lernenden sollen die Kontexte gewählt und aufkommende Fragestellungen notiert werden (Sjøberg & Schreiner 2010). In Anlehnung an die in der Pilotstudie verwendeten Kontexte wurden jeweils leitfadengestützte Interviews entwickelt, welche in der zweiten Interviewphase eingesetzt werden. Diese nehmen eine unterstützende Position ein, indem das Vorwissen wiederholt aktiviert, mögliche Wissenslücken erkannt und somit weitere Fragestellungen aktiv selbst generiert werden sollen. Für die dritte Interviewphase wird eine offene Form des Interviews eingesetzt, um die aktiv selbstgenerierten Fragen der Lernenden gemeinsam mit dem Interviewer zu diskutieren. Durch die gemeinsame Generierung sollen Fragestellungen, welche zu allgemein formuliert wurden spezifiziert und ggf. modifiziert werden. Eine Modifikation der jeweiligen Fragestellungen wird dabei nur verfolgt, wenn sich die Möglichkeit eröffnet, die präzisierten Fragen in eine untersuchbare Form zu überführen.

Vorläufige Ergebnisse

Bei der Pilotierung konnte auf eine Stichprobe von N = 5 zurückgegriffen werden, welche sich aus Studierenden des Grundschullehramts mit der Fachrichtung Natur- und Gesellschaftswissenschaften zusammensetzt. Diese belegen das Fach Chemie zwar vertiefend, jedoch lässt das Vorwissen einen Vergleich mit Lernenden am Ende der Sekundarstufe I zu. Die Analyse der erhobenen Daten wurde auf Grundlage der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2014) durchgeführt. Die Daten wurden mithilfe von Audioaufnahmen erhoben und vollständig transkribiert. Zur Auswertung wurden sowohl die Transkripte als auch die schriftlich festgehaltenen Fragen der Lernenden verwendet. Insgesamt konnten somit 142 Fragen ermittelt werden. Eine Häufigkeitsanalyse bezüglich der erhobenen Schülerfragen zeigt, dass trotz des hohen Anteils *nicht untersuchbarer* Fragen mit 46,5 %, der mehrheitliche Fragenanteil mit 53,5 %, als *untersuchbar* gewertet werden kann (Abb. 2). Hier drunter

fallen Fragen, die sowohl einen chemischen Bezug haben und somit im Chemieunterricht zu verorten sind, als auch mithilfe eines Experiments beantwortet werden können (z.B. „Trocknet Badekleidung bzw. Funktionskleidung schneller als herkömmliche Kleidung?“). Hierbei ist jedoch der Anteil der gemeinsam generierten Fragen zu berücksichtigen und der daraus resultierende Einfluss auf das vorliegende Ergebnis. Neben den aktiv selbstgenerierten Fragen konnten auch passiv selbstgenerierte Fragen auf Grundlage der Transkripte ermittelt werden. Diese wurden während der aktiven Generierungsphasen nicht von den Lernenden notiert, sondern in der Phase der leitfadengestützten Interviews lediglich geäußert. Dennoch ließen sich hier weitere *untersuchbare Fragen* ermitteln. Weiterhin lässt sich aus den bisher gewonnen Daten entnehmen, dass auch die Merkmale der eingesetzten Kontexte (van Vorst, 2013) einen Einfluss auf die Häufigkeit von untersuchbaren Fragen haben (Abb. 3). Während Kontexte mit dem Merkmal *besonders* 18-mal gewählt wurden, wurden Kontexte mit der Merkmalszuordnung *alltäglich* nur 11-mal gewählt. Dennoch liegt der Anteil der untersuchbaren Fragen mit 29,6 % bei *alltäglichen* Kontexten über den Anteilen von untersuchbaren Fragen bei *besonderen* Kontexten mit 23,9 %.

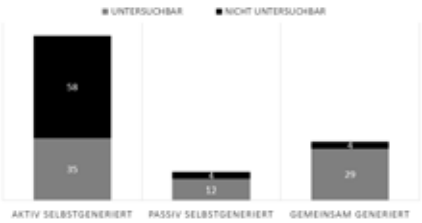


Abb. 2: Untersuchbare und nicht untersuchbare Fragen nach Form und Phase ihrer Generierung

Abb. 3: Untersuchbare und nicht untersuchbare Fragen nach Kontextmerkmalen

Diskussion und Ausblick

Die dargestellten Ergebnisse legen nahe, dass Lernende bei der Fragengenerierung Unterstützung benötigen, insbesondere in der Phase der Erkenntnisartikulation. Demnach haben Lernende vor allem Schwierigkeiten ihre Fragen zu konkretisieren und einen vorliegenden Wissenskonflikt präzise zu formulieren. Zudem scheinen *besondere* Kontexte zwar ein höheres Interesse hervorzurufen, jedoch lässt der geringere Anteil an untersuchbaren Fragen, mögliche Rückschlüsse auf ein geringeres Vorwissen zu. Diese Vermutung lässt sich bei genauerer Betrachtung einzelner Fragen bestätigen, welche aufgrund ihrer geschlossenen Form und Einfachheit, bei *besonderen* Kontexten als nicht untersuchbar gelten (z.B. „Wo befindet sich das Wachs in der Bienenwabe?“), während bei *alltäglichen* Kontexten auch häufiger Fragen aufgrund einer zu hohen Komplexität (z.B. „Wie sind Fasern chemisch aufgebaut?“) oder weil lediglich das Kriterium einer chemischen Fragestellung nicht erfüllt wurde (z.B. „Wie lange kann eine Rose ohne Wasser überleben?“), als nicht untersuchbar identifiziert werden konnten.

Für die Hauptstudie ist eine Stichprobe aus der Jahrgangsstufe 10 vorgesehen. Hier sollen unterschiedliche Schulformen berücksichtigt werden, um eine größtmögliche Variation an Fragen zu erhalten. Des Weiteren sollen weniger Kontexte eingesetzt werden, um den Interviewumfang zu minimieren. Die Kontextmerkmale (*besonders/alltäglich*) sollen weiterhin eine Berücksichtigung finden, um die Ergebnisse der Pilotstudie validieren zu können. Zudem sollen die als untersuchbar geltenden Fragen näher analysiert und kategorisiert werden.

Literatur

Almeida, P.A. (2010). Classroom questioning: Teachers' perceptions and practices. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2 (2), 305–309.

Almeida, P. A. (2012). Can I ask a question? The importance of classroom questioning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *31*, 634–638.

Almeida, P. A. & Neri de Souza, F. (2010). Questioning profiles in secondary science classrooms, *Int. J. Learning and Change*, 4(3), 237-251

Chin, C. & Kayalvizhi, G. (2002). Posing Problems for Open Investigations: What questions do pupils ask? Research in Science & Technological Education, 20 (2), 269–287.

Chin, C. & Osborne, J. (2008). Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. Studies in Science Education, 44 (1), 1–39.

Coutinho, M. J. & Almeida, P.A. (2014). Promoting Student Questioning in the Learning of Natural Sciences. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 116, 3781–3785.

Dillon, J. T. (1988). The remedial status of student questioning. Journal of Curriculum Studies, 20(3), 197–210.

Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (Hrsg.) (2008). Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts. Münster: Waxmann.

Duggan, S. & Gott, R. (1995). The place of investigations in practical work in the UK National Curriculum for Sciene, International Journal of Science Education, 17 (2), 137-147.

Graesser, A.C. & Olde, B.A. (2003). How does one know whether a person understands a device? The quality of the questions the person asks when the device breaks down. Journal of Educational Psychology, 95 (3), 524–536.

Graesser, A.C. & Person, N.K. (1994). Question Asking during Tutoring. American Educational Research Journal, 31 (1), 104–137.

Graesser, A.C. & McMahen, C.L. (1993). Anomalous information triggers questions when adults solve quantitative problems and comprehend stories. Journal for Educational Psychology, 85, 524-536.

Lock, R. (1990). Open-ended, problem-solving investigations, School Science Review, 71 (256), 63-72.

Mayring, P. (2014). Qualitative Content Analysis. Theoretical foundation, basic procedures and software solution. Abgerufen von https://www.psychopen.eu/fileadmin/user_upload/books/mayring/ssoar-2014-mayring-Qualitative_content_analysis_theoretical_foundation.pdf

Millar, R. & Osborne, J.F. (Hrsg.) (1998). Beyond 2000: Science education for the future. London: King's College London.

Sjøberg, S. & Schreiner, C. (2010). The ROSE project - An overview and key findings. Abgerufen von http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/-nor-Sjoberg-Schreiner-overview-2010.pdf.

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW (Hrsg.) (2011): Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik. Abgerufen von https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/NW/KLP_GE_NW.pdf

van Vorst, H. (2013). Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse. Berlin: Logos.

Vos, M.A.J., Taconis, R., Jochems, W.M.G. & Pilot, A. (2011). Classroom Implementation of Context- based Chemistry Education by Teachers: The relation between experiences of teachers and the design of materials. International Journal of Science Education, 33 (10), 1407–1432.

Thomas Wilhelm[1]
Jan-Philipp Burde[1]
Verena Spatz[2]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[3]
Martin Hopf[4]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main
[2]Technische Universität Darmstadt
[3]Karl-Franzens-Universität Graz
[4]Universität Wien

Elektronengasmodell und Kontextorientierung – ein binationales Projekt

Motivation

Die Elektrizitätslehre und hier insbesondere der Spannungsbegriff stellen für viele Schülerinnen und Schüler eine der größten Herausforderungen des Physikunterrichts der Sekundarstufe I dar und es gelingt ihnen oftmals nicht, ein qualitatives Verständnis elektrischer Stromkreise zu erreichen (Rhöneck, 1986). Insbesondere wird im traditionellen Unterricht kein angemessenes Spannungskonzept entwickelt, sondern die elektrische Spannung wird von den Lernenden lediglich als Eigenschaft des elektrischen Stroms wahrgenommen, was auch als eine Folge der Dominanz des Strombegriffs in praktisch allen Unterrichtskonzepten der Mittelstufe angesehen wird (Cohen et al., 1983). Benötigt wird deshalb ein Unterrichtskonzept, das zu einem angemessenen Spannungskonzept führt und den Lernenden somit ein qualitatives Verständnis der Wirkungszusammenhänge elektrischer Stromkreise ermöglicht. Ein wesentliches Ziel der binationalen Studie besteht daher in der Entwicklung eines solchen Unterrichtskonzepts sowie der gezielten empirischen Untersuchung des Einflusses der Kontextorientierung auf affektive Merkmale wie das Interesse und das Selbstkonzept einerseits und das Konzeptverständnis der Schülerinnen und Schüler andererseits.

Vorarbeit: Frankfurter Studie zum Elektronengasmodell

Das Frankfurter Unterrichtskonzept auf Grundlage des Elektronengasmodells versucht an die Erfolge bisheriger Potenzialansätze anzuknüpfen (Gleixner, 1998; Steinberg & Wainwright, 1993), indem noch vor der Einführung der elektrischen Stromstärke versucht wird, bei den Schülerinnen und Schülern ein konzeptionelles Verständnis für das elektrische Potenzial anzubahnen.

Die grundlegende Elementarisierung im Elektronengasmodell besteht in der Argumentation, dass eine Batterie eine Ungleichverteilung der Elektronen im Leiter erzeugt und sich so deren Dichte ändert, was wie bei einem Gas zu unterschiedlichem „elektrischen Druck“ führt. Durch Gleichsetzen des „elektrischen Drucks“ mit dem elektrischen Potenzial kann die elektrische Spannung im Elektronengasmodell als elektrischer Druckunterschied interpretiert werden, der mit unterschiedlichen Farben direkt im Schaltplan visualisiert wird (siehe Abb. 1). Indem an die alltägliche Luftdruckvorstellung (z.B. mit Luftmatratzen oder Fahrradreifen) angeknüpft wird, wird versucht, den Schülerinnen und Schülern eine intuitive Vorstellung vom elektrischen Potenzial und somit der elektrischen Spannung zu ermöglichen (Burde & Wilhelm, 2016a, 2016b).

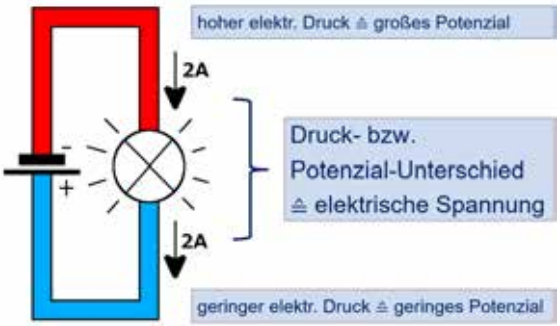


Abb. 1: Das Elektronengasmodell und die in der Frankfurter Studie verwendete Visualisierung

Das Frankfurter Konzept zum Elektronengasmodell führte in einer Studie mit 790 Schülerinnen und Schülern bzw. 36 Gymnasialschulklassen zu einem fast doppelt so hohen absoluten Lernzuwachs im Vergleich zum klassischen Physikunterricht (höchst signifikant, Effektstärke von d = .62) (Burde & Wilhelm, 2017, 2018). Die Schüler, die nach dem Elektronengasmodell unterrichtet wurden, besaßen ferner nach dem Unterricht im Durchschnitt signifikant weniger Fehlvorstellungen als ihre traditionell unterrichteten Peers. Auch die Lehrkräfte zeigten sich von dem neuen Unterrichtskonzept überzeugt, weshalb neun von zehn Lehrern angaben, auch in Zukunft nach dem Konzept unterrichten zu wollen. Eine genaue Auswertung der äußerst vielversprechenden Ergebnisse der bisherigen Studie hat allerdings gezeigt, dass Mädchen, die nach dem neuen Unterrichtskonzept unterrichtet wurden, trotz gleichen Vorwissens einen signifikant geringeren Lernzuwachs erzielen als Jungen. Außerdem wurde in der bisherigen Studie die Entwicklung des Interesses und anderer affektiver Merkmale nicht erhoben.

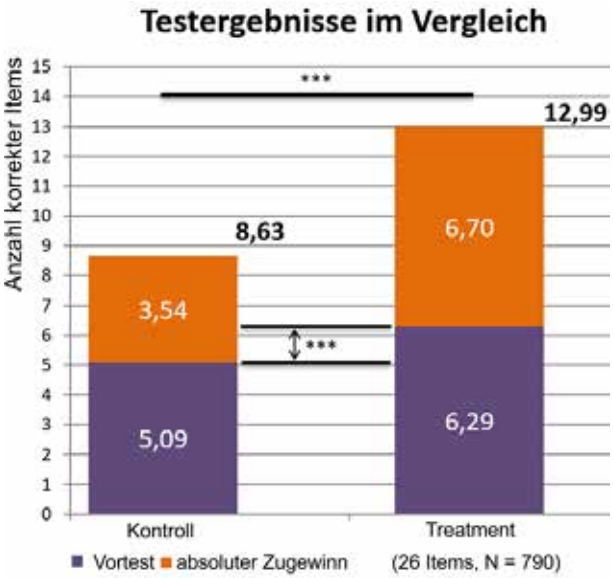


Abb. 2: Ergebnisse der Frankfurter Studie

Kontextorientierung

In der Physikdidaktik ist unstrittig, dass eine Kontextorientierung ein wesentliches Merkmal guten Physikunterrichts darstellt, da diese den Schülerinnen und Schülern erlaubt, die Physik als sinnvoll und für ihr Leben relevant wahrzunehmen (Labudde, 2001; Millar, 2005; Duit & Wodzinski, 2006). Zahlreiche Studien konnten zeigen, dass sich ein an geeigneten Kontexten orientierter Physikunterricht vor allem positiv auf das Sachinteresse und das Selbstkonzept von Mädchen auswirkt (Hoffmann & Häußler, 1995; Berger, 2002; Lubben et al., 2005; Häußler & Hoffmann, 1995). Unklar ist hingegen, inwiefern eine stärkere Kontextorientierung auch einen positiven Einfluss auf die Lernwirksamkeit bzw. auf das fachliche Verständnis hat (Berger, 2002; Krapp, 1992). Insbesondere mangelt es bisher an einem kontextorientierten Unterrichtskonzept für die Elektrizitätslehre, dessen Lernförderlichkeit empirisch belegt ist.

Forschungsfragen

Das geplante Projekt ist ein Design-Based-Research Projekt (Design-Based Research Collective, 2003; Barab & Squire, 2004; Fischer et al., 2005; Ejersbo et al., 2008; Wilhelm et al., 2012; Wilhelm & Hopf, 2014). Im Rahmen dieses binationalen Forschungsprojektes sollen in Hessen, Bayern und Österreich die folgenden Fragen untersucht werden:

- Kann das signifikant bessere Verständnis der Lernenden, die nach dem Elektronengasmodell unterrichtet wurden, repliziert werden?
- Welchen Einfluss hat eine Kontextorientierung auf das Verständnis der Schülerinnen und Schülern bei verschiedenen Unterrichtskonzepten?

- Wie wirken sich das Elektronengasmodell und die Kontextorientierung auf das Interesse und das Selbstkonzept aus - vor allem bei den Mädchen?
- Welchen Einfluss hat das Pedagogical Content Knowledge (PCK) der Lehrkräfte und wie entwickelt es sich durch die Teilnahme an der Studie?

Design der Studie

Jede beteiligte Lehrkraft in jedem der drei Länder Hessen, Bayern und Österreich unterrichtet die Einführung in die Elektrizitätslehre in Jahrgangsstufe 7 oder 8 mindestens dreimal (siehe Abb. 3):

- Im ersten Jahr werden die Lehrkräfte die Elektrizitätslehre so unterrichten, wie sie es bisher immer getan haben (Kontrollgruppe).
- Im zweiten Jahr unterrichtet die eine Hälfte der Lehrkräfte die Elektrizitätslehre in gewohnter Form mit starker Kontextorientierung (Treatment 1), während die andere Hälfte der Lehrkräfte nach der Sachstruktur des Elektronengasmodells ohne Kontextorientierung (Treatment 2) unterrichtet.
- Im dritten Jahr werden alle Lehrkräfte nach dem Elektronengasmodell mit starker Kontextorientierung (Treatment 3) unterrichten.

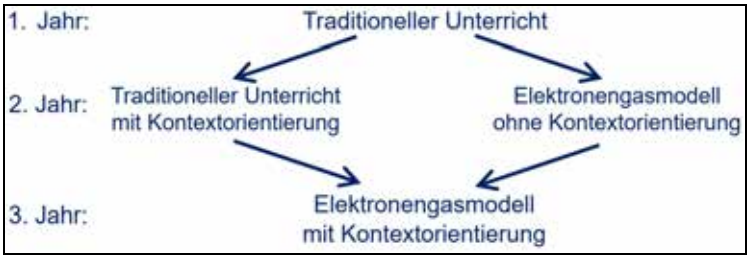


Abb. 3: Ablauf der geplanten Studie

Mit diesem Design kann methodisch der Einfluss der Lehrpersonen bestmöglich konstant gehalten werden. Somit ergeben sich in der geplanten Studie vier Gruppen in einem klassischen 2 x 2-Design (siehe Abb. 4).

	Ohne Kontextorientierung	Mit Kontextorientierung
Traditioneller Unterricht	1. Jahr	2. Jahr
Elektronen-gasmodell	2. Jahr	3. Jahr

Abb. 4: Das 2 x 2-Design der geplanten Studie

Dabei wird erhoben:

- das konzeptionelle Verständnis der Schülerinnen und Schüler im Pre-Post-FollowUp-Design mit Hilfe eines Fragebogens,
- das Interesse und Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler mittels Fragebogen und
- Teilfacetten des Pedagogical Content Knowledge (PCK) der Lehrkräfte mittels Fragebogen und Interviews.

Literatur

Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. The journal of the learning sciences, 13(1), S. 1-14.

Berger, R. (2002): Einfluss kontextorientierten Physikunterrichts auf Interesse und Leistung in der Sekundarstufe II. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Nr. 8, S. 119-132.

Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2016a). Das Elektronengasmodel im Anfangsunterricht - In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 65, Nr. 8, S. 18-24.

Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2016b). Ein Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells - In: PhyDid-B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung Hannover, http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/666/808.

Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2017). Ergebnisse einer empirischen Studie zum Elektronengasmodell - In: PhyDid-B - Didaktik der Physik – Frühjahrstagung 2017, www.phydid.de.

Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2018). Empirische Befunde zur Lernförderlichkeit des Elektronengasmodells - In: Maurer, Chr. (Hrsg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017, Band 38, 2018.

Cohen, R.; Eylon, B. & Ganiel, M. (1983): Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. In: American Journal of Physics 51, Nr. 5, S. 407-412.

Design-Based Research Collective (2003). Design-based Research: an emerging paradigm for educational inquiry. In: Educational Researcher 32, S. 5-8.

Duit, R. & Wodzinski, R. (2006): Guten Unterricht planen - Kategorien fachdidaktischen Denkens bei der Planung des Unterrichts. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 17, Nr. 92, S. 9-11.

Ejersbo, L.; Engelhardt, R.; Frølunde, L.; Hanghøj, T.; Magnussen, R. & Misfeldt, M. (2008). Balancing product design and theoretical insights. In: The handbook of design research methods in education, S. 149-163.

Fischer, F.; Waibel, M. & Wecker C. (2005). Nutzenorientierte Grundlagenforschung im Bildungsbereich. Argumente einer internationalen Diskussion In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaften 8, Heft 3, S. 427-442.

Gleixner, C. (1998). Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potenzial. Dissertation. LMU München.

Häußler, P. & Hoffmann, L. (1995): Physikunterricht – an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. In: Unterrichtswissenschaft 23, Nr. 2, S. 107-126.

Hoffmann, L. & Häußler, P. (1995): Die Verwertung der Kieler Interessenstudie in einem BLK-Modellversuch. In: Behrendt, H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven. Alsbach: Leuchtturmverlag, S. 295-297.

Krapp, A. (1992): Interesse, Lernen und Leistung: Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. In: Zeitschrift für Pädagogik 38, Nr. 5, S. 747-770.

Labudde, P. (2001). Chancen für den Physikunterricht in der heutigen Zeit: Zehn Thesen zur physikalischen Bildung. In: Plus Lucis, Nr. 2, S. 2-6.

Lubben, F.; Bennett, J.; Hogarth, S. & Robinson, A. (2005): A systematic review of the effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science on boys and girls, and on lower-ability pupils. London, University of London, Institute of Education. Review.

Millar, R. (2005): Contextualised science courses: Where next? In: Nentwig, P. & Waddington, D. (Hrsg.): Making it relevant. Context based learning of science. Münster: Waxmann, S. 323-346.

Rhöneck, C. v. (1986): Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 34, Nr. 13, S. 10-14.

Shipstone, D. M.; Rhöneck, C. v.; Jung, W.; Kärrqvist, C.; Dupin, J.-J.; Johsua, S. & Licht, P. (1988): A study of secondary students' understanding of electricity in five European countries. In: International Journal of Science Education 10, Nr. 3, S. 303-316.

Steinberg, M. S. & Wainwright, C. L. (1993): Using Models to Teach Electricity – The CASTLE Project. In: The Physics Teacher 31, Nr. 6, S. 353-357.

Wilhelm, T.; Hopf, M. (2014): Design-Forschung - In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, Springer-Verlag, S. 31-42.

Wilhelm, T.; Tobias, V.; Waltner, C; Hopf, M. & Wiesner, H. (2012): Design-Based Research am Beispiel der zweidimensional-dynamischen Mechanik - In: Bernholt, S. (Hrsg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht, Jahrestagung der GDCP in Oldenburg 2011, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 32, Lit-Verlag, Münster, S. 31-47.

Florian Simon[1,2]
Nadja Gneist[1]
Gesche Pospiech[2]

[1]Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
[2]Technische Universität Dresden

Der Einfluss eines Schülerlaborbesuchs auf die Selbstwirksamkeitserwartung und die Einstellung von Lernenden zu naturwissenschaftlichen Berufen

Motivation

Mit Blick auf den demographischen Wandel und insbesondere auf den Fachkräftemangel in Deutschland erhält das Schulfach Physik als Grundlagenfach für verschiedene Natur- und Ingenieurwissenschaften eine große Bedeutung. Das Interesse von Lernenden an Naturwissenschaft und Technik ist im Vergleich zu anderen Disziplinen jedoch deutlich geringer. Für den Physikunterricht ergibt sich daraus eine schwierige Aufgabe: Obwohl Physik (vor allem für Mädchen) eines der unbeliebtesten Fächer darstellt, gilt es das Interesse von Schülerinnen und Schülern an physikalischen, technischen und naturwissenschaftlichen Themen und Berufsbildern zu wecken.
Es stellt sich die Frage, welchen Beitrag Schülerlabore bei dieser Aufgabe leisten können. Lassen sich bereits mit einer kurzen Intervention favorisierte Berufsvorstellungen und Einstellungen der Lernenden zu naturwissenschaftlichen Arbeitsplätzen beeinflussen?

Forschungsinteresse

Naturwissenschaftliche Berufswahlüberlegungen stehen in engem Zusammenhang mit dem Interesse an Naturwissenschaften, sowie den naturwissenschaftsbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen (Taskinen, 2010). So beeinflussen die Selbstwirksamkeitserwartungen von Lernenden beispielsweise die Motivation und das Interesse für einen Lerngegenstand bzw. eine bestimmte Thematik maßgeblich und werden somit zu zentralen Determinanten in der Berufswahl (Schöne et al., 2003). Zahlreiche Befunde belegen außerdem eine Genderspezifität: Beispielsweise stellen sich Selbstwirksamkeitserwartungen von Schülerinnen für Schulfächer im MINT-Bereich deutlich niedriger dar als die der Jungen (Hannover & Bettge, 1993; Solga & Pfahl, 2009) und auch bezüglich des Interesses an den Schulfächern Physik und Chemie zeigen Mädchen ein deutlich geringeres Interesse (Engeln, 2004; Prenzel et al., 2009; Streller, 2015).
Eine mögliche Intervention, um Interesse, Selbstwirksamkeitserwartung und letztlich auch Berufswahlüberlegungen im MINT-Bereich positiv zu beeinflussen, stellt der Besuch von Schülerlaboren dar. So zeigen etwa Mokhonko et al. (2014), dass in genau diesen Bereichen signifikante, allerdings nur geringe & kurzfristige Effekte nachweisbar sind. Überprüft werden soll nun auch, inwieweit diese Ergebnisse reproduzierbar sind.
Ausgehend von dieser Befundlage lassen sich die folgenden Fragestellungen formulieren:

Welche (geschlechterspezifische) Wirkung hat ein einmaliger Schülerlaborbesuch auf ...
- (F1) die Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren im Physikunterricht,
- (F2) die Selbstwirksamkeitserwartung für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen,
- (F3) die Einstellung von Lernenden zu verschiedenen Berufsfeldern?

Methodik

In der Fragebogenerhebung kommen 5-stufige Likert-Skalen im Pre-Post-Design zum Einsatz. Die Skala *Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren im Physikunterricht* enthält (nach Pilotierung mit 74 Schülerinnen und Schülern) 4 Items mit Cronbachs α: Pre=0.76; Post=0.78 (eigene Items, orientiert an Jerusalem & Satow (1999), Beispielitem: „Es fällt mir leicht, mir vorher unbekannte physikalische Schüler-Experimente

durchzuführen.“); die Skala *Selbstwirksamkeitserwartung für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen* besteht aus 5 Items mit Cronbachs α: Pre=0.82; Post=0.85 (übernommen von Weßnigk (2013), Beispielitem: „Ich traue mir zu, in einem naturwissenschaftlich-technischem Beruf neue Produkte zu entwickeln.“). Die *Einstellungen von Lernenden zu Berufsfeldern* werden durch Einzelitems erhoben (nach Streller 2015, siehe Items in Abb. 3).

Stichprobe

Es liegen insgesamt 824 paarweise vollständige Datensätze (Pre & Post) von Lernenden vor, die das Schülerlabor am gleichen Experimentiertag (Radioaktivität & Strahlung) besuchten. Es handelt sich dabei um 352 Schülerinnen und 472 Schüler der Klassenstufen 9 bis 12 aus Gymnasien (N=474) und Oberschulen (N=350).

Ergebnisse

Die zentralen Ergebnisse sind in den Abbildungen und der Tabelle dargestellt, wobei der Frage F1 Abb. 1, F2 Abb. 2 und F3 Abb. 3 & Tab. 1 zugeordnet sind. Die Likert-Skalen sind in den Abb. 1 & 2 normiert und reichen von 0 („trifft nicht zu“) bis 1 („trifft zu“). Die Balken zeigen die Mittelwerte der Skala, sowie jeweils die Indikatoren für ±1 Standardabweichung. Für signifikante Unterschiede ($p<0.05$*/ $p<0.01$**/ $p<0.001$***) zw. Pre- und Post-Tests sind die Effektstärken (Cohens d) durch Pfeile symbolisiert; wobei nach Cohen (1988) zwischen „kleinem Effekt“ ($d\geq0.2$), „mittlerem Effekt“ ($d\geq0.5$) und „großem Effekt“ ($d\geq0.8$) unterschieden wird. Die Berufsvorstellungen der Lernenden (Abb. 3) sind stark polarisiert – daher wird die Rohverteilung gezeigt. Für alle Subgruppen sind die prozentuale Verteilung jeweils für Ablehnung, Enthaltung und Zustimmung angegeben.

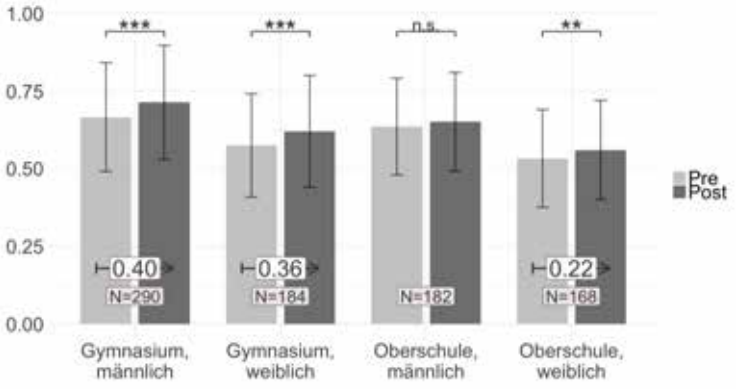


Abb. 1: Selbstwirksamkeits-erwartung beim Experimentieren im Physikunterricht (Pre-Post-Vergl.; getrennt nach Geschlecht und Schulstufe).

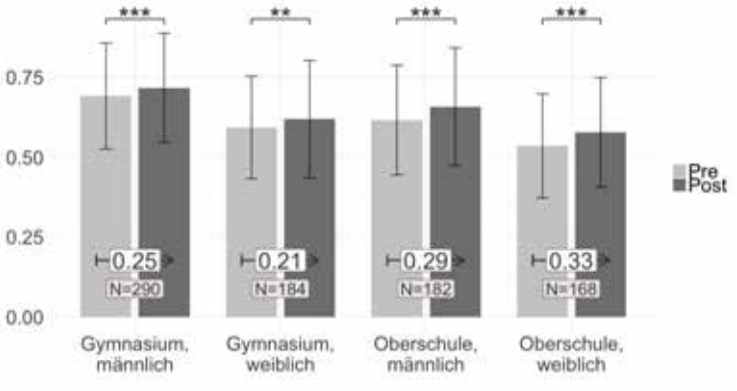
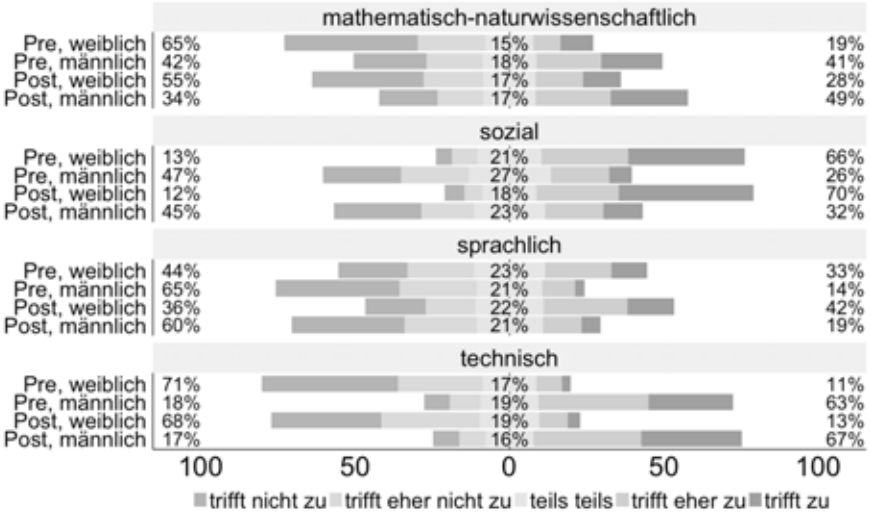


Abb. 2: Selbstwirksamkeits-erwartung für naturwissenschaftl. Arbeitsweisen (Pre-Post-Vergl.; getrennt nach Geschlecht und Schulstufe).

Abb. 3: Berufsorientierung: „Können Sie sich vorstellen, in dem folgenden Berufsfeld zu arbeiten?“ (Pre-Post-Vergl.; getrennt nach Geschlecht).



Tab. 1: Geschlechterspezifischer Pre-Post-Vergleich zur Berufsorientierung Lernender im Kontext eines einmaligen Schülerlaborbesuchs (N= 472 Jungen / 352 Mädchen).

Berufsfeld	Geschlecht	Mittelwert		Pre-Post Vergleich: Gepaarter t-Test mit Effektstärke (Cohen's d)
		Pre	Post	
mathematisch-naturwissenschaftl.	männlich	0.489	0.554	**p<0.001*** mit d=0.30**
	weiblich	0.304	0.372	**p<0.001*** mit d=0.34**
sozial	männlich	0.402	0.426	p<0.05* mit d=0.11
	weiblich	0.710	0.737	p<0.01** mit d=0.16
sprachlich	männlich	0.278	0.322	**p<0.001*** mit d=0.21**
	weiblich	0.448	0.505	**p<0.001*** mit d=0.26**
technisch	männlich	0.659	0.687	p<0.01** mit d=0.15
	weiblich	0.236	0.280	**p<0.001*** mit d=0.21**

Zusammenfassung

Der einmalige Schülerlaborbesuch hat unabhängig von Schulart und Geschlecht einen signifikanten Einfluss mit kleinen Effektstärken auf die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) für das Experimentieren im Physikunterricht (PU) und ebenfalls für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen. Diese Ergebnisse decken sich exakt mit bisherigen Untersuchungen (z.B. Mokhonko et al., 2014). Eine Ausnahme bilden männliche Lernende an Oberschulen, für die sich kein Effekt durch den Schülerlaborbesuch im Falle der SWE im PU zeigt. Generell ist die SWE bei männlichen Lernenden höher ausgeprägt.

Die Berufsvorstellungen der Lernenden sind stark polarisiert. Dies kann als vage Andeutung für eine starke Ausgeprägtheit von Berufswünschen gedeutet werden. Bemerkenswert ist, dass durch den einmaligen Schülerlaborbesuch dennoch die Einstellungen der Lernenden zu allen untersuchten Berufsfeldern signifikant, jedoch mit eher geringen Effektstärken, positiv beeinflusst werden. Insbesondere das mathematisch-naturwissenschaftliche Berufsfeld profitiert aber von dieser einmaligen Intervention. Der Schülerlaborbesuch zeigt sich bezgl. Berufsorientierung (in allen Berufsfeldern) für Mädchen effektiver als für Jungen.

Literatur

Cohen, J. (1988). Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2. Auflage.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Hannover, B., & Bettge, S. (1993). Mädchen und Technik. Göttingen: Hogrefe.

Jerusalem, M., & Satow, L. (1999).Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Berlin

Mokhonko, S., Nickolaus, R., & Windaus, A. (2014). Förderung von Mädchen in Naturwissenschaften: Schülerlabore und ihre Effekte. Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften, 20(1), 143–159. http://doi.org/10.1007/s40573-014-0016-2

Prenzel, M., Reiss, K., & Hasselhorn, M. (2009). Förderung der Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen. In J. Milberg (Hrsg.), Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft (S. 15–60). Heidelberg: Springer.

Solga, H., & Pfahl, L. (2009). Doing Gender im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich. In J. Milberg (Hrsg.), Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft (S. 155–218). Heidelberg: Springer.

Streller, M. (2015). The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories. TU Dresden.

Taskinen, P. (2010). Naturwissenschaften als zukünftiges Berufsfeld für Schülerinnen und Schüler mit hoher naturwissenschaftlicher und mathematischer Kompetenz. Eine Untersuchung von Bedingungen für Berufserwartungen. Unv. Diss., Christian-Albrechts- Universität zu Kiel.

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

Nicole Schrader
Claus Bolte
Freie Universität Berlin

Vorstellungen vom Unsichtbaren
Schülervorstellungen zum Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung

Theoretischer Hintergrund

Dass die Vorstellungen, die Lernende zu naturwissenschaftlichen Begriffen und Konzepten mit in den Unterricht bringen, Lernprozesse entscheidend beeinflussen, ist in der nationalen wie internationalen Naturwissenschaftsdidaktik Konsens. Seit mehr als 40 Jahren leisten zahlreiche Studien zur inhalts- und domänenspezifischen Schülervorstellungsforschung einen wesentlichen Beitrag zur naturwissenschaftsdidaktischen Theoriebildung (siehe Bibliografie von Pfundt und Duit, 2009). Bemerkenswert ist, dass bisher, verglichen mit anderen Themenbereichen, nur wenige Untersuchungen über Schülervorstellungen zur Radioaktivität publiziert wurden, und dass diese zudem überwiegend aus Großbritannien (Eijkelhof & Millar, 1988; Millar, 1994; Boyes & Stanisstreet, 1994) oder den Niederlanden (Lijnse et al., 1990; Eijkelhof, 1990) stammen. Die Befunde dieser Studien sprechen dafür, dass Schüler_innen undifferenzierte und weitgehend naive Vorstellungen bezüglich des Konzepts radioaktiver Materie und Strahlung besitzen und die Begriffselemente häufig unsachgemäß mit dem Konzept von Radioaktivität verknüpfen.
Ziel unserer Untersuchung ist es daher herauszuarbeiten, welche Vorstellungen Schüler_innen aus unterschiedlichen Schulformen zum Ende ihrer obligatorischen Schulzeit mit Begriffen wie Radioaktivität, radioaktive Materie und Strahlung verbinden und inwiefern diese Vorstellungen mit den fachwissenschaftlichen Konzepten übereinstimmen.

Forschungsfragen

Ausgehend von der Zielsetzung der Arbeit haben wir unterschiedliche Fragen behandelt. Im Zentrum dieses Beitrags konzentrieren wir uns auf die Frage:

- Inwiefern gelingt es Schüler_innen der 10. Jahrgangstufe zwischen den Begriffen Radioaktivität, Strahlung und radioaktive Teilchen sachgemäß zu differenzieren?

Methode

Zur Beantwortung unserer Forschungsfragen verwenden wir einen eigens in Anlehnung an Millar (1994) entwickelten Fragebogen zur systematischen Analyse des konzeptuellen Begriffsverständnisses.
Der Fragebogen besteht aus sechs in ihrer Struktur einander gleichenden Aufgaben[1] mit geschlossenem Antwortformat. Alle Aufgaben beginnen mit einer kurzen Beschreibung einer Anwendungsmöglichkeit ionisierender Strahlung (*z.B. Bestrahlung von Erdbeeren zur Haltbarkeitsverlängerung,* s. Aufgabe [1] in Tab. 1). Anschließend werden die Proband_innen aufgefordert, die nachfolgenden Aussagen hinsichtlich ihrer Richtigkeit zu beurteilen.
Dabei erfragen die zu beurteilenden Aussagen, ob das in der Anwendungsmöglichkeit betrachtete Objekt (*z.B. in Aufgabe [1] die bestrahlten Erdbeeren*)

1. (a) viele, (b) wenige oder (c) keine radioaktiven Teilchen enthalten,
2. (a) viele (b) wenige oder (c) keine Strahlung enthalten bzw.
3. (a) stark, (b) schwach oder (c) nicht radioaktiv ist.[2]

[1] [1] Lebensmittelbestrahlung, [2] Papierdickenmessung, [3] Radiojodtherapie, [4] Röntgendiagnostik, [5] Szintigraphie, [6] Füllstandsmessung

[2] In der Auswertung findet zunächst keine Unterscheidung zwischen den (a)- und (b)- Aussagen statt.

Die sechs von uns konstruierten Aufgaben richten die Aufmerksamkeit auf drei medizinische und drei technische Anwendungsmöglichkeiten ionisierender Strahlung. Zwei der sechs Aufgaben fokussieren auf das Phänomen der Kontamination und vier der sechs Aufgaben richten die Aufmerksamkeit auf das Phänomen der Bestrahlung.

Stichprobe

Der Fragebogen wurde am Ende des Schuljahres 2015/2016 in zehn Klassen der 10. Jahrgangsstufe aus fünf Berliner Schulen unterschiedlicher Schulformen (Gymnasium, Gesamtschule) eingesetzt. Insgesamt nahmen 238 Schüler_innen ($M_{Alter}=15,49$, $SD_{Alter} = 0,59$) an der Befragung teil. Die Befragung fand innerhalb des regulären Physikunterrichts statt.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Datenanalyse erfolgte mittels deskriptiver Analysen (Häufigkeitsverteilungen) und dependenzanalytischer Verfahren (Chi-Quadrat-Test, t-Test für unabhängige Stichproben). In der Tabelle 1 ist die absolute und relative Zustimmungshäufigkeit bezogen auf alle Aussagen differenziert nach Aufgaben ersichtlich.

Die wissenschaftlich korrekten Aussagen sind **fett** gedruckt.

Aufgabe	*Gruppe*	*a*	*b*	*a oder b (%)*	*c (%)*	*fehlend*
[1] Lebensmittelbestrahlung	1	76	119	195 (81,9)	**32 (13,5)**	11 (4,6)
	2	72	112	184 (77,3)	**43 (18,1)**	11 (4,6)
	3	19	142	161 (67,7)	**66 (27,7)**	11 (4,6)
[2] Papierdickenmessung	1	28	108	136 (57,1)	**89 (37,4)**	13 (5,5)
	2	30	103	133 (55,9)	**92 (38,6)**	13 (5,5)
	3	17	88	105 (44,1)	**120 (50,4)**	13 (5,5)
[3] Radiojodtherapie	1	94	124	**218 (91,6)**	15 (6,3)	5 (2,1)
	2	58	137	195 (81,9)	**38 (16,0)**	5 (2,1)
	3	30	110	**140 (58,8)**	93 (39,1)	5 (2,1)
[4] Röntgendiagnostik	1	41	105	146 (61,4)	**86 (36,1)**	6 (2,5)
	2	62	127	189 (79,4)	**43 (18,1)**	6 (2,5)
	3	15	97	112 (47,1)	**120 (50,4)**	6 (2,5)
[5] Szintigraphie	1	101	105	**206 (86,6)**	26 (10,9)	6 (2,5)
	2	55	135	190 (79,8)	**42 (17,6)**	6 (2,5)
	3	44	122	**166 (69,8)**	66 (27,7)	6 (2,5)
[6] Füllstandsmessung	1	49	111	160 (67,2)	**67 (28,2)**	11 (4,6)
	2	48	130	178 (74,8)	**49 (20,6)**	11 (4,6)
	3	40	107	147 (61,8)	**80 (33,6)**	11 (4,6)

Tabelle 1: Absolute und relative Zustimmungshäufigkeit bezogen auf alle Aussagen differenziert nach Aufgaben

Die Tabelle zeigt unter anderem, dass in fünf von sechs Aufgaben zwischen 77,3 % und 81,9 % der Schüler_innen den Aussagen (a) „etwas enthält viel Strahlung“ oder (b) „etwas enthält wenig Strahlung“ zustimmen, obwohl diese Aussagen fachlich nicht korrekt sind. Nur innerhalb der Aufgabe [2] erfahren diese Aussagen mit 55,9 % eine etwas geringere Zustimmung.

In einem nächsten Analyseschritt wurde mit Hilfe von Kreuztabellen und anschließenden Kontingenzanalysen untersucht, inwiefern Zusammenhänge zwischen den Vorstellungen von „etwas enthält radioaktive Teilchen“ und „etwas enthält Strahlung“ bestehen und inwiefern diese Vorstellungen mit der Vorstellung von „etwas ist radioaktiv“ assoziiert sind.

Die Ergebnisse für die Aufgabe [1] (s. Tab. 2) sollen hier exemplarisch für die Ergebnisse aller Aufgaben stehen.

Die wissenschaftlich korrekten Aussagen sind **fett** gedruckt.

	Die Erdbeeren enthalten Strahlung.	*Die Erdbeeren enthalten keine Strahlung.*	***Gesamt***
Die Erdbeeren enthalten radioaktive Teilchen.	164	31	195
Die Erdbeeren enthalten *keine* radioaktiven Teilchen.	20	**12**	32
Gesamt	184	43	227

	Die Erdbeeren sind radioaktiv.	Die Erdbeeren sind *nicht* radioaktiv.	**Gesamt**
Die Erdbeeren enthalten radioaktive Teilchen.	148	47	195
Die Erdbeeren enthalten *keine* radioaktiven Teilchen.	13	**19**	32
Gesamt	161	66	227

	Die Erdbeeren sind radioaktiv.	Die Erdbeeren sind *nicht* radioaktiv.	**Gesamt**
Die Erdbeeren enthalten Strahlung.	143	41	184
Die Erdbeeren enthalten *keine* Strahlung.	18	**25**	43
Gesamt	161	66	227

Tabelle 2: Kreuztabellierung mit anschließender Kontingenzanalyse am Aufgabenbeispiel Lebensmittelbestrahlung [1]

Für die drei Variablenpaare der Aufgabe [1] verweist der Chi-Quadrat-Test nach Pearson auf statistisch signifikante Zusammenhänge ($\chi^2 > 3{,}85$; $df = 1$; $p < .05$). Allerdings weisen die Werte der Phi-Koeffizienten von .192, .270 und .309 für die jeweilige Prüfung der Variablenpaare auf nur schwache bis mittlere Zusammenhänge hin (vgl. Backhaus et al., 2006). Ähnliche Ergebnisse zeigen auch die Kontingenzanalysen für die anderen fünf Aufgaben (ohne tabellarische Auflistung).

Interpretation und Fazit

Das von uns entwickelte Testinstrument scheint grundsätzlich geeignet, um konzeptuelle Zusammenhänge zwischen den Begriffen Radioaktivität, Strahlung und radioaktive Teilchen systematisch zu untersuchen.

Die Resultate unserer (Pilot-)Studie bestätigen die Befunde vorangegangener Interview- und Fragebogenuntersuchungen, wonach Schüler_innen im Sekundarschulalter undifferenzierte Vorstellungen von Strahlung und radioaktiver Materie haben.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Vorstellungen „etwas enthält radioaktive Teilchen“, „etwas enthält Strahlung“ und „etwas ist radioaktiv“ statistisch signifikant miteinander assoziiert sind. Die Analysen der Antwortmuster legen die Interpretation nahe, dass ein Großteil der befragten Schüler_innen die Bezeichnung „etwas enthält Strahlung“ nutzt, um auszudrücken, dass Strahlung (dauerhaft) absorbiert wurde.

Ausblick

Mittlerweile haben wir den Fragebogen um zwei weitere Aufgaben zum Kontext Kontamination ergänzt. Derzeit arbeiten wir an der Konzeption einer Unterrichtssequenz und deren Evaluation sowie an der Optimierung des Fragebogens und seiner Adaptierung zum Zweck internationaler Vergleichsstudien.

Literatur

Bortz, J. & Schuster, C. (2010): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer-Verlag, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

Boyes, E. & Stanisstreet, M (1994): Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: sources, mode of travel, uses and dangers. Research in Science and Technological Education, 12 (2), 145-160

Eijkelhof, H. M. C. & Millar, R. (1988): Reading about Chernobyl: the public understanding of radiation and radioactivity. School Science Review, 70 (251), 35-41

Eijkelhof, H. M. C. (1990) Radiation and Risk in Physics Education. Utrecht: CDBeta Press.

Lijnse, P. L., Eijkelhof, H. M. C, Klaassen, C. W. J. M., & Scholte, R. L. J. (1990): Pupils' and mass-media ideas about radioactivity. International Journal of Science Education, 12(1), 67-78

Millar, R. (1994): School students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. Public Understanding of Science, 3, 53-70

Pfundt, H. & Duit, R. (2009): Bibliography - Students alternative frameworks and science education. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften

Riesch, W., & Westphal, W. (1975). Modellhafte Schülervorstellungen zur Ausbreitung radioaktiver Strahlung. Der Physikunterricht, 9(4), 75-85.

Marc Thiessenhusen[1]
Martin Gröger[1]
Volker Heck[1]
Mónica Zuleta[2]

[1] Universität Siegen
[2] Universidad de Antioquia Medellín

Vorstellungen zu Kohlenstoffdioxid in Deutschland und Kolumbien - Eine Untersuchung in der Grundschule

Kohlenstoffdioxid und seine Bedeutung für den Klimawandel werden in Deutschland intensiv diskutiert, nicht zuletzt im Kontext des Anstiegs des Kohlenstoffdioxidgehalts in der Atmosphäre und der daraus resultierenden Erderwärmung sowie Folgen wie Wetterextreme, schwindende Gletscher oder die Versauerung der Ozeane.

Einzeln sind die Phänomene des Klimawandels kaum unmittelbar erfahrbar, jedoch werden auch Kinder und Jugendliche z.B. insbesondere über die Medien mit dieser Problematik konfrontiert (Thiessenhusen & Gröger, 2017).

Damit stellt sich die Frage, in wieweit Kohlenstoffdioxid und Klimawandel in der Schule thematisiert werden können. Diese Fragestellung ist auch schon für die Grundschule elementar, denn ein naturwissenschaftliches Grundverständnis ist ganz wesentlich, um Aspekte von Umweltbildung und Nachhaltigkeit zu begreifen und um ein entsprechendes Verhalten und Denken auszubilden (Höper, Janssen & Spitzer, 2017). Im Rahmen einer Kooperation mit der Universidad de Antioquia (UdeA) in Medellín, Kolumbien, wird dieser Frage für die beiden Länder vergleichend nachgegangen und untersucht, ob Dritt- und Viertklässlern der Begriff Kohlenstoffdioxid bekannt ist, woher sie ihr Wissen darüber haben und welche Vorstellungen zum Stoff Kohlenstoffdioxid bestehen.

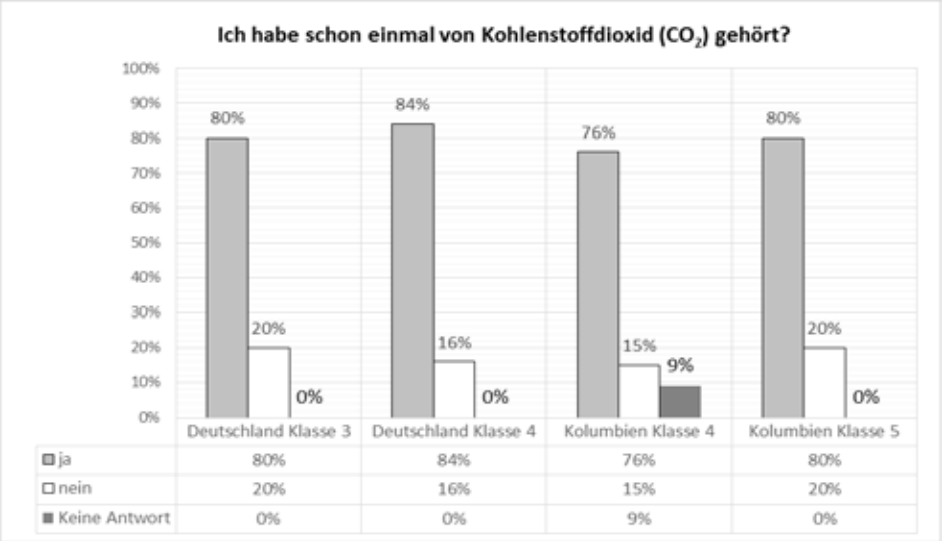


Abb. 1: Kenntnis von Kohlenstoffdioxid in Deutschland und Kolumbien

Die Bildungssysteme von Deutschland und Kolumbien unterscheiden sich deutlich. Im Vergleich zum deutschen Bildungssystem gliedert sich das kolumbianische in vier

verschiedene Abschnitte: Die Vorschule/Kindergarten (Preescolar), die Grundschule (Básica), Oberschule (Media) und die Hochschulbildung (Superior). Der Bildungsabschnitt Básica ist mit der deutschen Grundschule vergleichbar, jedoch entspricht das Altersniveau der dritten Klasse in Deutschland der vierten Klasse in Kolumbien, respektive die vierte Klasse in Deutschland der fünften Klasse in Kolumbien. Daher wird beim Vergleich beider Länder die dritte mit der vierten bzw. die vierte mit der fünften Klasse verglichen, um Aussagen von Schülerinnen und Schülern des gleichen Alters zu erhalten (Thiessenhusen u.a., 2017).

Wissen über Kohlenstoffdioxid in Deutschland

Zunächst wurde gefragt, ob in den Jahrgangsstufen drei und vier der Begriff des Kohlenstoffdioxids überhaupt bekannt ist (Abb. 1). In der dritten Klasse gaben 80 % der Befragten an, den Begriff zu kennen. In der vierten Klasse kannten 84 % den Begriff Kohlenstoffdioxid. In der dritten Klasse gaben 50 % an, Wissen über Kohlenstoffdioxid aus den Medien zu bekommen, 28 % aus dem Elternhaus und 15 % aus der Schule. In der vierten Klasse ist die Verteilung ähnlich, wobei 50 % auf die Medien, 21 % auf das Elternhaus und 7 % auf die Schule entfallen. Weiterhin ist es interessant, in welchen Medien die Schülerinnen und Schüler von Kohlenstoffdioxid gehört haben. Das Fernsehen dominiert in Deutschland klar mit 74 % der Befragten in der dritten Klasse und 69 % der Kinder in der vierten Klasse. Viele Lernende nannten Kindersendungen und Wissensmagazine als Quelle. Die Medien Zeitung, Buch und Radio spielen genauso wie das Internet keine nennenswerte Rolle.

Wissen über Kohlenstoffdioxid in Kolumbien

In Kolumbien haben 76 % der befragten Kinder in Klasse 4 und 80 % derjenigen in Klasse 5 angegeben, Kohlenstoffdioxid zu kennen. Zu berücksichtigen gilt, dass in der vierten Klasse 9 % der Schülerinnen und Schüler keine Antwort abgegeben haben. In der vierten Klasse geben alle Schülerinnen und Schüler, die die Frage positiv beantwortet haben, an, dass sie ihr Wissen zu Kohlenstoffdioxid aus dem Unterricht kennen. Dies ist nachvollziehbar, da im Fach Naturwissenschaften ab der vierten Klasse das Thema Kohlenstoffdioxid im Lehrplan verankert ist. In Kolumbien spielt das Elternhaus als Informationsquelle zum Themenfeld Kohlenstoffdioxid gegenüber dem Schulunterricht demnach eine deutlich nachgeordnete Rolle, anders als in der Vergleichsuntersuchung in Deutschland. Im Gegensatz zu Deutschland spielen die Medien in Kolumbien keine wesentliche Rolle. Lediglich im fünften Schuljahr wurde von 8 % der befragten Kinder gesagt, dass sie bereits im Fernsehen und in den Nachrichten etwas über Kohlenstoffdioxid gehört haben.

Vorstellungen über den Stoff Kohlenstoffdioxid in Deutschland und Kolumbien

Bei der Frage nach den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler wurden in Deutschland häufig sinnliche Erfahrungen genannt. Dazu gehören Antworten, die sich auf Sichtbarkeit, Farbe, Geschmack, Geruch oder Gestalt/Form beziehen. Bereits in der dritten Klasse fallen Teilchen- und Stoffbegriff. Kohlenstoffdioxid wird zudem häufiger als giftiges Gas bezeichnet. Oft wird es als nicht sichtbar oder unsichtbar beschrieben, teilweise aber auch als grüne oder blaue Punkte. Beispielsweise wurden einige Aussagen getroffen wie „CO_2 ist ein Sticksoff. Es verändert das Klima und bringt Eisberge zum Schmelzen“ oder „Es verschmutzt die Umwelt“. Einige Schülerinnen und Schüler gaben auch einen direkten Bezug zu den Verursachern des erhöhten Eintrags von Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre („CO_2 kommt in der Nähe von Fabriken und Kraftwerken am meisten vor“). In Kolumbien haben nur wenige Schülerinnen und Schüler konkrete Vorstellungen genannt. Oft werden die Themenfelder Atmung und Umweltverschmutzung genannt. Aspekte des Klimawandels nehmen dagegen lediglich eine Randstellung ein.

Diskussion der Ergebnisse

Sowohl für Deutschland wie für Kolumbien kann festgestellt werden, dass ein Großteil der Kinder der dritten und vierten Klasse bzw. deren Pendants in Kolumbien den Begriff Kohlenstoffdioxid kennen. In Deutschland lernen die Kinder den Begriff vor allem über die Medien und das Elternhaus kennen, kaum über die Schule, obwohl eine Verankerung des Themas im Sachunterricht in den Themenfeldern „Raum und Technik" im Schwerpunkt „Ressourcen und Energie", „Natur und Leben", im Schwerpunkt „Tiere, Pflanzen und Lebensräume" sowie im Themenbereich „Umweltschutz und Nachhaltigkeit" im Schwerpunkt „Raum, Umwelt und Mobilität" möglich erscheint (Lehrplan Sachunterricht NRW, 2008). Schon Grundschulkinder sind sich durch die öffentliche Diskussion der Problematik des Klimawandels bewusst.

In Kolumbien lernen die Schülerinnen und Schüler den Begriff insbesondere in der Schule, da Kohlenstoffdioxid schon früh im Unterricht thematisiert wird. Das Thema Kohlenstoffdioxid bezieht sich im kolumbianischen Lehrplan jedoch nur auf humanbiologische Aspekte (Themenfeld Atmung beim Menschen). In den Schulbüchern in Kolumbien wird Kohlenstoffdioxid auch kaum mit dem Klimawandel oder der Erderwärmung in Verbindung gebracht, sondern eher als „Verschmutzung" der Luft in etwa analog zu einem durch Müll verschmutzten Wald. Dort wird Kohlenstoffdioxid definiert als „ein Gas, das sich in der Luft findet. Tiere und Pflanzen setzen Kohlenstoffdioxid beim Atmungsprozess frei" (García & Cuadris, 2006, Übersetzung der Autoren) oder auch „als Teil der Luft, den dein Körper [während des Atmungsprozesses] freisetzt" (Hill, 2007), d.h. also ein Gas, das als Abfallprodukt bei Atmungsprozessen von Pflanzen und Tieren entsteht (García & Cuadris, 2006). Eine Verbindung zum Klimawandel gibt es hier nicht, obwohl es sich anbieten würde. Grundsätzlich nimmt der Klimawandel in der Diskussion innerhalb der kolumbianischen Gesellschaft eine untergeordnete Rolle ein.

Literatur

García, M., Cuadris, N. (2006): Portal de la Ciencia: Ciencias Naturales y Edicación ambiental 2. Editorial Norma.

Hill Nettleton, P. (2007): Inhala, exhala: aprende sobre tus pulmones. Editoral panamericana.

Höper, J., Janssen, M., Spitzer, P. (2017): Chemie und Natur – ein Gegensatz für Lehramtsstudierende? Eine vergleichende Betrachtung zur Situation in Deutschland und Norwegen. In: Gröger, M., Wiesemann, J. und Janssen, M. (Hrsg.): Nachhaltig Handeln lernen im Sachunterricht. Siegen: Universi-Verlag, S.277-288.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein Westfalen (2008): Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein Westfalen. Frechen: Ritterbach Verlag.

Thiessenhusen, M., Gröger, M. (2017): Ozeanversauerung. Die andere Seite des Klimawandels in der Schule. In: Gröger, M., Wiesemann, J. und Janssen, M. (Hrsg.): Nachhaltig Handeln lernen im Sachunterricht. Siegen: Universi-Verlag, S.229-242.

Thiessenhusen, M., Gröger, M., Heck, V. & Zuleta, M. (2017): Kohlenstoffdioxid: Ein Thema für die Grundschule? Ein Vergleich der Kenntnisse von deutschen und kolumbianischen Schülerinnen und Schülern. In: Gröger, M., Wiesemann, J. und Janssen, M. (Hrsg.): Nachhaltig Handeln lernen im Sachunterricht. Siegen: Universi-Verlag, S.263-275.

Marc Thiessenhusen Universität Siegen
Martin Gröger

„Ozeanversauerung“ im Chemieunterricht? Ergebnisse einer Fragebogen- und Interviewstudie zum Unterrichtseinsatz

Die Zunahme des anthropogenen Eintrags von Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre wirkt sich nicht nur auf die Erhöhung der globalen Mitteltemperatur aus, sondern spielt auch eine maßgebliche Rolle bei der „Versauerung“ unserer Ozeane. Denn von den jährlich rund 30 Milliarden Tonnen Kohlenstoffdioxid, die in die Atmosphäre eingebracht werden, gelangen rund 27 % in die natürliche Senke Ozean (Le Quéré u.a., 2013). Die „Ozeanversauerung“ ist jedoch ein im schulischen Rahmen wenig beachtetes Problemfeld, obwohl die Auswirkungen, die durch das Absinken des pH-Werts im Ozean auftreten, tiefgreifend sein können. So ist der pH-Wert des Ozeans im globalen Mittel von ehemals 8,2 auf derzeit 8,1 gesunken und könnte nach Prognosen des IPCC bis zum Jahr 2100 auf einen Wert von 7,7 sinken (IPCC, 2013 und Lozán u.a., 2011). Dies entspräche einer „Versauerung“ um mehr als 150 % gegenüber dem vorindustriellen Zeitraum, wobei genauer nur von einem weniger alkalischeren Ozean gesprochen werden kann (Thiessenhusen & Gröger, 2017). Insbesondere marine Organismen wie Kalkalgen, Muscheln oder Korallen, die ihre Skelette oder Schalen aus Calciumcarbonat aufbauen, haben unter dem Absinken des pH-Werts zu leiden.

Im Gegensatz zur Zunahme von Wetterextremen und der Erderwärmung im Zuge des Klimawandels (z.B. im Lehrplan Gesamtschule in den Fächern Gesellschaftslehre und Naturwissenschaften in Jahrgang 7/8) ist die „Ozeanversauerung“ bisher nicht im schulischen Kontext angekommen, obwohl es ein wichtiger Aspekt des Klimawandels und damit als ein epochaltypisches Schlüsselproblem im Sinne Klafkis angesehen werden kann (Klafki, 1996). Im Rahmen eines fachdidaktischen Forschungsprojekts an der Universität Siegen wurde untersucht, welches Grundlagenwissen und welche Ideen bzw. Vorstellungen Schülerinnen und Schüler verschiedener Jahrgangsstufen zum Themenfeld Kohlenstoffdioxid bereits besitzen. Im Sinne des Dortmunder Modells der fachdidaktischen Entwicklungsforschung wurde dazu zunächst eine Fragebogenstudie durchgeführt und davon ausgehend ein Design-Experiment mit der Zielstellung entwickelt, ob und in welcher Altersstufe der Aspekt der „Versauerung der Ozeane“ im Chemieunterricht für die Lernenden nachvollziehbar thematisiert werden kann.

Grundlagenwissen zu Kohlenstoffdioxid

Um zunächst also zu ermitteln, welches Grundlagenwissen Schülerinnen und Schüler zu Kohlenstoffdioxid besitzen, wurden an Grundschulen und an einem Gymnasium in Nordrhein-Westfalen insgesamt 397 Lernende mittels Fragebogeneinsatz befragt. Die Auswertung der Fragebögen erfolgte mit einer inhaltlich strukturierenden, qualitativen Inhaltsanalyse und der induktiven Erstellung eines Kategoriensystems (Abb. 1). In der dritten und vierten Klassenstufe gaben 75,9 % bzw. 80,9 % der befragten Kinder an, den Begriff Kohlenstoffdioxid bereits zu kennen. In der Sekundarstufe I war praktisch allen Lernenden Kohlenstoffdioxid bekannt. Die Schule spielt bei der Herkunft des Wissens insbesondere in der Sekundarstufe I eine Rolle. Im 5. und 6. Jahrgang erhält das Fach Biologie mit 53,8 % bzw. 60,7 % die meisten Nennungen, während ab dem 7. Jahrgang die Bedeutung des Faches Chemie stark zunimmt (64,9 % im 7. Jahrgang). Das Fach Physik wird lediglich im 6. Jahrgang nennenswert als Quelle für Wissen über Kohlenstoffdioxid angegeben (23,2 %). Auch die Medien sind präsent: Vom dritten bis zum sechsten Jahrgang

ist das Fernsehen das wichtigste Informationsmedium über Kohlenstoffdioxid, danach sind es Nachrichten, bevor im neunten Jahrgang wieder das Fernsehen die meisten Nennungen erhält.

Kohlenstoffdioxid wird zumeist als Gas identifiziert, welches vom überwiegenden Teil der Befragten als durchsichtig und schädlich charakterisiert wird. Keiner der befragten Schülerinnen und Schüler gab an, dass Kohlenstoffdioxid nützlich ist, nur sehr wenige, dass Kohlenstoffdioxid bei Verbrennungsprozessen entsteht. Oftmals wurden Industrie, Verkehrsmittel sowie der Mensch als Verursacher für den steigenden Kohlenstoffdioxidgehalt angegeben. Weiterhin wurde der Klimawandel als Folge des Anstiegs von Kohlenstoffdioxid von den meisten Jahrgangsstufen genannt. In den Klassenstufen 4 bis 6 wurde mit dem Anstieg des Kohlenstoffdioxidgehaltes in der Atmosphäre häufig eine Verschmutzung der Umwelt assoziiert.

Abb. 1: Kategoriensystem zur Auswertung der Fragebogenstudie

Design-Experiment zur Versauerung

Die Frage, ab welcher Altersstufe der Aspekt der „Ozeanversauerung" im Chemieunterricht für die Lernenden nachvollziehbar thematisiert werden kann, wurde mittels eines Design-Experiments mit einem Interview in Kleingruppen bearbeitet. Insgesamt wurden in Kleingruppen 56 Lernende interviewt. Die Auswertung der halbstrukturierten und problemzentrierten Interviews erfolgte durch eine inhaltlich strukturierende qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) mithilfe des Programms MAXQDA.

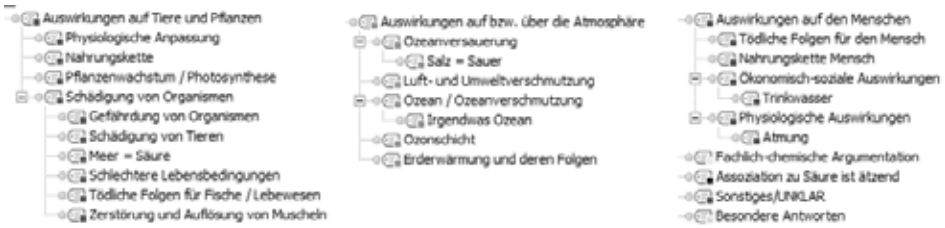


Abb. 2: Kategoriensystem zur Auswertung der Transferfrage im Design-Experiment

Die induktiv erstellte kategorienbasierte Auswertung zielt vollständig auf eine reine Darstellung der Schülerantworten ab und stellt daher das gesamte Antwortspektrum dar (Abb. 2). Das Kategoriensystem gliedert sich in vier Hauptkategorien, die sich inhaltlich auf

die Auswirkungen und Folgen auf Tiere und Pflanzen, die Auswirkungen auf bzw. über die Atmosphäre, die Auswirkungen auf den Menschen sowie mit der fachlich-chemischen Argumentation beziehen. Neben den Hauptkategorien wurde weiterhin nach Aussagen zu „Säuren sind ätzend“ und besonderen Antworten getrennt.

Im Design-Experiment wird der Prozess der „Versauerung“ des Ozeanwassers beim Einleiten von Kohlenstoffdioxid und zudem die Auflösung von Kalk im Wasser thematisiert. Zunächst wird Leitungswasser mit Bromthymolblau gefärbt, in einem Sodastream CO_2 in eine Flasche eingeleitet und die Versauerung so mittels eines abrupten Farbumschlags sichtbar gemacht. Der Farbumschlag von Bromthymolblau geschieht zwischen pH 7 und 6. Da Leitungswasser in der Regel leicht alkalisch ist, färbt sich das mit Bromthymolblau angereicherte Wasser von blau zu gelb. Im zweiten Teil wird mit einer gemörserten Muschelschale eine Suspension mit Leitungswasser hergestellt und durch die Zufuhr von Kohlenstoffdioxid im Sodastream aufgeklart. Das Aufklaren der zuvor hervorgerufenen Trübung basiert darauf, dass der Muschelkalk als Calciumhydrogencarbonat in Lösung geht (Thiessenhusen & Gröger 2017). Da in diesem Versuch mit echten Muscheln sehr praxisnah gearbeitet wird, bietet sich den Schülerinnen und Schülern ein authentischer Lerngegenstand, der das Verständnis des chemischen Prozesses erleichtern soll.

Folgende Resultate können festgestellt werden: In den Klassenstufen 3 und 4 werden die Experimente nur teilweise nachvollzogen. Ein Transfer vom Modell zur Realsituation gelingt nur vereinzelt; oft werden Auswirkungen auf Tiere und Pflanzen sowie Folgen für den Menschen erläutert. Ein chemisches Verständnis für den Prozess der Versauerung und die Zersetzung des kalkhaltigen Materials bringen die befragten Schülerinnen und Schüler nicht auf. In der Sekundarstufe 1 gelingt der Transfer deutlich besser; es zeigen sich vielfältige Vorstellungen und Ideen zum Einfluss des Kohlenstoffdioxidgehalts in der Atmosphäre auf das Leben an Land und im Meer. Besonders in den höheren Jahrgangsstufen werden nicht nur Auswirkungen wie die Schädigung von kalkbildenden Organismen beschrieben, es wird auch auf ökonomisch-soziale Folgen eingegangen. Zudem werden nicht nur negative Aspekte wie z.B. die Schädigung von Korallen, sondern auch positive Folgen wie beispielsweise verstärktes Pflanzenwachstum beschrieben. Die Problematik wird verstanden, die fachlich-chemische Argumentation u.a. über das Kohlensäuregleichgewicht ist jedoch auch in den höheren Jahrgangsstufen nur gering ausgeprägt.

Schlussfolgerungen

Bereits in der Grundschule sind bei den Schülern Vorstellungen zum Treibhausgas Kohlenstoffdioxid vorhanden. Eine Thematisierung im Rahmen der Ozeanversauerung bietet sich aufgrund des nur rudimentären chemischen Verständnisses jedoch erst in der Sekundarstufe 1 an. Hier sind die Vorstellungen und das Wissen insbesondere an die Fächer Chemie und Biologie geknüpft. Schon in den Klassen 5/6 lässt sich die Thematik Ozeanversauerung anhand der ausgewählten Ergebnisse sinnvoll besprechen. Die Problematik wird verstanden. In den höheren Jahrgängen ist die fachlich-chemische Argumentation dann noch ausgeprägter und den Interviewten gelang häufiger ein Transfer vom Modellexperiment zur Realsituation, wodurch sich eine Implementierung in den naturwissenschaftlichen Unterricht, aus sozio-ökonomischen Gründen weiterhin aber auch im gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht bzw. im Fach Erdkunde anbietet.

Literatur

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change – Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (2013): Klimaänderungen 2013. Naturwissenschaftliche Grundlagen. Online unter: https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/ar5-wg1-spm.pdf (zuletzt geprüft am 12.10.2017).

Klafki, W. (1996). Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim: Beltz Verlag.

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim/Basel: Beltz Juventa.

Le Quéré, C. u.a. (2014). Global carbon budget 2013. In: Earth System Science Data, 6, S. 235-261. Online unter: https://www.earth-syst-sci-data.net/6/235/2014/essd-6-235-2014.pdf (zuletzt geprüft am 02.10.2017).

Lozán, J. u.a. (2011). Die Meere und der Klimawandel: Ein Überblick. In: Lozán, J. & Graßl, H. (Hrsg.): Warnsignal Klima: die Meere – Änderungen & Risiken. GEO Wissenschaftliche Fakten, S. 11-18.

Thiessenhusen, M., Gröger, M. (2017). Ozeanversauerung. Die andere Seite des Klimawandels in der Schule. In: Gröger, M., Wiesemann, J. und Janssen, M. (Hrsg.): Nachhaltig Handeln lernen im Sachunterricht. Siegen: Universi-Verlag, S. 229-242.

Dirk Thode
Horst Schecker
Universität Bremen

Bewerten im Physikunterricht: Wirksamkeit einer Unterrichtskonzeption

Anlage der Unterrichtskonzeption

Gegenwärtig adressiert Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe nur einen sehr kleinen Teil der Schülerschaft, im Wesentlichen die hoch Fachkompetenten und intrinsisch Motivierten (Merzyn 2008, 141). Diese Ausrichtung des Unterrichts wird seinem Bildungsauftrag nicht gerecht, wenn ein Großteil der Schülerinnen und Schüler nicht angesprochen und erreicht wird. Die hier skizzierte Unterrichtskonzeption richtet sich auch an Schülerinnen und Schüler, die eher an Anwendungsbezügen und Fragen des Nutzens von Physik für die Bewertung naturwissenschaftlich-technischer Sachverhalte interessieren. Sie wurde für den Physikunterricht der Eingangsphase der gymnasialen Oberstufe am Thema *Radioaktivität* exemplarisch ausgearbeitet.

Der Kompetenzbereich Bewertung, bzw. „Über die Bezüge der Physik reflektieren“ (KMK, 2004) steht steht in dieser Konzeption nahezu gleichwertig neben dem Fachwissen, das als Voraussetzung für eine gelungene Einbettung der Bewertungskompetenz in den Physikunterricht anzusehen ist. Häufig bewerten Lernende jedoch ohne erworbenes Fachwissen zu nutzen (vgl. Kolstø 2006, 1713). Dies liegt an einer bereits zum Sachverhalt entwickelten Einstellung, sodass die Beurteilungen intuitiv getroffen werden und, wenn überhaupt, erst im Nachhinein mit Fachwissen untermauert werden (Höttecke 2013, 7). Dies trifft auch bei der Risikobewertung zu. Im Kontext gesundheitlicher Folgen ionisierender Strahlung nimmt das Risiko für gesundheitliche Schäden einen besonderen Stellenwert ein. Der Schwerpunkt der Unterrichtseinheit *Radioaktivität* liegt daher auf der *Reflexion der Risikowahrnehmung*.

Ein einfaches Modell zur Risikowahrnehmung wird im Unterricht eingeführt (siehe Abb. Abb.). Die Art und Weise wie Risiken wahrgenommen werden, hängt demnach von den vier Einflussgrößen ab (vgl. Renn 1984; Sjöberg 2000):
- erwartetes Ausmaß der Folgen,
- Einstellung gegenüber der Risikoquelle,
- erwartete Eintrittswahrscheinlichkeit und
- Risikotoleranz.

Die Einflussgrößen Einstellung und Risikotoleranz beeinflussen wie Risiken *intuitiv* wahrgenommen werden. Intuition zeichnet sich dadurch aus, dass nicht auf Fachwissen zurückgegriffen wird. Entsprechend der Einstellung gegenüber der Risikoquelle werden demnach auch das erwartete Ausmaß der Folgen und die Eintrittswahrscheinlichkeit beeinflusst. Eine negative Einstellung gegenüber Radioaktivität kann beispielsweise zu der Erwartung gravierenderer Folgen führen.

An diesem Punkt setzt im Unterrichtskonzept die Reflexion der Risikowahrnehmung an. Durch das Bewusstmachen der eigenen Einstellung und der Verwendung von Fachwissen (hier bspw. zur biologischen Wirkung ionisierender Strahlung) können adäquatere Entscheidungen getroffen werden. Die Explizierung sonst intuitiver Zugangsweisen zu einem Sachverhalt ist bereits aus der Schülervorstellungsforschung bekannt und kann als Voraussetzung für die Änderung von Vorstellungen bzw. Bewertungsprozessen gesehen werden (Dittmer, Gebhard, Höttecke & Menthe, 2016). Insbesondere im Themengebiet

Radioaktivität kommen intuitive Entscheidungen an ihre Grenzen. Dies liegt unter anderem daran, dass ionisierende Strahlung nicht wahrnehmbar ist und die Intuition entsprechend nicht geschult ist. Bei der Reflexion der Risikowahrnemung ist an dieser Stelle ein Rückgriff auf physikalisches Fachwissen unerlässlich, um reflektiertere Entscheidungen zu treffen.

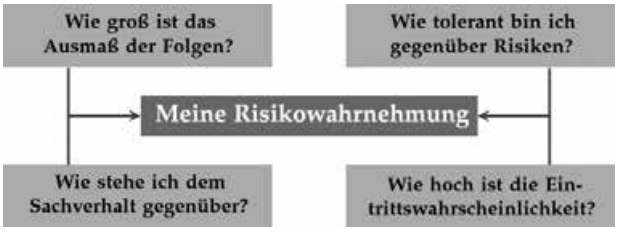


Abb. 1: Modell der Risikowahrnehmung

Am Ende der Unterrichtsreihe sollten die Lernenden in der Lage sein, das einfache Modell der Risikowahrnehmung zur Reflexion eigener Entscheidungen anzuwenden.

Erhebungsdesign

Die Evaluation des Unterrichtskonzepts soll folgende Forschungsfragen klären:
1. Inwiefern erwerben die Schülerinnen und Schüler physikalisches Fachwissen?
2. In welchem Maße wird physikalisches Fachwissen bei der Bewertung von Sachverhalten angewendet?
3. Greifen die Schülerinnen und Schüler dabei das Modell der Risikowahrnehmung auf?

Die Unterrichtsreihe wird durch Testverfahren zur Bewertungsfähigkeit und zum Fachwissen begleitet. Die Lernwirksamkeit bezogen auf das Fachwissen wird durch einen Prä-Post-Test erhoben. Es handelt sich um 48 Aussagen, die von den Lernenden als “richtig” oder “falsch” eingestuft werden müssen. Die Items wurden in Hinblick auf die fachlichen Lernziele, unter Verwendung bekannter Schülervorstellungen zur Radioaktivität (Heinicke 2014) hin entwickelt. Die Reliabilitätsanalyse des Tests ergab ein Cronbachs Alpha von α=.57.

Die Bewertungsfähigkeit wird durch leitfadengestütze Einzelinterviews erhoben. Die Interviews beziehen sich auf eine von den Schülerinnen und Schüler vorher bearbeitete Bewertungsaufgabe (erhöhte Radonkonzentration in einem Schulgebäude). In dieser Aufgabe sollen die Lernenden die berichtete Risikowahrnehmung zweier fiktiver Personen mit Hilfe des Modells einschätzen. Dazu steht ihnen ein Raster mit den vier Elementen der Risikowahrnehmung zur Verfügung. In erster Linie geht es hier darum, eine Grundlage für die nachfolgenden Interviews zu schaffen, die ein bis zwei Wochen später durchgeführt werden und etwa 20 Minuten dauern. Die Lernenden befassen sich eingehend mit dem Kontext der Aufgabe und nehmen verschiedene Sichtweisen auf diesen Kontext ein. Auf diese Einschätzung bezieht sich das Interview im ersten Teil, um die Bewertungskompetenz und das Verständnis des Modells der Risikowahrnehmung zu erheben. Im zweiten Teil des Interviews sollen die Lernenden in diesem Aufgabenkontext ihre eigene Risikowahrnehmung zu dem genannten Beispiel reflektieren. Das Interviewformat wurde gewählt, um genauere Aussagen zu erhalten als es in schriftlichen Tests möglich ist, insbesondere dadurch, dass Nachfragen gestellt werden können. Die Interviews werden durch eine evaluative Frage zur gesamten Konzeption abgeschlossen. Die Interviewten werden gefragt, ob sie an einem Unterricht nach der zuletzt erlebten Konzeption nochmals teilnehmen würden oder doch eher „normalen“ Physikunterricht, wie sie ihn zuvor hatten, vorziehen.

Die Unterrichtskonzeption wurde an vier Kursen in drei Schulen mit insgesamt 49 Lernenden erprobt. Zwei der Kurse wurden dabei von der gleichen Lehrkraft parallel zueinander unterrichtet.

Erste Auswertungsergebnisse

Fachwissen

Nach der Unterrichtseinheit haben die Lernenden besser abgeschnitten (M=26,76, SD=5,67) als vorher dem Unterricht (M=24,24, SD=5,10). Dieser Fachwissenszuwachs ist signifikant, wie ein t-Test ergab, jedoch nicht überraschend groß, wenn man bedenkt, dass die meisten Schülerinnen und Schüler vorher keinen Unterricht zur Radioaktivität hatten (Effektstärke Hedges g^*=.46, t(48)=3.2, p =.001).

Bewertungsfähigkeit

Die qualitative Auswertung der Interviews steht noch am Beginn. Ein Stufenmodell mit Indikatoren für unterschiedliche Ausprägungen der Bewertungsfähigkeit mit Risikowahrnehmung ist dazu in Arbeit. Aus diesem Grunde können hierfür noch keine Aussagen über die Lernwirkungen im Bereich der Bewertungsfähigkeit getroffen werden.

Aus den Aussagen der Interviewten kann allerdings bereits auf eine recht große generelle Akzeptanz der Unterrichtskonzeption geschlossen werden. Ein Beispiel:

"Aber ich finde es auf jeden Fall gut, die Risikowahrnehmung zu lernen und sich damit auszukennen wie man bewusste, reife Entscheidungen trifft. Das muss man nicht nur auf die Physik einsetzen, das kann man auch ganz gut im Leben einsetzen."

Diese Schülerin spricht explizit die Möglichkeit an, Gelerntes auch außerhalb des Physikunterrichts einzusetzen. Diese Aussage ist auch in der Abschlussevaluation wiederzufinden; in allen Kursen wurde der Bezug zum eigenen Leben, der in dieser Konzeption hergestellt wurde (sehr) positiv evaluiert (min. 50% große und sehr große Zustimmung). Auch zeigt sich, dass der Ansatz der Bewertungskompetenz viel Raum zu geben, von den Lernenden positiv wahrgenommen wird:

"Aber wenn man jetzt das mit dem Risiko macht und die eigene Meinungen gefragt sind, wird das alles zu etwas Eigenem und nicht einfach zu etwas Kopiertem. Das ist viel individueller."

Literatur

Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D. & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte. ZfDN. doi:10.1007/s40573-016-0044-1

Heinicke, Susanne. 2014. "'Radioaktivität Entsteht, Wenn Man Strom Herstellt': Alltagsvorstellungen Zu Radioaktivität Und Kernzerfall Bei Schülerinnen Und Schülern." Edited by Susanne Heinicke. *NiU-P* 25 (141/142): 9–13.

Höttecke, Dietmar. 2013. "Bewerten – Urteilen – Entscheiden: Ein Kompetenzbereich Des Physikunterrichts." Edited by Dietmar Höttecke and Rita Wodzinski. *NiU-P* 24 (134): 4–12.

KMK. (2004). Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004.

Kolstø, Stein Dankert. 2006. "Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-Focused Socio-Scientific Issue." *International Journal of Science Education* 28 (14). Informa UK Limited: 1689–1716. doi:10.1080/09500690600560878.

Merzyn, Gottfried. 2008. *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – Immer Unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern Um Das Interesse Der Jugend Im Spiegel Vielfältiger Untersuchungen*. Baltmannsweiler: Schneider.

Renn, Ortwin. 1984. *Risikowahrnehmung Der Kernenergie*. Frankfurt [u.a.]: Campus-Verl.

Sjöberg, Lennart. 2000. "Factors in Risk Perception." *Risk Analysis* 20 (1). Wiley Online Library: 1–12.

Johann Manthey Universität Siegen
Martin Gröger

Mathematische Darstellung bei der Messwertauswertung

Theoretischer Hintergrund

Experimentelle Ergebnisse mit Modellvorstellungen zu verknüpfen ist Forderung der Bildungsstandards der KMK. Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung umfasst dabei beispielsweise die qualitative sowie quantitative Auswertung von Daten oder Messwerten und die Analyse mathematisch zu formulierender Gesetzmäßigkeiten, der Kompetenzbereich Kommunikation das Dokumentieren und Veranschaulichen von Daten in gebräuchlichen Darstellungsformen wie Tabellen, Grafiken und Diagrammen. Ebenso besteht die Forderung die Kompetenzen, die im Mathematikunterricht erworben werden, aktiv im Chemieunterricht anzuwenden.

Die im Mathematikunterricht erworbenen Kompetenzen können jedoch nicht automatisch im Chemieunterricht angewendet werden. Die Lösungswahrscheinlichkeit von Aufgaben durch Umformulieren in einen chemischen Kontext sinkt stark (Kimpel & Sumfleth, 2016). Dies kann unter anderem daran liegen, dass SchülerInnen ein mangelndes Verständnis der dahinterliegenden chemischen Zusammenhänge zeigen, da beispielsweise Molberechnungen den üblichen Rechenregeln widersprechen (Marohn, 2013) oder dass bei Übersetzungen unterschiedlicher Darstellungsformen (Graph → Formel bzw. Formel → Graph) verschiedene Übersetzungsproblematiken entstehen (Bossé, 2011), was durch einen chemischen Kontext weiter verkompliziert wird (Mevarech & Kramarsky, 1997). Darstellungswechsel erfordern das Durchdenken und Durchdringen der Gesamtsituation und stellen dadurch eine hohe kognitive Anforderung dar. Technische Grundfertigkeiten müssen entwickelt werden, um u.a. einen sinnvollen Umgang mit Messergebnissen zu ermöglichen und diese zu interpretieren (Pospiech, 2016).

Ausgegangen wird bei diesen Arbeitsschritten von einem idealtypischen Muster in Form eines Kreislaufprozesses (Abb. 1) nach Goldhausen und DiFuccia (Goldhausen & DiFuccia, 2015).

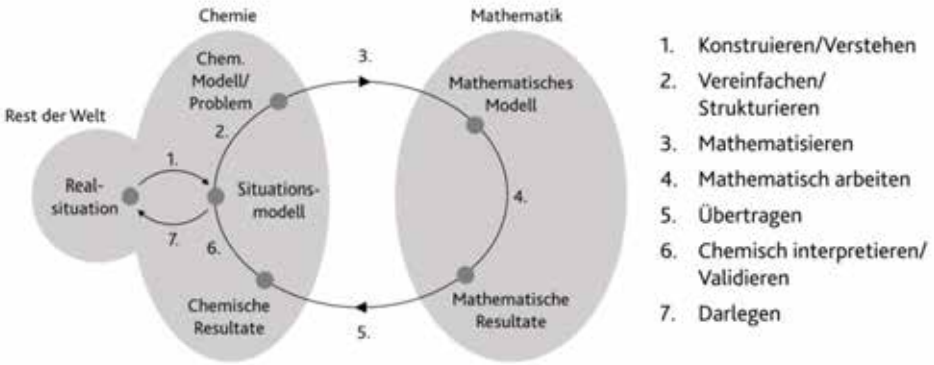


Abb. 1: Kreislaufmodell zur mathematischen Problemlösung im Chemieunterricht nach Goldhausen (Goldhausen & DiFuccia, 2015)

Die Realsituation mit chemischem Kontext muss zunächst mithilfe chemischer Modelle berechenbar gemacht werden, um sie mathematisch zu lösen. Diese Resultate wiederum werden übertragen, chemisch interpretiert und anschließend auf die Realsituation zurückgeführt. Je nach Aufgabenstellung wird dieser Kreislauf mehrfach durchlaufen und im Vorfeld einzelne Bearbeitungsschritte den Kreislaufschritten zugeordnet. Zuvor wird von Experten (StudentInnen) ein idealtypischer Verlauf generiert und als optimal vorgegeben. Anschließend wird mit SchülerInnen identifiziert, bei welchen Schritten Arbeitshilfen erforderlich sind, um die Aufgabe zu lösen, wodurch automatisch die Arbeitsschritte festgestellt werden, bei denen die meisten Probleme entstehen.

Diese Probleme entstehen im Regelfall dadurch, dass Diagramme hoch konventionalisierte Darstellungsformen sind, deren Verständnis intuitiv kaum möglich ist. So werden Liniendiagramme zur Geschwindigkeit häufig als „Rennstrecke“ interpretiert, als Bild des Parcours mit Höhenunterschieden oder Kurven (Lachmeyer, 2008). Gerade Wechsel der Darstellungsformen (unterschiedliche Diagrammformen) sowie das eigene Erstellen eines Diagramms ohne Vorkenntnisse erweisen sich als besonders anspruchsvoll. So werden z.B. bei der Bearbeitung unbekannter Aufgabentypen mehrere Graphen konstruiert, jeweils nur mit einer x-Achse beschriftet und einem einzelnen Punkt - statt einer Geraden oder Kurve - versehen, die dann miteinander in Verbindung stehen. Ein Graph wird dadurch also nur mit einer einzelnen Eigenschaft verknüpft. Erst die Verbindung der Einzelgraphen schafft dann ein Gesamtkonstrukt, was zusätzlich durch erklärende Anmerkungen wie Pfeile ergänzt wird, wodurch jegliche Übersicht verloren geht (Mevarech & Kramarsky, 1997).

Studiendesign

Die Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie an der Universität Siegen bietet seit einigen Jahren das Projekt „ChemTrucking“ an (Spitzer, Krischer & Gröger, 2015). Mit dem mobilen Labor sind umweltanalytische Untersuchungen direkt vor Ort am außerschulischen Lernort möglich. Dabei generieren SchülerInnen mithilfe von Photometern und Messsonden Messdaten, die anschließend ausgewertet und graphisch dargestellt werden. Während dieser Arbeit werden verschiedene Teilschritte mit unterschiedlichen Mathematisierungsgraden durchlaufen, von rein phänomenologischen Betrachtungen bis hin zu (teilweise logarithmischen) Konzentrationsberechnungen, um Messergebnisse interpretieren und verwerten zu können oder Umrechnungen der aufgenommenen Messdaten in verwertbare und vergleichbare Konzentrationen anhand von Kalibrierkurven.

Bei dieser Arbeit treten immer wieder Schwierigkeiten an unterschiedlichen Bearbeitungsschritten auf. Mithilfe einer Think-aloud-Studie mit Smartpen-Aufnahme und Screen-capturing sollen Teilschritte und mögliche Probleme bei dieser Bearbeitung identifiziert werden. SchülerInnen sollen in Zweiergruppen eine Aufgabe mit umweltanalytischem Kontext lösen, bei der sowohl chemische wie auch mathematische Kompetenzen erforderlich sind. Basierend auf dem Kreislaufprozess nach Goldhausen und DiFuccia (Abb. 1) werden zu jedem Bearbeitungsschritt sowohl eine helfende Erklärung wie auch eine Lösung in Form von Hilfekarten bereitgestellt, deren Nutzung auf ein Problem hinweist und zeigen soll, ob an bestimmten Bearbeitungsschritten gehäuft Hindernisse entstehen. Die Aufnahme mittels Smartpen ermöglicht den SchülerInnen eine gewohnte und vertraute Arbeitsumgebung ohne Videoaufzeichnung, wobei die einzelnen Arbeitsschritte im Folgenden als Video ausgegeben werden können und zusätzlich zu einer Audioaufzeichnung die Identifizierung der Arbeitsschritte ermöglichen. Die Diskussionen der Schüler während dieser Arbeit werden analog zu Interviewstudien nach Mayring bzw. Kuckartz ausgewertet (Mayring, 2015 & Kuckartz, 2016).

Die Studie soll zeigen, an welchen Stellen es für Schüler zu Schwierigkeiten in einem idealtypischen Verlauf kommt, ob dieser beispielsweise auf der Seite der chemischen, der Seite der mathematischen Bearbeitung oder den Verknüpfungsbereichen liegt.

Pilotierung und Ausblick

Paramater wie die Konzentration von Schwermetallen in einem Gewässer werden mittels einer ionenselektiven Elektrode gemessen. Da die Messsonden an ein Multimeter angeschlossen werden, wird die Potentialänderung der Sonde als Spannung bzw. Spannungsdifferenz angezeigt und muss anschließend in die tatsächliche Konzentration umgerechnet und graphisch dargestellt werden. Dieser Schritt bedarf einer vorherigen Kalibrierung der Messsonde anhand von Proben mit bekannten Schwermetallkonzentrationen. Der obige Kreislauf wird von den SchülerInnen dabei also zweimal durchlaufen, einmal zur Kalibrierung und einmal zur anschließenden Messung der unbekannten Proben. Indem für jeden Einzelschritt sowohl eine verdeckte Hilfe wie auch eine verdeckte Lösung bereitgestellt wird, zusätzlich zu der Gesprächsaufzeichnung und deren anschließender Analyse, können probleminduzierende Schritte während der Arbeit identifiziert werden.

Für das obige Messprinzip ergeben sich folgende Einzelschritte bei einem doppelten Kreislaufdurchgang, wobei der Schritt von und zur Realsituation nur einmal zu Beginn und zum Ende vollzogen wird:

Kalibrierung:

1. Darstellung der Problem-situation und Messmethode
2. Struktur einer Elektroden-kalibrierung
3. Messwerterfassung
4. math. Darstellung in einem Diagramm
5. Übertrag in chem. Kontext
6. chem. Interpretation im analytischen Kontext
7. -

Messung:

1. -
2. Funktion der Kalibrierung
3. Messwerterfassung
4. math. Umwandlung der Messwerte in Konzentrationen
5. Übertrag in chem. Kontext
6. chem. Interpretation im analytischen Kontext
7. Darlegung und Bewertung der Ergebnisse im Kontext

Eine Pilotierung mit Studierenden des Lehramtes, bei der mithilfe einer Blei-Messsonde die Konzentration gelöster Blei-Ionen in einer Gewässerprobe ermittelt werden soll, zeigt, dass die Vorgehensweise erfolgsversprechend ist und nach Überarbeitung mit SchülerInnen durchgeführt werden kann. Auch ist die Messung von pH-Werten und deren Darstellung geplant, um den mathematischen Anspruch von einem linearen Gleichungssystem auf ein logarithmisches zu erhöhen unter gleichzeitiger Anpassung des chemischen Anspruches der gestellten Aufgabe.

Literatur

Bossé, M. et al. (2011). Assessing the Difficulty of Mathematical Translations. IΣJMΣ Vol. 6 No. 3. S. 113-133

Goldhausen, I., DiFuccia, D. (2015). Mathematische Modelle im Chemieunterricht. Dissertation. S. 83

Kimpel, L., Sumfleth, E. (2016). Chemieaufgaben – Mathematisierung als schwierigkeitserzeugender Faktor. GDCP Tagungsband. S. 521-523

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. 3. Auflage

Lachmeyer, S. (2008). Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht. Dissertation. S. 3

Marohn, A. (2013). Chemische Mathematik - Mathematisierungen im Chemieunterricht verstehen lernen. Unterricht Chemie. S. 8-14

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. 12. Auflage

Mevarech, Z., Kramarsky, B. (1997). From verbal descriptions to graphic representation. Educational Studies in Mathematics. S. 229-263

Pospiech, G. (2016). Formeln, Tabellen und Diagramme. Unterricht Physik. S. 14-21

Spitzer, P., Krischer, D. & Gröger, M. (2015). Out and about chemistry – Chemie lernen an außergewöhnlichen Orten draußen. In: Nachrichten aus der Chemie, 63/1. S. 93-95.

Albert Teichrew Goethe-Universität Frankfurt
Roger Erb

Entwicklung der Modellkompetenz mit dem Zeigermodell am Doppelspalt

Theoretischer Hintergrund

Die Anwendung von Modellen zur Beschreibung naturwissenschaftlicher Phänomene und die Reflexion ihrer Bedeutung für den Erkenntnisprozess sind Bestandteile eines Lernens über die Natur der Naturwissenschaften. Als Modellkompetenz wird daher ein System aus Kenntnissen und Fähigkeiten zur Bewältigung von Anforderungen im Umgang mit naturwissenschaftlichen Modellen bezeichnet (Leisner, 2005). Zur weiteren Strukturierung der Modellkompetenz sind fünf Teilkompetenzen und drei Niveaustufen für den Biologieunterricht entwickelt und empirisch untersucht worden (Krell, 2013; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). Allerdings darf in der Diskussion um den Modellbegriff die begründete Kritik an reduktionistischen Erklärungen durch vorzeitige Modellorientierung nicht ungeachtet bleiben (Westphal, 2014). Die Forderung nach einem reflektierten Umgang mit Modellen im naturwissenschaftlichen Unterricht, der sich am wissenschaftlichen Erkenntnisprozess orientiert, ist naheliegend. Die Arbeit mit Modellen ist deshalb auch ein fester Bestandteil von Kompetenzmodellen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung für Chemie und Physik (Gehlen, 2016; Straube, 2016).

Eine Möglichkeit aktiv mit Modellen zu arbeiten ohne eine umfangreiche mathematische Vorarbeit betreiben zu müssen, stellen virtuelle Experimente in der Optik dar. In einer dynamischen Geometrie-Software können einzelne Variablen beeinflusst und die Ergebnisse mit der Realität verglichen werden (Erb, 2017). Daran schließt sich die allgemeine Forschungsfrage an, wie sich ein solcher Einsatz von Modellen zur Erkenntnisgewinnung in der Modellkompetenz widerspiegelt.

In der hier vorgestellten Vorarbeit wurde im Rahmen des physikalischen Praktikums untersucht, wie sich der Einsatz von Zeigermodellen unterschiedlicher Komplexität zur Behandlung der Interferenz am Doppelspalt auf die Modellkompetenz auswirkt. Eine Kontrollgruppe bearbeitete den Versuch im herkömmlichen Wechsel vom Strahlen- zum Wellenmodell.

Modellvorstellungen als Ausprägungen der Modellkompetenz

Zur Strukturierung der Modellkompetenz wurden die fünf Teilkompetenzen nach Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) verwendet. Die dazugehörigen drei Niveaustufen differenzieren hauptsächlich die Ansichten: Modelle seien direkte Kopien der realen Welt, Modelle dienen der idealisierten Beschreibung von etwas, Modelle würden zur Anwendung für etwas eingesetzt (Erkenntnisgewinnung).

Im Physikunterricht ist der Fokus auf gegenständliche Modelle, die als direkte Kopien wahrgenommen werden könnten, nicht so groß wie im Biologieunterricht, sodass von uns als erste Stufe die naive Vorstellung formuliert wurde: Modelle seien Erklärungen, die das Wesen und die Ursachen der Vorgänge in der Welt vollständig und alternativlos wiedergeben. Damit nehmen Modelle und abstrakte Begriffe eine verständnisbildende Funktion ein, die Wagenschein als ontologisches Missverständnis der Physik bezeichnet (Wagenschein, 1976). Dieser Modellvorstellung würde zum Beispiel die Ansicht entsprechen, Licht könne nicht bloß mathematisch als Welle beschrieben werden, sondern Licht *sei* eine Welle mit all den materiellen Eigenschaften einer Welle. Die anderen zwei Arten von Vorstellungen zu Modellen entsprechen der ursprünglichen Einstufung.

In Tabelle 1 sind Beispielaussagen zu jeder Teilkompetenz und Modellvorstellung eingetragen, die als Grundlage für eine Operationalisierung der Modellkompetenz genommen wurden.

Teilkompetenzen		Modellvorstellungen (Niveaustufen)		
		Modelle als Erklärung	Modelle als Beschreibung	Modelle zur Erkenntnisgewinnung
		Modelle…		
	Eigenschaften von Modellen eines Phänomens	… sagen, wie ein Phänomen zu verstehen ist.	… bilden ein Phänomen idealisiert ab.	… sind theoretische Nachbildungen eines Phänomens.
		Alternative Modelle eines Phänomens …		
	Alternative Modelle eines Phänomens	… liefern andere Erklärungen des Phänomens.	… bilden das Phänomen auf andere Weise ab.	… werden für andere Fragestellungen entwickelt.
		Modelle …		
	Zweck von Modellen	… erlauben Phänomene zu verstehen.	… erlauben Beobachtungen zu interpretieren.	… erlauben Prognosen für zukünftige Beobachtungen.
		Modelle werden dahingehend überprüft, …		
	Testen von Modellen	… ob ihre Erklärungen richtig sind.	… ob sie die Beobachtungen abbilden.	… ob sich ihre Hypothesen stützen lassen.
		Modelle werden geändert, …		
	Ändern von Modellen	… wenn sie nicht richtig konstruiert wurden.	… wenn sie nicht alle Beobachtungen abbilden.	… wenn sie eine Fragestellung nicht beantworten können.

Tab. 1: Beispielaussagen für Teilkompetenzen und Modellvorstellungen

Zeigermodell am Doppelspalt

Der Schwerpunkt des herkömmlichen Versuchs im physikalischen Praktikum zur Interferenz am Doppelspalt liegt im Wechsel vom Strahlen- zum Wellenmodell. Hierbei treten zwei konkurrierende Modelle mit zentralen Konstrukten auf, die auf in der Lebenswelt vorkommenden Erscheinungen basieren. Die Ablösung des einen Konstrukts und die Hervorhebung des anderen kann bei einer unreflektierten Vermittlung als Unzulänglichkeit des bisher genutzten Ansatzes zur Beschreibung optischer Phänomene aufgefasst werden, was die bisherige Lernleistung untergräbt. Währenddessen prägt sich die Vorstellung einer Welle als die scheinbar bessere, dem Licht immanente Wesensart ein.

Eine alternative Möglichkeit sich dem Phänomen der Interferenz zu nähern, basiert auf dem Zeigerformalismus. Wir haben eine alternative Version des Versuchs entwickelt, die an die ursprüngliche Struktur des Praktikums angelehnt ist. Im Vordergrund stand allerdings nicht mehr die Ablösung eines völlig ungeeigneten Modells durch ein geeignetes. Stattdessen sollte während des Versuchs eine computergestützte Überprüfung mehrerer Zeigermodelle unterschiedlicher Komplexität stattfinden und deren Grenzen, aber auch Vorteile diskutiert werden.

Jeweils acht zufällig zugeteilte Studierende bearbeiteten den Versuch entweder im Rahmen des Wellen- oder des Zeigermodells. Ziel der Intervention war es herauszufinden, welchen Einfluss die unterschiedlichen Zugänge auf die Vorstellungen in den fünf Teilkompetenzen haben. Besonders interessant sind dabei Veränderungen in Richtung der dritten Stufe der Modellvorstellung. In der Kontrollgruppe zum Wellenmodell konnten dazu nach dem Versuch mehr Aussagen in der Teilkompetenz zu den Eigenschaften von Modellen verzeichnet werden. In der Interventionsgruppe zum Zeigermodell hingegen gab es erwartungskonform einen Zuwachs an Aussagen bezüglich alternativer Modelle.

In Abbildung 1 sind oben vorhergesagte Intensitätsverläufe und unten das im Experiment ermittelte Intensitätsmuster gegenübergestellt. Die Intensitätsverläufe gehören zu Zeigermodellen, die auf einem oder fünf Zeigern pro Spalt basieren (dunkel- und hellgrau). Zusätzlich bestand die Möglichkeit, den Intensitätsverlauf eines Einzelspalts mit fünf Zeigern anzeigen zu lassen (hellgrau mit dem breiteren Maximum in der Mitte).

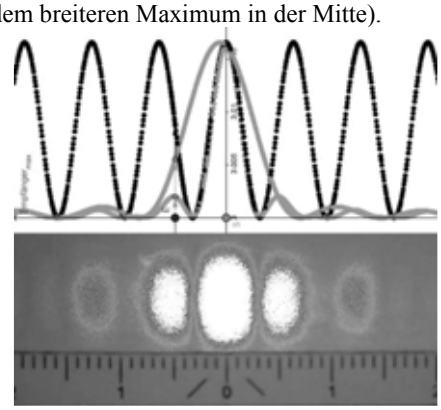


Abb. 1: Modellierte Intensitätsverläufe und eine Aufnahme des realen Intensitätsmusters

Insgesamt liefern die Ergebnisse Hinweise darauf, dass die Vorstellungen zu Modellen bei angehenden Lehrkräften ihrer Rolle im wissenschaftlichen Erkenntnisprozess nicht immer gerecht werden. Die Schwerpunktsetzung auf alternative Modelle hatte eine leichte Verbesserung in dieser Kategorie zur Folge, während in anderen Teilkompetenzen auch nicht anwendungsbezogene Aussagen zunahmen. Ein Grund könnte die fehlende Strukturierung der Versuche sein, die den Einsatz von Modellen für die Erkenntnisgewinnung in allen Teilkompetenzen hervorgehoben hätte.

Kreislauf der Erkenntnisgewinnung

Auf Basis der Erfahrungen aus dieser Vorarbeit und der aktuellen Forschungslage wurde ein Kreislauf der Erkenntnisgewinnung für den naturwissenschaftlichen Unterricht entwickelt, in dem sowohl experimentelle als auch modellbezogene Schritte durchlaufen werden. In Abbildung 2 sind vier zentrale Unterrichtsgegenstände mit wechselseitigen Übergängen dargestellt. Eine Ausrichtung von Lernumgebungen an dieser Struktur sollte zur umfänglichen Förderung von Fähigkeiten und Kenntnissen der Erkenntnisgewinnung beitragen, was in bevorstehenden Studien untersucht wird.

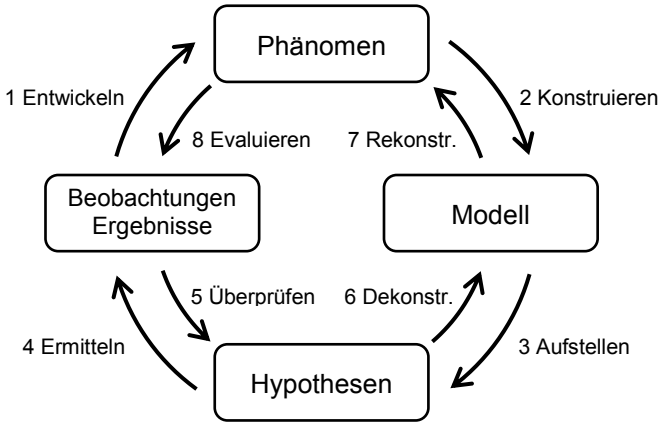


Abb. 2: Acht Schritte der Erkenntnisgewinnung zwischen vier Unterrichtsgegenständen

Literatur

Erb, R. (2017). Optik mit GeoGebra. Berlin; Boston: Walter de Gruyter GmbH

Gehlen, C. (2016). Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie. Berlin: Logos Verlag

Krell, M. (2013). Wie Schülerinnen und Schüler biologische Modelle verstehen: Erfassung und Beschreibung des Modellverstehens von Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Verlag

Leisner, A. (2005). Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht: Eine Evaluationsstudie in der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Verlag

Straube, P. (2016). Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik. Berlin: Logos Verlag

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

Wagenschein, M. (1976). „Rettet die Phänomene“ Beiträge zur pädagogischen Autonomie der Schule. Seminar für freiheitliche Ordnung, Fragen der Freiheit, (Heft 121), S. 50-65

Westphal, N. (2014). Evaluation von phänomenbasiertem Physikunterricht: Seine Merkmale und Wirkungen auf Stereotypen, Selbstkonzept und Interesse. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Berlin

Ines Komor
Helena van Vorst
Elke Sumfleth
Universität Duisburg-Essen

Mathematisches Modellieren in der Physikalischen Chemie

Theoretischer Hintergrund

Die Naturwissenschaften und die Mathematik sind vielseitig verknüpft. Die Analysis als mathematischer Teilbereich dient zum Beispiel in der Chemie zur Beschreibung der Änderung thermodynamischer Größen (Atkins & de Paula, 2008). Zudem sind sowohl für das Verständnis von naturwissenschaftlichen Phänomenen als auch für das Lösen von Problemen mathematische Begriffe sowie Denk- und Arbeitsweisen oft notwendig, beispielsweise zur Mathematisierung oder inhaltlichen Deutung einer mathematischen Formulierung (Höner, 1996). Insbesondere im Teilgebiet der Physikalischen Chemie spielt die Mathematik eine große Rolle. Die Relevanz der Mathematik in der Physikalischen Chemie wird dementsprechend schon in Lehrbüchern zur Physikalischen Chemie dargelegt und zusätzlich mathematisches Grundwissen, zum Beispiel in Form von zusätzlichen mathematischen Exkursen, vermittelt (siehe Atkins & de Paula, 2008; Atkins & de Paula, 2013; Daubenfeld & Zenker, 2017).

Nach Büchter und Leuders (2016) wird der Vorgang, außermathematische Situationen mit Hilfe mathematischer Ausdrücke und Werkzeuge zu beschreiben, als Modellieren bezeichnet. Im Allgemeinen ist ein Modell ein Konzept, welches ein komplexes System vereinfacht darstellt und dabei nur die relevanten Eigenschaften des Systems enthält (Imboden & Koch, 2003). Mathematische Modelle können neben Zahlen, Rechenausdrücken, Termen und Funktionen auch Graphen, Differentialgleichungen oder geometrische Figuren sein (Goldhausen, 2015; Büchter & Leuders, 2016). Zur Beschreibung des Prozesses des mathematischen Modellierens wurde von Blum und Leiß (2005) der mathematische Modellierungskreislauf entwickelt. Goldhausen (2015) hat dieses Modell adaptiert und auf die Chemie übertragen (siehe Abb. 1).

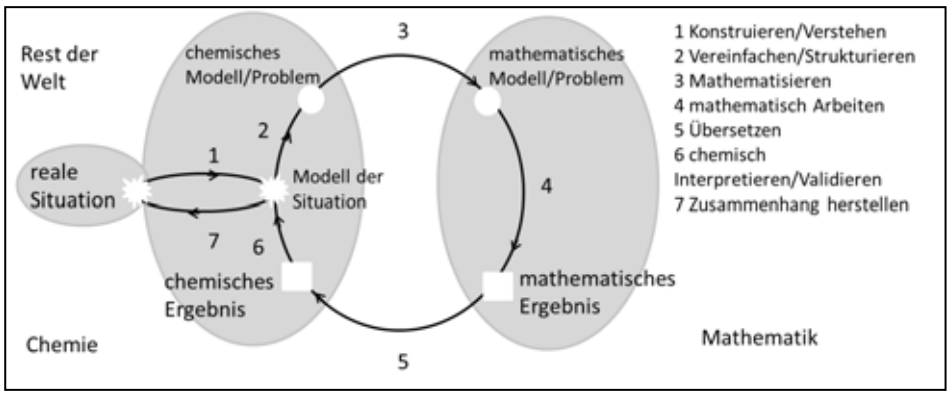


Abb. 1: Prozess des mathematischen Modellierens im Chemieunterricht (nach Schmidt & Di Fuccia, 2012, S.332; Goldhausen, 2015, S.31).

Beim mathematischen Modellieren müssen Lernende zuerst die reale Situation verstehen und die relevanten Informationen identifizieren, um anschließend ein Situationsmodell entwickeln zu können (1). Danach wird das Situationsmodell vereinfacht beziehungsweise

strukturiert (2), sodass ein chemisches Modell oder Problem entsteht. Anschließend wird dieses Modell mathematisiert (3). Daran schließt sich das innermathematische Arbeiten (4) mit dem entwickelten mathematischen Modell an. Das mathematische Resultat muss dann in ein chemisches Resultat übersetzt werden (5). Im Zuge der chemischen Interpretation oder Validierung (6) wird das chemische Ergebnis auf Sinnhaftigkeit und Passung zum Situationsmodel geprüft. Abschließend wird das Ergebnis zurück auf die Realsituation übertragen und dargelegt (7) (Goldhausen, 2015; Kimpel, eingereicht).

Das Durchlaufen des Modellierungskreislaufs ist jedoch häufig dadurch erschwert, dass nach Goldhausen (2015) das chemische Grundwissen der Lernenden nicht ausreicht, um ein tragfähiges chemisches Modell zu entwickeln. Besondere Defizite der Lernenden sieht Goldhausen (2015) bei der Entwicklung eines Modells, beim chemischen Grundwissen und bei der Identifizierung der relevanten Informationen aus der Realsituation. Zwar ist das benötigte mathematische Grundwissen vorhanden, jedoch haben Lernende sowohl beim Übertragen ihrer Kenntnisse aus dem Mathematikunterricht auf chemische Fragestellungen als auch bei der Übertragung erarbeiteter mathematischer Formalismen für ein bestimmtes chemisches Problem auf ein anderes Problem Schwierigkeiten (Fach, de Boer, Endres, & Parchmann, 2006; Kimpel, eingereicht). Damit sind die Probleme bei der Anwendung von Mathematik in einem chemischen Kontext sowohl auf mangelnde Fähigkeiten im Transfer als auch auf unzureichende mathematische Fähigkeiten zurückzuführen (Hoban, 2011). Nach Kimpel (eingereicht) wissen Studierende zudem oft nicht, unter welchen Bedingungen eine Formel eingesetzt werden kann. In der Allgemeinen Chemie haben die Studierenden insbesondere bei der Auswahl der richtigen Formel und beim Gebrauch ihrer mathematischen Fähigkeiten innerhalb einer chemischen Problemstellung Schwierigkeiten, obwohl ihre mathematischen Fähigkeiten für die in der Allgemeinen Chemie durchzuführenden mathematischen Operationen prinzipiell ausreichend sind (Kimpel, eingereicht). Ob die mathematischen Fähigkeiten der Lernenden zur Bewältigung der geforderten Schritte des Modellierungskreislaufs genügen, scheint demnach vom jeweiligen Inhalt abzuhängen. Für die Physikalische Chemie wurde der mathematische Modellierungskreislauf bisher noch nicht detailliert untersucht. Es lässt sich aber vermuten, dass in der mathematisch komplexeren Physikalischen Chemie auch Defizite im Bereich der Mathematik zu beobachten sind, da die verwendeten Formeln und mathematischen Operationen komplexer und zudem auch Herleitungen relevant sind (Kimpel, eingereicht). Auf der Grundlage der dargestellten Ausgangslage soll in der vorgestellten Studie untersucht werden, an welchen Schritten des mathematischen Modellierungskreislaufes Studierende in der Physikalischen Chemie Schwierigkeiten haben.

Studiendesign

Für die Herangehensweise in dieser Studie wurde ein qualitatives Studiendesign gewählt. Es wurden halbstandardisierte Interviews mit Studierenden des Bachelorstudiengangs Lehramt Gy/Ge und BK Chemie (N = 10) geführt. Als Interviewleitfäden wurden drei typische Aufgabenstellungen aus der Physikalischen Chemie mit steigendem Schwierigkeitsgrad verwendet. Ausgehend von einem für die Physikalische Chemie typischen Aufgabenstamm wurden weitere Teilaufgaben formuliert, welche die durchzuführenden Schritte aus dem Modellierungskreislauf abdeckten. Es wurden zudem adaptiv Hilfekarten eingesetzt, sobald ein Proband die Teilaufgabe nicht weiter selbstständig lösen konnte. Diese Hilfekarten beinhalteten zum Beispiel einen Denkanstoß oder eine Teillösung. Die Interviews dauerten zwischen 17 und 67 Minuten. Die Auswertung erfolgte mithilfe eine qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015).

Ergebnisse

Die Leistungen der Studierenden nehmen erwartungskonform insgesamt von Aufgabe 1 über Aufgabe 2 hin zu Aufgabe 3 bei steigender Aufgabenschwierigkeit ab. Die Studierenden verstehen die Situation und erhalten ein geeignetes Modell der Situation. Erste Schwierigkeiten bekommen die Studierenden bei der expliziten Verbalisierung der vereinfachenden Annahmen (1). Sie scheinen ihnen jedoch implizit bewusst zu sein, da die Entwicklung eines chemischen Modells (2) im nächsten Schritt des Modellierungskreislaufs den Studierenden gelingt. Den folgenden Schritt der Mathematisierung (3) können die Studierenden nur dann erfolgreich bewältigen, wenn sie über ein ausreichendes Vorwissen aus der Allgemeinen Chemie und über die notwendigen mathematischen Kenntnisse verfügen. Der Schritt des mathematischen Arbeitens (4) bereitet den Studierenden im Allgemeinen zwar keine Schwierigkeiten, auffällig sind jedoch die Probleme bei der Umformung von Einheiten, die insbesondere bei wenig vertrauten Inhalten auftreten. Insgesamt haben die Studierenden große Defizite bei den notwendigen Fähigkeiten aus der Differential- und Integralrechnung. Der Rückbezug des Ergebnisses (5) gelingt den Studierenden weniger gut als das Aufstellen des Modells. Dies könnte ein Indiz dafür sein, dass zum einen das chemische Modell nicht tragfähig ist und zum anderen die verwendeten Interviews mit der gewählten Auswertungsmethode die Güte des chemischen Modells nicht angemessen misst. Der Schritt der Validierung bereitet den Studierenden keine Schwierigkeiten.

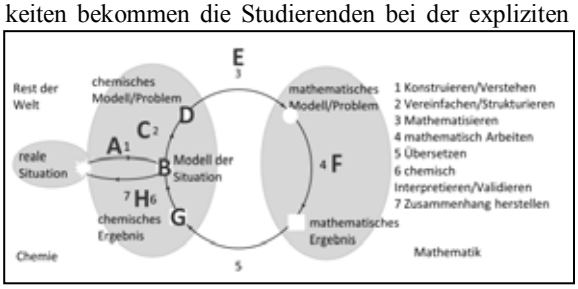


Abb. 2: Zuordnung der Teilaufgaben zu den Modellierungsschritten.

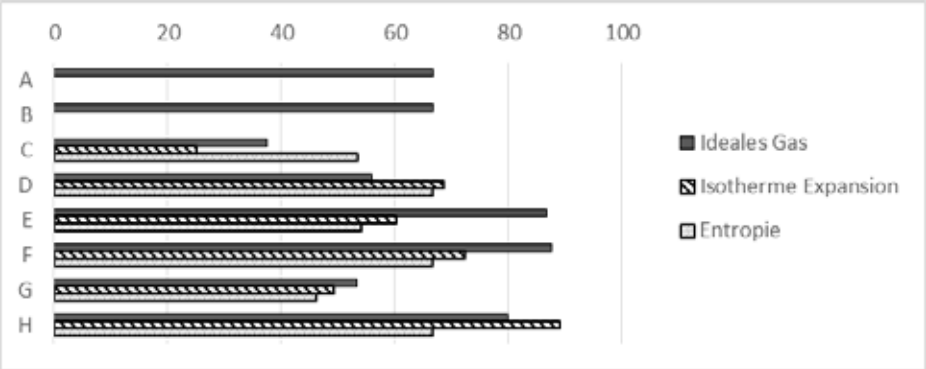


Abb. 3: Durchschnittlich gelöster Anteil je Teilaufgabe für die drei Aufgaben in Prozent. Teilaufgabe A und B sind nur in Aufgabe 1 „Ideales Gasgesetz" enthalten.

Fazit

Die Analyse der Aufgabenbearbeitungen zeigt, dass die Studierenden vor allem bei der Modellierung und der Mathematisierung Schwierigkeiten haben. Zudem weisen sie insbesondere in Bezug auf die notwendigen mathematischen Fähigkeiten große Defizite auf. Basierend auf den Ergebnissen der Studie soll nun in einer folgenden Untersuchung ein Messinstrument zur Erfassung der mathematischen Modellierungskompetenz sowie ein Förderprogramm für die Physikalische Chemie entwickelt werden.

Literatur

Atkins, P. W. & de Paula, J. (2008). Kurzlehrbuch Physikalische Chemie. Chemie (4., vollständig überarbeitete Auflage). Weinheim: Wiley-VHC.

Atkins, P. W. & de Paula, J. (2013). Physikalische Chemie (5., vollständig überarbeitete Auflage). Weinheim: Wiley-VCH.

Blum, W. & Leiß, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der „Tanken"-Aufgabe. mathematik lehren, 128, 18-21.

Büchter, A. & Leuders, T. (2016). Mathematikaufgaben selbst entwickeln: Lernen fördern-Leistung überprüfen (7., überarbeitete Neuauflage). Berlin: Cornelsen.

Daubenfeld, T. & Zenker, D. (2017). Reiseführer Physikalische Chemie : Entdecke die fantastische Welt der Thermodynamik!. Berlin, Heidelberg: Springer.

Fach, M., de Boer, T., Endres, W., & Parchmann, I. (2006). Mathematik als Brücke zwischen Stoff- und Teilchenbetrachtungen. In A. Pitton (Hrsg.), Tagungsband zur Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) 2005. Lehren und Lernen mit neuen Medien (S.281-283). Berlin: LIT Verlag.

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

Hoban, R. (2011). Mathematical Transfer by Chemistry Undergraduate Students. PhD Thesis, Dublin City University. DCU Online Reseach Access Service (DORAS). Dublin, [Online] http://doras.dcu.ie/16648/1/Richard_Hoban_PhD_Thesis.pdf [13.08.2017]

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

Imboden, D. M. & Koch, S. (2003). Systemanalyse. Einführung in die mathematische Modellierung natürlicher Systeme. Berlin: Springer.

Kimpel, L. (eingereicht). Aufgaben in der Allgemeinen Chemie – zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (12., überarbeitete Auflage). Weinheim [u.a.]: Beltz.

Schmidt, I. & Di Fuccia, D.-S. (2012). Mathematical Models in Chemistry Lessons. CnS – La Chimica nella Scuola, XXXIV–3, 331-335.

Stefan Bechstein RWTH Aachen University
Josef Riese
Achim Stahl

Entwicklung und Evaluation eines Lehr-Zyklotrons

Im vorgestellten Projekt soll ein kleines Lehr-Zyklotron entwickelt werden, mit dem im universitären Lehrbetrieb oder im Schulunterricht experimentiert werden kann. Dieser Beitrag befasst sich mit den Hintergründen, die zur Entwicklung führen, zudem werden erste Ideen für bauliche Lösungen und Möglichkeiten für späteres Experimentieren vorgestellt.

Warum macht es Sinn, Experimente zur Beschleunigerphysik zu bauen?
Bei der Skizzierung der physikalischen, didaktischen und auch gesellschaftlichen Argumente, die für den Bau eines solchen - doch sehr aufwendigen - Experimentes sprechen, sei zunächst auf die Erfolge in der Medizin-Therapeutik (Römer, 2017) hingewiesen. Ein Zyklotron ist die Quelle der Protonenstrahlung, mit der es in den letzten Jahren erstmalig gelungen ist, verortbare Krebs-Tumore aller Art mit großer Präzision nebenwirkungsarm zu heilen. Hochenergetische Protonen p+/Ionen durchdringen das Gewebe, ohne wesentlich Energie abzugeben. Erst in der eingestellten Tiefe (schmaler Bragg-Peak im Bild rechts) geben sie ihre Energiedosis von ca. 6 Gy, die zur Zerstörung eines Tumors benötigt wird, an das Gewebe ab und zerteilen z.B. die DNA.

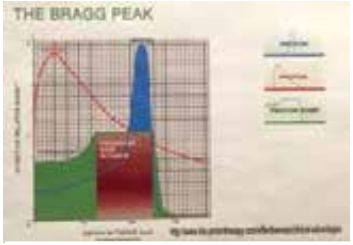


Abb. 1: Bragg-Peak, Energieabgabe des p^+-Strahls

Vor diesem Hintergrund ist der Bildungsgehalt der Beschleunigerphysik im Sinne einer Gegenwarts- bzw. Zukunftsbedeutung für die Schülerinnen und Schüler (vgl. Klafki, 1969) als hoch anzusehen. Aus physikalischer Sicht ist das Zyklotron darüber hinaus exemplarisch für die Beschleuniger-Physik, denn hier treten alle wichtigen Parameter der Teilchenphysik in Wechselwirkung. Aus didaktischer Sicht ist der Bau eines Lehr-Zyklotrons insbesondere deshalb angebracht, weil das Zyklotron in den curricularen Vorgaben vieler Bundesländer (MSW NRW, 2013) als sog. Schlüssel-Experiment (QUA-LiS NRW, 2017) vorgeschrieben ist. Bis dato kann man die „Experimente“ aber als Simulation nutzen oder rein theoretisch besprechen. Wirklich erleben und nachhaltig begreifen kann man die Zusammenhänge erst im echten Experiment.

Geplante Experimente
Kern-Experiment ist (1) ein Lehr-Zyklotron zur Veranschaulichung der Physik von Teilchenbeschleunigern sowie zur Messung und Analyse physikalischer Zusammenhänge für die gymnasiale Oberstufe und die universitäre Lehre.

Drei weitere Versuchsaufbauten sind in Vorbereitung: (2) Ein mechanisches Modell, wie Lawrence es in seinem Nobelvortrag 1939 zeigte, (3) ein Schüssel-Modell, das aus einer Schale besteht, in der eine elektrisch leitende Kugel durch ein elektrisches Feld zyklisch beschleunigt wird - geplant speziell für den Einsatz als Demonstrationsexperiment in der gymnasialen Oberstufe - und (4) ein

Abb. 2: CAD-Konstruktion (4)

Linearbeschleuniger (s. Abb. 2) mit sichtbarem Elektronen-Strahl und Detektoren. Letzterer dient vornehmlich als Teststand, um die Strahlfokussierung und das Detektieren der Geschwindigkeiten optimieren zu können.

Arbeitsstand

Die Experimentier-Anordnung des Lehr-Zyklotrons soll aus einer Vakuumkammer mit großen Glasflächen bestehen (Durchmesser ca. *25-30 cm*, Höhe ca. *10 cm*). Das beschleunigende elektrische Wechselfeld wird von teil-transparenten Duanten erzeugt. Das Magnetfeld, das zum Ablenken des Strahls nötig ist, wird von einem Helmholzspulenpaar generiert, so dass auch keine weiteren Aufbauten die Sicht auf den Strahl versperren. Die Elektronen selber werden in einer Quelle außerhalb des Zyklotrons vorbeschleunigt und als gepulster Strahl mit möglichst exakten Anfangsbedingungen in den Bereich zwischen den Duanten gelenkt. Die Simulation[1] im Bild links (MATLAB, 2017) zeigt den Strahlverlauf, der in einem Leuchtgas sichtbar wird. Neben der Vakuum-Technik und hohen Anforderungen an die Quelle ist der Schlüssel ein HV-Netzgerät, das über ein Interface gesteuert und ausgelesen werden kann. So wird es möglich, das Lehr-Zyklotron mit Standard-Einstellungen direkt betreiben zu können.

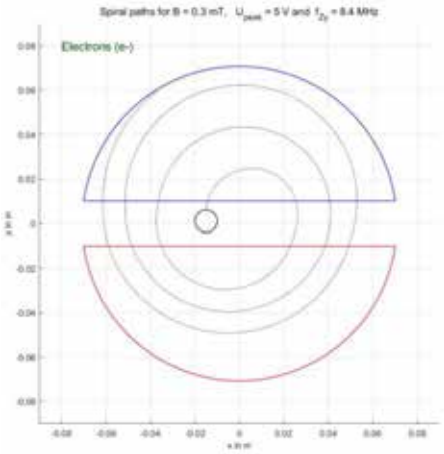


Abb. 3: Lehr-Zyklotron-Simulation

Geplante Datenaufnahme

Eingestellt werden die Parameter via Rechner, Tablet oder über digitale Potentiometer. Der Strahlverlauf kann beobachtet und über einer Skala ausgemessen bzw. fotografiert werden. Die Geschwindigkeiten der Teilchenpakete zu Beginn und am Ende der Beschleunigung werden über Detektoren, ein Oszilloskop und anschließende Analysen ermittelt. Zwei Aspekte sind im Punkto Datenaufnahme zu unterscheiden: (a) die Erhebung der Steuer- und Messgrößen vor dem Hintergrund des physikalischen Arbeitens und (b) die Datenaufnahme zur Erhebung von Handlungsabläufen der Lernenden vor dem Hintergrund einer didaktischen Evaluation des Lernprozesses.

Zu (a): Das Variieren voreingestellter Standardwerte ermöglicht es den Experimentierenden, den Strahl bei Veränderung der einzelnen physikalischen Größen wie Magnetfeldstärke, Beschleunigungsspannung oder Zyklotronfrequenz direkt zu beobachten und daraus die Wirkungen und komplexen Zusammenhänge zu begreifen. Zu (b): Durch ein mögliches Protokollieren beim Einstellen sind Rückschlüsse über das Vorgehen und den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler bzw. der Studierenden sowie weitere didaktische Analysen möglich.

Didaktische Evaluation

Während das Konzept der *Didaktischen Rekonstruktion* „das Herstellen von Bezügen zwischen fachlichem und interdisziplinärem Wissen einerseits sowie der Perspektive der

[1] Dank an René Ruess, der mit seiner schönen Projektarbeit an der Hochschule Coburg (Dr. Brechtl, StD Chr. Wolf) die Basis für die MatLab-Simulation geschaffen und sie zur weiteren wissenschaftlichen Nutzung zur Verfügung gestellt hat.

Lerner […] andererseits“ beschreibt (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997: 3) muss im Rahmen der Entwicklung die technische Machbarkeit von Experimentieraufbauten wie auch das Vorverständnis von Lernenden bezüglich der Versuchsanordnung evaluiert und in die Entwicklung mit eingebunden werden. Dazu werden insbesondere bei den technischen Methoden der Strahlerzeugung und bei den Aufbauten im Detektor-Bereich einzelne Komponenten der geplanten Bauelemente durch audiographierte Einzelexperimente mit Schülerinnen und Schülern in Unterrichts-Modulen erarbeitet.

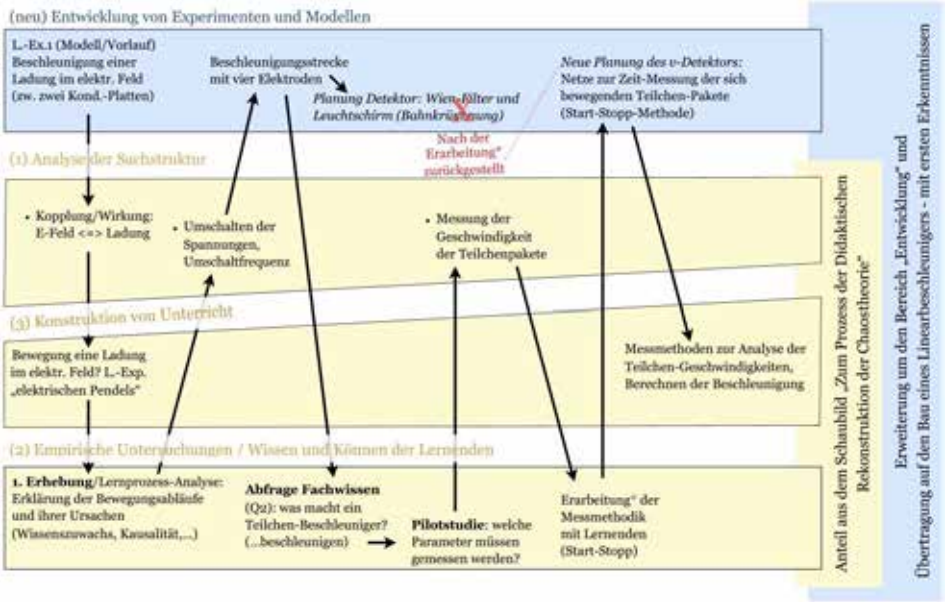


Abb. 4: Diagramm zum erweiterten Prozess der Didaktischen Rekonstruktion in Anlehnung an Kattmann, Duit, Komorek und Gropengießer (1997)

Durch dieses Vorgehen erhoffen wir uns, etwas über die Perspektive des Lernenden auf die Komponenten des Versuchs zu erfahren um frühzeitig abschätzen zu können, ob der Lernende die erwarteten Lernfortschritte mit den verbauten Geräten erreichen kann.

Ausblick

Zunächst soll der Linearbeschleuniger aufgebaut werden. Er dient als wichtige Testumgebung für die Konstruktion des Lehr-Zyklotrons. Gemessen werden müssen insbesondere die Arbeitsweise der Steuer-Elektronik, die Strahlfokussierung und die verschiedenen Auslese- und Detektionsverfahren, mit denen man den Zuwachs an Geschwindigkeit der Teilchenpakete messen kann. Ferner sollen Studien mit verschiedenen Quellen durchgeführt und die für das Lehr-Zyklotron beste Quellenart umfassend getestet werden. Während im Linearbeschleuniger mit seiner Glasröhre und der variablen Vakuumtechnik leicht Modifikationen durchgeführt werden können, ist dies beim Lehr-Zyklotron wegen der kompakten Bauweise nur schwer möglich. Nachdem die Nutzung des Linearbeschleunigers als Teststand abgeschlossen ist werden erste Unterrichtsmodule beispielsweise für das Messen der Teilchen-Geschwindigkeiten oder das Einstellen der Frequenz erarbeitet und evaluiert. Parallel wird mit dem Bau des Lehr-Zyklotrons und der anderen beiden Funktionsmodelle begonnen. Anschließend sollen in Verbindung mit allen Versuchsaufbauten weitere Lern- und Erlebnisgelegenheiten geschaffen werden, die dann auch evaluiert werden können. Eine Implementierung in die Lehre an Schulen oder Universitäten soll geprüft werden.

Literatur

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3-18.

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

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW, 2013). Physik - Kernlehrplan, Gymnasium/Gesamtschule, Sek II. 1. Auflage, Ritterbach-Verlag.

QUA-LiS NRW (2017): Handbuch zu 25 Schlüsselexperimenten im Grundkurs Physik. Q2.2 Nr.25: Zyklotron https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/physik/hinweise-und-beispiele/se2.html - Stand: 14.10.2017

MATLAB (2017). Software der Firma MathWorks, 1 Apple Hill Drive, Natick, MA 01760-2098, USA. Lizenz RWTH-Aachen University Okt.2017.

Römer, Josef (2017). Varian Medical Systems. Vortrag: Protonentherapie – die nächste industrielle Generation, 31. Bad Honnefer Industriegespräche – DPG, Bad Honnef, Stand: 19.06.2017

Lina Boyer
Anita Stender
Hendrik Härtig
Universität Duisburg-Essen

Schwierig? Einschätzung von Experimentiersituationen durch Lehrkräfte

Theoretischer Hintergrund und Forschungsfrage

Ein wesentliches Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist, dass die Schülerinnen und Schüler selbstständig experimentieren können (KMK, 2005). Doch das selbstständige Experimentieren fällt den Schülerinnen und Schülern oft schwer und ist ohne explizite Förderung kaum zu realisieren (u.a. Zimmermann, 2000; Hammann, 2007; Grube, 2010). Um Schülerinnen und Schüler zum eigenständigen und vor allem erfolgreichen Experimentieren anzuleiten, wäre eine mögliche Strategie, dass Lehrkräfte die Schwierigkeit von Experimenten gezielt an Schülerfähigkeiten anpassen. Aus Untersuchungen von Kechel (2016) und Draude (2016) ist für ein Experiment zum Hooke'schen Gesetz aber inzwischen belegt, dass Lehrkräfte die Schwierigkeiten, die ein Experiment an Schülerinnen und Schüler stellt, nur bedingt adäquat einschätzen. Gleichzeitig sind diese Herausforderungen aber sehr vielfältig und heterogen im Experimentierprozess (vgl. Härtig, Neumann & Erb, 2016) und unter Umständen auch für unterschiedliche Experimente unterschiedlich. Deswegen stellt es sowohl aus Forschungs- als auch aus Praxissicht eine Herausforderung dar, die Schwierigkeit von Experimenten einzuschätzen und anzupassen. Mögliche Optionen für eine Veränderung der Schwierigkeit eines Experimentes lassen sich durch verschiedene Merkmale beschreiben, die in drei Kategorien eingeteilt werden können: *Variable*, *Lösungen* und *Material*.

Unter der Kategorie *Variable* können verschiedene Merkmale subsummiert werden, die sich mit der Art und Anzahl von Variablen auseinandersetzen. Die Anzahl der abhängigen und unabhängigen sowie der Kontrollvariablen haben einen Einfluss darauf, inwiefern eine Hypothese einfacher oder schwieriger richtig getestet wird (u. a. Stadler, Niepel & Greiff, 2016; Griffiths, 1993; Franz, Steib, Fire & Strahl, 2015; Arnold, Kremer & Mayer, 2013; Gut-Glanzmann, 2012). Darüber hinaus soll auch die Anzahl der Beziehungen zwischen den zu untersuchenden Variablen einen Einfluss darauf haben, ob bestimmte Zusammenhänge erfolgreich untersucht werden können oder nicht (Arnold et al., 2013; Griffiths, 1993).
Unter der Kategorie *Lösungen* werden Merkmale zusammengefasst, die die Art der möglichen Lösungswege für einen zu untersuchenden Zusammenhang beschreiben. Darunter fallen Anzahl der theoretisch möglichen und praktisch durchführbaren Lösungswege (Kaller, Rahm, Köstering & Unterrainer, 2011; Berg, Byrd, McNamara & Case, 2010). Zusätzlich hat auch die Anzahl der Lösungen, die Anzahl der Lösungsschritte (Gut-Glanzmann, 2012; OECD, 2013) sowie die Operationalisierung von Variablen (Arnold, Kremer et al., 2013) einen Einfluss. Außerdem kann es auch einen Einfluss auf die Schwierigkeit haben, ob es sich dabei auch um quantitative oder qualitative Untersuchungen handelt.

Unter der Kategorie *Material* werden die Punkte zusammengefasst, die für die praktische Untersuchung notwendig sind, sich aber nicht auf die theoretische Lösung des Problems beziehen. Darunter fällt zum Beispiel, ob es sich bei den Materialien um Alltagsgegenstände oder Lehrmittelfabrikate handelt. Außerdem zählt dazu, wie viele verschiedene Einstellungsoptionen mit dem Material möglich sind, wie viele Wahlmöglichkeiten die Schülerinnen und Schüler haben und wie viele Materialien zur Bearbeitung zur Verfügung stehen. Zusätzlich können Merkmale sein, wie gut die Materialien aufeinander abgestimmt sind oder ob es sich um digitale oder analoge Messgeräte handelt. Ein weiterer Einfluss auf

die Schwierigkeit von Experimenten in dieser Kategorie kann der händische Anspruch beim Verwenden der Materialien sein. Kechel (2016) zeigte am Beispiel des Hooke'schen Gesetzes, dass das Material einen Einfluss auf die Schwierigkeiten beim Experimentieren von Schülerinnen und Schülern haben können, wenn diese zum Beispiel nicht wissen, wie sie bestimmte Gerätschaften (Stativ, Kreuzmuffen oder Tischklemmen) verwenden sollen oder sie sehr lange dafür benötigen, sich die Funktion zu erschließen.
Die beschriebenen Merkmale könnten alle einen Einfluss darauf haben, ob ein Experiment einfacher oder schwieriger wird. Langfristig soll in einer Studie untersucht werden, welche der oben beschriebenen Merkmale einen Einfluss auf die Schwierigkeit beim praktischen Experimentieren bei Schulexperimenten haben. Da es aus ökonomischen Gründen nicht möglich ist, alle Merkmale beim praktischen Experimentieren einzeln zu testen, wurde in einem ersten Schritt Draude (2016) und Kechel (2016) folgend eine Lehrerbefragung durchgeführt. Das Ziel dieser Befragung ist es, aus den theoretisch möglichen Merkmalen, diejenigen zu identifizieren, welche allgemein von den Lehrkräften auch im Unterricht als relevant eingestuft werden, um diese Merkmale anschließend beim praktischen Experimentieren einzusetzen. In diesem Beitrag steht die Befragung der Lehrkräfte im Fokus und wird durch die folgende Fragestellung geleitet: Inwiefern nutzen Lehrkräfte die oben beschriebenen Merkmale, um zu beurteilen, ob Experimente einfach oder schwierig sind?

Testinstrument und Methode

Um dieser Frage nachzugehen, wurde ein Online-Fragebogen für Lehrkräfte entwickelt. Dieser Fragebogen besteht aus 36 Items, die sich alle mit Experimenten aus der Mechanik der Sekundarstufe I befassen (Hooke'sches Gesetz, schiefe Ebene, Dichte, Auftrieb und Flaschenzug). Jedes Item ist nach dem gleichen Schema aufgebaut. Zunächst wird eine Fragestellung vorgegeben, welche von Schülerinnen und Schülern der Lehrkraft untersucht werden soll. Im Unterschied zu Draude (2016) folgen zwei unterschiedliche Varianten der Materialauswahl. Die Items unterscheiden sich dabei in den oben aufgeführten Kategorien und darin veränderten Merkmalen. Beispielsweise wird in der einen Variante mehr Material aufgeführt als in der anderen Variante, bei der nur das nötigste vorhanden ist. In der umfangreichen Materialvariante könnten die Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten haben, das benötigte Material auszuwählen. Die Lehrkräfte werden nach der Präsentation der zwei unterschiedlichen Varianten danach gefragt, welche Variante sie für schwieriger halten. Dies mussten sie in einem geschlossenen Antwortfeld angeben. Anschließend wurden sie in einem offenen Antwortfeld gefragt, wieso sie die gewählte Variante für schwieriger halten.
An der Pilotierung des Fragebogens haben 21 Lehrkräfte teilgenommen. Zunächst wurden Items, bei denen mehr als die Hälfte der Lehrkräfte kein Merkmal erkannt haben, ausgeschlossen. Dieses Vorgehen führt dazu, dass der Fragebogen auf 20 Items reduziert werden konnte.

Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurden die offenen Antworten mit Hilfe eines Kodierleitfadens den einzelnen Merkmalen zugeordnet. Das mittlere Cohens κ lag für alle Kategorien im zufriedenstellenden Bereich (Variable: κ=.72; Lösungen: κ=.74 und Material: κ=.78). Anschließend wurden diese Daten deskriptiv ausgewertet, indem gezählt wurde, wie viele Lehrkräfte durchschnittlich die intendierten Merkmale erkennen und dann zu einer theoriekonformen oder nicht theoriekonformen Schlussfolgerung für die Schwierigkeit der Experimente kommen.

Pilotierungsergebnisse

In der Studie soll untersucht werden, welche Merkmale Lehrkräfte nutzen, um zu beurteilen, ob ein Experiment schwierig ist oder nicht. Die deskriptiven Ergebnisse der Pilotierung sind in Abb. 1 dargestellt. Zu sehen ist, welche einzelnen Merkmale im Durchschnitt von

Lehrkräften für die Begründung genannt wurden. Es zeigt sich, dass bestimmte Merkmale von den Lehrkräften kaum zur Begründung herangezogen werden (z.B. Messbarkeit der Variablen) im Gegensatz zu anderen (z.B. Anzahl der Variablen). Außerdem zeigt sich, dass die Lehrkräfte, die ein bestimmtes Merkmal anführen, meistens auch zu einer theoriekonformen Entscheidung darüber gelangen, welche Variante des Materials schwieriger ist.

Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Lehrkräfte für das Einschätzen der Schwierigkeit hauptsächlich Merkmale heranziehen, welche sich abzählen lassen. Dies sind beispielsweise die Anzahl der Variablen (Kontroll- und unabhängige Variable), die Anzahl der Lösungsschritte und das Vorhandensein von Wahlmöglichkeiten. Dies zeigt sich auch unabhängig von der Kategorie. Außerdem werden öfter Merkmale erwähnt, die sich mit den zur Verfügung gestellten Geräten auseinandersetzen, wie der händische Anspruch und das Ablesen von analogen oder digitalen Messgeräten. Merkmale, die weniger offensichtlich sind, wie beispielsweise die Art der Variablen und Zusammenhänge, die Passung der Variablen aneinander, die Anzahl unterschiedlicher Lösungswege als auch die Anzahl der möglichen Lösungen, sind für die Lehrkräfte weniger ausschlaggebend. Diese Merkmale haben gemeinsam, dass sie weniger augenscheinlich sind. Außerdem setzen sie voraus, dass neben der theoretischen Lösung des Problems auch die Versuchsdurchführung und die Auswertung des Versuchs mit einbezogen werden müssen.

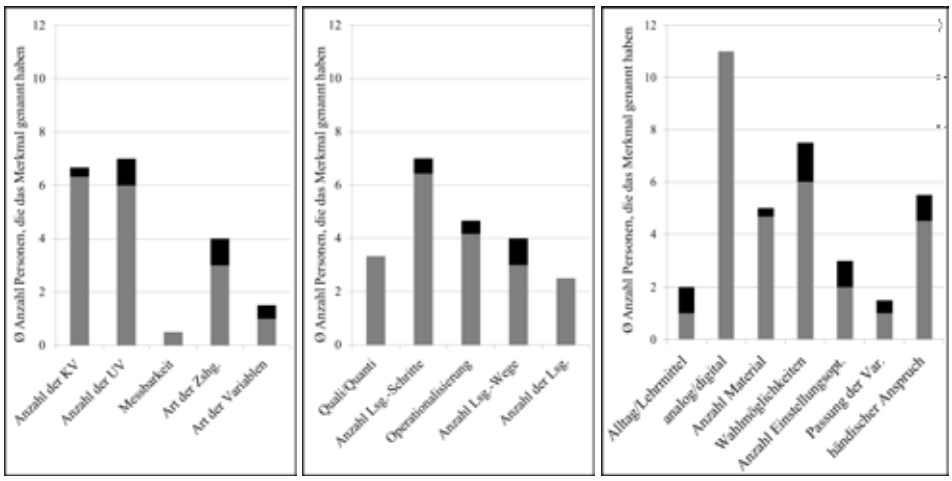


Abb. 1: Auswertung der Items für die Kategorien Variablen (links), Lösungen (mittig) und Material (rechts) (grau: genannt und theoriekonform; schwarz: genannt und nicht theoriekonform).

Ausblick

Nachdem sich in den Pilotierungsergebnissen bereits einige Trends für Merkmale andeuten, die von mehreren Lehrkräften als relevant für die Schwierigkeit erachtet werden, soll dieser Fragebogen in der Haupterhebung NRW-weit mit einer größeren Stichprobe eingesetzt werden. Ziel ist es, die Merkmale zu identifizieren, die sowohl aus unterrichtspraktischer als auch aus fachdidaktischer Sicht als relevant für die Veränderung der Schwierigkeit von Experimenten betrachtet werden können. In einer anschließenden Studie wird dann überprüft werden, ob diese zur Binnendifferenzierung geeignet sind, um die Schülerinnen und Schüler beim Erwerb von Fachwissen durch selbständiges Experimentieren unterstützen zu können.

Literatur

Arnold, J.C., 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

Berg, W.K., Byrd, D. L., McNamara, J. P. H. & Case, K. (2010). Deconstructing the tower: parameters and predictors of problem difficulty on the Tower of London task. Brain and cognition 72 (3), 472–482

Draude, M. (2016). Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren. Berlin: Logos Berlin.

Franz, T., Steib, C., Fire, T. & Strahl, A. (2015). Arbeitsgedächtnis und Physikaufgaben. PhyDidB.

Griffiths, A.K. & Thompson, J. (1993). Secondary School Students' Understandings of Scientific Processes. An interview study. Research in Science & Technological Education, 11 (1), 15–26

Grube, C.(2010). Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I.

Gut-Glanzmann, C. (2012). Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiertests. Berlin: Logos-Berlin

Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. Mathematischer naturwissenschaftlicher Untericht 59 (5), 292–299.

Härtig, H., Neumann, K. & Erb, R.(2017). Experimentieren als Interaktion von Situation und Person: Ergebnisse einer Expertenbefragung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 1-10

Kaller, C.P., Rahm, B., Kostering, L. & Unterrainer, J.M. (2011). Reviewing the impact of problem structure on planning: a software tool for analyzing tower tasks. Behavioural brain research 216 (1), 1–8

Kechel, J.H. (2016). Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos Berlin

Kultusministerkonferenz (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Bildungsabschluss. Beschluss vom 16.12.2004.

OECD (2013), PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy, OECD Publishing, 129

Stadler, M., Niepel, C. & Greiff, S. (2016). Easily too difficult. Estimating item difficulty in computer simulated microworlds. Computers in Human Behavior 65, 100–106

Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. Developmental Review 20 (1), 99–149

Vanessa Schad
Eva Cauet
Jochen Scheid
Alexander Kauertz

Universität Koblenz-Landau

Physikalisches Fachwissen in Experimentierumgebungen nutzen

Theoretischer Hintergrund

Die Fähigkeit des Problemlösens wird als Teil der *experimentellen Kompetenz* verstanden und ist eine wichtige Schlüsselkompetenz der Lernenden für den Schulalltag im Physikunterricht, aber auch für das spätere Berufsleben (OECD, 2004).

Durch mehrere Studien wird jedoch belegt, dass die Lernenden beim Experimentieren nicht systematisch und strategisch vorgehen (de Jong & van Joolingen, 1998, Hamman, 2004; Walpuski & Sumfleth, 2007) und sie ihr Fachwissen nicht zur Erklärung neuer Sachverhalte nutzen (Klauer, 1992). Somit bleiben der Umfang und die Qualität des erworbenen Fachwissens der Lernenden aus Experimenten hinter den Erwartungen zurück (Hofstein & Lunetta, 1982, Hucke & Fischer, 2002).

Selbstreguliertes Lernen (SRL) in interaktiven Lernumgebungen, wie zum Beispiel in Schülerexperimenten im Physikunterricht fördert zum einen systematisches und strategisches Vorgehen beim Experimentieren und zum anderen auch die Anwendung und den Erwerb von Fachwissen (Wirth & Leutner, 2006). SRL durch Experimentieren umfasst zwei Teilziele: das Identifizieren und Integrieren von Informationen (Wirth & Leutner, 2006). Zum Identifizieren neuer Informationen sollen die Lernenden hypothesengeleitet vorgehen und somit einen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess nach dem SDDS-Modell von Klahr und Dunbar (1988) durchlaufen. Die Integration stellt einen mentalen Verarbeitungsprozess von Informationen dar. Dieser umfasst, unter Verwendung kognitiver Strategien, die Anknüpfung neuer Informationen an das eigene Vorwissen. Für erfolgreiches Lernen ist es entscheidend, dass beide Teilziele erreicht werden. Zuerst werden neue Informationen durch Experimente generiert, die in einem nächsten Schritt in die eigene Wissensbasis integriert werden (Wirth & Leutner, 2006). Das Erreichen der Teilziele setzt Vorwissen über domänenspezifisches Fachwissen und domänenübergreifendes Strategiewissen voraus (Wirth & Leutner, 2006). Für jedes Teilziel sollen spezifische, geeignete kognitive Strategien genutzt werden. Eine geeignete Strategie zum Identifizieren neuer Informationen ist die Strategie der *Isolierende Variablenkontrolle* (Klahr, Dunbar & Fay, 1991). Zum Integrieren von Informationen eignen sich vor allem Elaborations- und Organisationsstrategien (Weinstein & Mayer, 1986).

Aufgrund der Bedingung beide Teilziele zu erreichen, erfordert das SRL durch Experimentieren, hohe strategische und regulative Fähigkeiten von den Lernenden (Schmitz, 2001). Die Notwendigkeit von effektiven und effizienten Unterstützungsmethoden werden daher in zahlreichen Studien hervorgehoben (Azevedo & Hadwin, 2005, Thillmann, Künstig, Wirth & Leutner, 2009). Strategietrainings als Unterstützungsmethode sind vor allem dann lernförderlich, wenn die Lernenden die trainierte Strategie noch nicht kennen, jedoch sichern sie die spätere Nutzung der trainierten Strategien nicht (vgl. Friedrich & Mandl, 1992). Um die Nutzung von Strategien zu fördern, können Prompts als Unterstützungsmethode eingesetzt werden. Sie aktivieren potenzielles Wissen, Fertigkeiten oder Strategien in Form von Tipps oder Fragen (Marschner, 2011). Bislang konnten durch den Einsatz von SRL-Prompts die Nutzung von, den Lernenden bereits bekannten, Strategien zum Identifizieren gefördert werden, während die Förderung von, den Lernenden weniger bekannten, Strategien zum Integrieren von Informationen nicht gelungen ist (Thillmann, 2008).

Eine Kombination von Strategietraining und Prompts zur Förderung der Nutzung von Strategien zum Integrieren erscheint daher aussichtsreich, wurde aber bislang noch nicht untersucht. An dieser Forschungslücke setzt das hier vorgestellte Forschungsprojekt an, denn Strategien zum Integrieren von Informationen spielen insbesondere für die Aktivierung der eigenen Wissensbasis und für die Anknüpfung an diese eine Rolle. Dies ist zum einen Voraussetzung für die Anwendung von Fachwissen, und zum anderen, im Sinne eines konstruktivistischen Lernverständnisses, Voraussetzung für einen Fachwissensaufbau der Lernenden (Schreiber, 1998).
Aus der beschriebenen Forschungslücke ergibt sich folgende Fragestellung: Wie wirkt eine Kombination von Strategietraining und Prompting auf die adäquate Nutzung von physikalischem Fachwissen in Schülererklärungen zu einem physikalischen Phänomen?

Design und Methoden

Die Forschungsfrage soll mit 85 Kleingruppen von 3-4 Lernenden (*N= 255)* der 10. Klasse (Gymnasium), untersucht werden. Die Lernenden durchlaufen im Schülerlabor der Universität Koblenz-Landau eine experimentelle Lernumgebung mit 3 Experimenten zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“ (adaptiert aus dem Projekt INTeB, Wagner, 2016) und werden dabei videographiert.
Als abhängige Variable wird die Strukturierung des Problemlöseprozesses und damit verbunden die sachlogische Anbindung der einzelnen Prozesselemente, sowie das Einbringen von physikalischem Fachwissen in den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess betrachtet (adaptiertes Kategoriensystem nach Emden, 2011).
Variiert werden soll die Strategie, die die Gruppen jeweils in dem Strategietraining lernen. Während die Experimentalgruppe eine Strategie zum Identifizieren von Informationen (*Isolierende Variablenkontrollstrategie*) erlernt, trainiert die Kontrollgruppe eine Strategie zum Integrieren von Informationen (*Wissensschemata; jeweils 45 min Dauer*).
Als Kontrollvariablen werden im Prä-Post-Test-Design Fachwissen (Eigenentwicklung) und Strategiewissen (Thillmann, 2008) erhoben (zusammen 35 min Testzeit). Unmittelbar vor dem Durchlaufen der Lernumgebung werden zusätzlich einmalig Motivation und Interesse der Lernenden für das Fach Physik (Blumberg, 2008), sowie kognitive Fähigkeiten (Baudson & Preckel, 2015) und *Need for cognition* (Preckel, 2016) erhoben (zusammen 30 min Testzeit). Eine Erhebung erfolgt für diese Kontrollvariablen nur einmalig, da durch die Intervention keine Änderungen dieser Merkmale zu erwarten sind. Anschließen präsentieren die Lernenden die Ergebnisse zur Frage „Warum fliegen Flugzeuge“ (30 min. Dauer).
Um sicherzustellen, dass die Lernenden ihr physikalisches Fachwissen im Problemlöseprozess nutzen und so hypothesengeleitet arbeiten können, werden die zum Verständnis des Phänomens „Warum fliegen Flugzeugen“ notwendigen Fachkonzepte in einer von der Autorin durchgeführten fachlichen Einführung vor Beginn der Studie im Rahmen des Physikunterrichts erarbeitet (45 min Dauer). Die Erhebung soll an vier Erhebungsterminen stattfinden, die jeweils nur einen zeitlichen Abstand von einer Woche zueinander haben sollen Die zentralen Elemente der Erhebungstermine werden im Folgenden genauer erläutert.

1. Termin: Fachliche Einführung:
Mit den Lernenden werden die drei Fachkonzepte des Wechselwirkungsgesetzes, des Bernoulli-Gesetzes und dem Gesetz der Drehimpulserhaltung erarbeitet. Dies erfolgt über Kontextualisierung und Dekontextualisierung von Fachinhalten im Sinne der Handlungssequenzierung der Konzeptbildung nach Oser & Baeriswyl (2001).
2. Termin: Strategietraining:
Die Lernenden erarbeiten anhand von drei Expertenvideos die Strategienutzung der Experten. Zu jedem der drei Fachkonzepte gibt es ein Expertenvideo, in dem Experten einen

Versuch durchführen. Die Experimentalgruppe fokussiert dabei auf eine Strategie zum Integrieren von Informationen, während die Kontrollgruppe sich mit den gleichen Videos auf eine Strategie zum Identifizieren konzentriert. Die Nützlichkeit dieser Strategien wird explizit erläutert, um die Lernenden zu deren Nutzung anzuregen.
3. Termin: Pretest:
Das Fach- und Strategiewissen der Lernenden wird in einem Fragebogen mit Multiple Choice Aufgaben erhoben.
4. Termin: Lernumgebung „Warum fliegen Flugzeuge?“:
Die Lernumgebung besteht aus insgesamt drei Experimenten (adaptiert aus dem Projekt INTeB, Wagner, 2016). Die Lernenden werden vor drei Teilprobleme gestellt, die zur Lösung des Hauptproblems „Warum fliegen Flugzeuge?“ beitragen. Zur Lösung des übergeordneten Problems müssen die Erkenntnisse aus den drei Experimenten sinnvoll aufeinander bezogen werden. Dadurch wird das Aktivieren von physikbezogenem Wissen zusätzlich nötig.
Prompts zum SRL durch Experimentieren:
Experimentalgruppen und Kontrollgruppe erhalten während dem Experimentieren identische Prompts zum Identifizieren und Integrieren. Der erste Prompt zum Identifizieren lautet: „Finde heraus, in welcher Beziehung die Variablen zueinander stehen.“, während der zweite Prompt zum Integrieren von Informationen wie folgt lautet: „Erinnere Dich daran, was Du im Strategietraining gelernt hast. Wie kann Dir dies zur Lösung des Problems weiterhelfen?“ Die Prompts werden nacheinander während dem Experimentierprozess dargeboten. Im Anschluss an die Lernumgebung wird das Fachwissen und das Strategiewissen der Lernenden ein zweites Mal erhoben.
Präsentation der Ergebnisse zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“:
Die Lernenden sollen auf Grundlage der drei Experimente eine Erklärung zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“ präsentieren und werden dabei videographiert.
Die ersten drei Termine werden in der Schule durchgeführt, der letzte findet im Schülerlabor der Universität Koblenz-Landau statt.

Ergebnisse der Vorstudien
Es haben bereits zwei Vorstudien mit insgesamt 87 Lernenden stattgefunden. Im Rahmen dieser Vorstudien wurden das Videokodiermanual, sowie die fachliche Einführung präpilotiert. Zur Präpilotierung des Videokodiermanuals wurden mit dem adaptierten Videokodiermanual 32 Videos eventbasiert kodiert. Diese Kodierung wurde von zwei Ratern vorgenommen (Masterstudentin, Doktorandin). Mit einer zeitlichen Übereinstimmung der kodierten Sequenzen von mindestens 80% pro Video wurde eine zufriedenstellende Interrater-Übereinstimmung erreicht (*Cohens* $\kappa = 0.82$).
Die fachliche Einführung wurde ebenfalls im Rahmen einer Vorstudie mit dem Fachwissenstest präpilotiert. Insgesamt nahmen 19 Lernenden an der fachlichen Einführung teil. Das Fachwissen der Schüler und Schülerinnen wurde im Prä-post-Design erhoben. Im Schnitt haben die Lernenden im Prätest 4,58 von insgesamt 11 Items richtig beantwortet, während im Posttest 8,05 von 11 Items richtig beantwortet wurden. Ein Vergleich des Fachwissens von Prä-zu Postzeitpunkt zeigt eine signifikante Verbesserung ($p < .001$) mit einem großen Effekt ($d = 2.9$). Die Lernenden haben im Schnitt 3,47 Items mehr richtig beantwortetet. Somit kann ein Lerneffekt durch die fachliche Einführung bestätigt werden.

Ausblick
Im weiteren Verlauf soll eine Überarbeitung und Erprobung des Fachwissenstests stattfinden. Das Strategietraining wird zurzeit noch entwickelt und soll zeitnah präpilotiert werden. Weiterhin soll eine Pilotierung des vollständigen Settings wie im Text beschrieben pilotiert werden. P104_Schad

Literatur

Azevedo, R. & Hadwin, A.F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition- Implications for design of computer-based scaffolds. *Instructional Science,* 33, 367- 379.

Baudson, T. & Preckel, F. (2015). Mini-q: Intelligenzscreening in drei Minuten. *Diagnostica, 62 (3),* 182-197.

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,* Dissertationsschrift. Westfälische Wilhelms-Universität. Münster.

De Jong, T. & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research, 68,* 179-201.

Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe* (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen

Friedrich, H.F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien- Ein Problemaufriss. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention* (S.3-54). Göttingen: Hogrefe.

Hamman, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung-dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht.* 57/4, 196-203.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. Review of Educational Research, 52(2), 201–217

Hucke, L., & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 205-218). Springer Netherlands.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988), Dual Space Search During Scientific Reasoning, *Cognitive Science 12*, 1- 48.

Klahr, D., Dunbar, K. & Fay, A.L. (1991). Designing good experiments to test bad hypotheses. In J. Shrager & P. Langley (Eds.), *Computational models of discovery and theory formation.* (pp. 355-401). San Mateo, CA: Morgan-Kaufman.

Klauer, K.J. (1992). Problemlösestrategien im experimentellen Vergleich: Effekte einer allgemeinen und einer bereichsspezifischen Strategie. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention* (S.3-54). Göttingen: Hogrefe

Kopp, B. & Mandl, H. (2006). Wissensschemata. In F. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. (S. 127-134). Göttingen: Hogrefe.

Marschner, J. (2011). *Adaptives Feedback zur Unterstützung des selbstregulierten Lernens durch Experimentieren* (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.

OECD. (2004). Problem solving for tomorrow's world. First measurements of cross-curricular competencies from PISA 2003. Paris: OECD.

Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Eds.), *Handbook of Research on Teaching* (4th Edition) (pp.1031-1065). Washington: American Educational Research Association.

Schmitz, B. (2001). Self-Monitoring zur Unterstützung des Transfers einer Schulung in Selbstregulation für Studierende. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 15, H. 3/4, S. 179–195.

Schreiber, B. (1998). *Selbstreguliertes Lernen.* Münster: Waxmann.

Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung* (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.

Thillmann, H., Künsting, J., Wirth, J. & Leutner, D. (2009). Is it merely a question of "what" to prompt or also "when" to prompt? The role of point of presentation time of prompts in self-regulated learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23,* 105-115.

Wagner, K. (2016). *Unterstützende und hemmende Faktoren für den Einsatz eines mobilen Lernarrangements* (Dissertationsschrift). Pädagogische Hochschule Weingarten, Weingarten.

Walpuski, Maik & Sumfleth, Elke (2007): Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *ZfDN 13*, 181-198

Weinstein, C.E. & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In: M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (3.Ed., pp. 315-327). New York: Macmillan.

Wirth, J. & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In F. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. (S. 172-184). Göttingen: Hogrefe.

Rasmus Viefers Universität Duisburg-Essen
Heike Theyßen
Nico Schreiber

Individuelle Förderung experimenteller Fähigkeiten in der Grundschule - Pilotierungsergebnisse

Ausgangslage

Bereits im Sachunterricht der Grundschule sollen Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen erlernen. Dazu gehören u. a. die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten sowie das Verstehen und Durchführen gezielter Parametervariation bei Experimenten (Variablenkontrollstrategie, VKS) (s. GDSU, 2013, S.40). Dabei ist die VKS ein zentrales Konzept in allen drei Phasen (Planung, Durchführung, Auswertung) eines Experiments (Hammann & Mayer, 2012; Klahr & Dunbar, 1988) und kann von Schülerinnen und Schülern bereits in der Primarstufe erworben werden (vgl. Chen & Klahr, 1999; Klahr & Nigam, 2004). Allerdings haben Schülerinnen und Schüler aller Altersgruppen bis in die Sekundarstufe I Probleme bei der Umsetzung der VKS in Experimenten (Bullock & Sodian, 2003; Hammann, Phan, Ehmer & Bayrhuber, 2006). Folglich sind Unterstützungsangebote beim Lernen der VKS im Experiment wünschenswert. Als potenziell geeignete Unterstützungsangebote wurden Lösungsbeispiele (z. B. Koenen, 2014) und Aufgaben mit gestuften Lernhilfen (z. B. Franke-Braun, 2008) identifiziert. Beide unterscheiden sich im Wesentlichen in der möglichen Autonomie bei der Nutzung. Daher liegt es nahe, dass sie in Abhängigkeit individueller Lernervoraussetzungen (u. a. Selbstregulationsfähigkeit) unterschiedlich wirksam sind. Um dies zu untersuchen, wird ein Testinstrument zur Erfassung der VKS bei Grundschulkindern (Jahrgangstufe 3 bis 4) benötigt. Ein solches Testinstrument sollte, um das Konstrukt vollständig zu erfassen, die Fähigkeit zur Anwendung der VKS in allen drei Phasen des Experiments messen. Während dies für die Phasen der Planung und Auswertung durchaus durch ein schriftliches Instrument erfolgen kann, sollte die Fähigkeit zur Berücksichtigung der VKS bei der Durchführung im hands-on-Format erfasst werden.

VKS - Test für die Jahrgangsstufen 3 und 4

Vorliegende, veröffentlichte Testinstrumente sind überwiegend für andere Zielgruppen konzipiert (z. B. Schwichow, 2015; Vorholzer, 2016) oder enthalten keine hands-on-Anteile (z. B. Chen & Klahr, 1999). Jedoch stellen sie die Basis für den hier vorgestellten und für die Zielgruppe entwickelten Test dar. Im Folgenden werden die Konzeption des schriftlichen Teils und Pilotierungsergebnisse zur Testqualität vorgestellt.

Im Wesentlichen auf Grundlage der schriftlichen multiple-choice Tests von Schwichow (2015) und Chen und Klahr (1999) wurden Items zu vier verschiedenen Experimenten mit den Themen Schaukeln, Stromkreise, Murmelbahnen und Federn entwickelt. In jedem Experiment können drei verschiedene Variablen mit je zwei unterschiedlichen Ausprägungen untersucht werden (z. B. Murmelbahn: Höhe der Bahn, Größe der Murmel, Beschaffenheit des Bodens). Im Folgenden werden beispielhaft Items zur Planung und Auswertung vorgestellt.

Items zur Planung

Im Itemstamm wird den Schülerinnen und Schülern eine Frage von Suse und Tom (zwei fiktive Kinder) zum Einfluss einer bestimmten unabhängigen Variable auf eine abhängige Variable präsentiert, z. B. „Bestimmt die Höhe der Bahn, wie schnell eine Murmel rollt?“. Diese Frage soll durch einen Vergleich von zwei experimentellen Anordnungen beantwortet

werden. Darunter werden vier Bildpaare präsentiert. Jedes Bildpaar zeigt zwei Anordnungen für den Vergleich. Davon ist nur ein Bildpaar für die Beantwortung der Fragestellung geeignet. Die drei Distraktoren folgen bei allen Items der gleichen Systematik:

- Typ 1: Die experimentellen Anordnungen unterscheiden sich nur in einer Variablen. Hierbei handelt es sich aber nicht um die unabhängige Variable der Fragestellung.
- Typ 2: Die experimentellen Anordnungen unterscheiden sich in zwei Variablen, der unabhängigen Variablen und einer weiteren (einfache Konfundierung).
- Typ 3: Die experimentellen Anordnungen unterscheiden sich in allen drei Variablen (zweifache Konfundierung).

Insgesamt wurden zu jedem der vier Experimente drei Items entwickelt, je ein Item pro möglicher unabhängiger Variable.

Items zur Auswertung

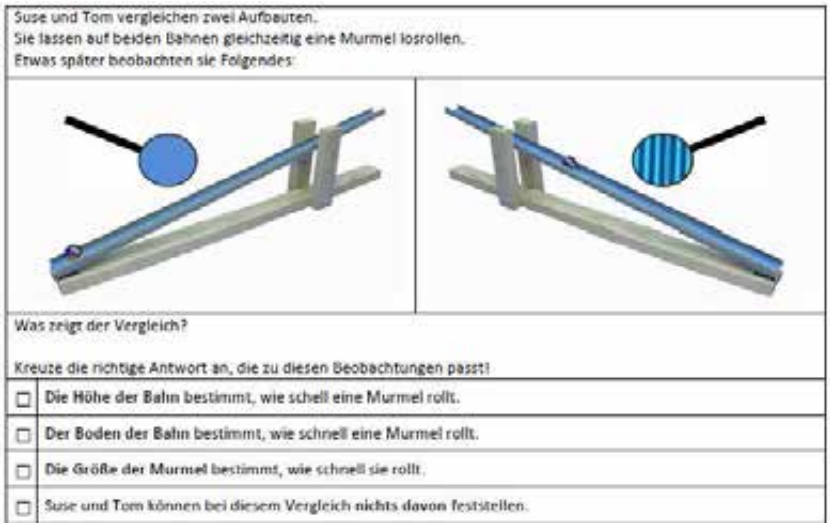


Abb. 1 Beispiel Item zur Auswertung

Im Itemstamm wird beschrieben, dass Suse und Tom einen Vergleich zweier experimenteller Anordnungen durchgeführt haben (vgl. Abb. 1). Der Vergleich ist in einem Bildpaar dargestellt. Die Schülerinnen und Schüler sollen entscheiden, welche Schlussfolgerung Suse und Tom aus dem Ergebnis ihres Vergleichs ziehen können. Es gibt vier Antwortmöglichkeiten, darunter immer auch die Möglichkeit, dass Suse und Tom keinen Schluss aus dem Vergleich ziehen können. Die drei weiteren Antwortmöglichkeiten sind Aussagen zum Einfluss einer unabhängigen Variablen (z. B. Höhe der Bahn) auf die abhängige Variable, (hier: Schnelligkeit der Murmel). Die Items zur Auswertung unterscheiden sich darin, welche Aussage aufgrund des Bildpaares getroffen werden kann:

- Typ 1: Die zwei experimentellen Anordnungen unterscheiden sich nur in einer Variablen. Die Schülerinnen und Schüler müssen hier die Schlussfolgerung mit der richtigen unabhängigen Variable auswählen.
- Typ 2: Die zwei experimentellen Anordnungen sind identisch. Die Schülerinnen und Schüler müssen erkennen, dass keine Aussage über den Einfluss einer der Variablen getroffen werden kann.
- Typ 3: Die zwei experimentellen Anordnungen unterscheiden sich in drei Variablen. Auch hier müssen die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass keine Aussage über den Einfluss einer Variablen getroffen werden kann.

Durchführung der Pilotierung

Für die Pilotierung wurden die insgesamt 24 Items zu den vier Experimenten in zwei Testheften mit jeweils drei Experimenten (18 Items, maximal 18 Punkte) zusammengestellt:

- Testheft A enthält die Experimente Schaukeln, Stromkreise, Murmelbahnen.
- Testheft B enthält die Experimente Schaukeln, Stromkreise, Federn.

Für die Bearbeitung eines Testhefts wurden 45 Minuten (15 Minuten pro Experiment) eingeplant. Vor Beginn der Bearbeitung des Testhefts erhielten die Schülerinnen und Schüler eine kurze Einführung in das Aufgabenformat. Vor jedem Itemblock zu einem Experiment wurde das Experimentiermaterial, das in den entsprechenden Abbildungen gezeigt ist, kurz vorgestellt. Beides erfolgte anhand eines detaillierten Testleiterskripts.

Der VKS- Test wurde mit insgesamt 81 Schülerinnen und Schülern aus zwei dritten Klassen (Schuljahresende) pilotiert. Im Rahmen der Pilotierung wurden auch Interventionsmaterialien zur Förderung der VKS durch Lösungsbeispiele bzw. Aufgaben mit gestuften Lernhilfen pilotiert (Interventionsdauer: zwei Doppelstunden im Abstand von zwei Wochen), auf die hier nicht näher eingegangen wird. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten vor und nach der Intervention im Abstand von insgesamt vier Wochen das gleiche Testheft. Durch den Einsatz des VKS-Tests als Vor- und Nachtest konnte gleichzeitig überprüft werden, inwieweit mit dem Test Lernzuwächse nachgewiesen werden können. Es liegen 56 vollständige Datensätze vor (Vor- und Nachtest sowie Interventionsteilnahme) vor, davon 29 für Testheft A und 27 für Testheft B.

Ergebnisse der Pilotierung

Im Verlauf der Pilotierung konnte beobachtet werden, dass nur wenige Verständnisfragen zur Bearbeitung des Tests auftraten und die vorgesehene Bearbeitungszeit eingehalten werden konnte. Nur fünf Testhefte im Prätest und drei Testhefte im Posttest wurden unvollständig bearbeitet.

Eine Analyse der Items zeigt für beide Testhefte zufriedenstellende Kennwerte sowohl zum Prä- als auch zum Postzeitpunkt. Die Messung erfolgt reliabel (z. B. Testheft A: Cronbachs α: $\alpha_{Vortest} = .79$ / $\alpha_{Nachtest} = .88$). Es zeigten sich keine Boden- oder Deckeneffekte bei der Bearbeitung des VKS-Test; die Itemschwierigkeit liegt z. B. für Testheft A im Vortest im Bereich .07 - .66 und im Nachtest im Bereich .28 - .83. Mit dem Test kann ein Lernzuwachs zwischen Vor- und Nachtest nachgewiesen werden (Testheft A: $t(28) = -5.375$, $p < .001$, $d_z = 0.999$, $1-\beta = .999$).

Bereits für ein reduziertes Testheft mit zwei Experimenten (Stromkreise und Murmelbahnen) ergeben sich ähnlich gute Reliabilitäten ($\alpha_{Vortest} = .75$ / $\alpha_{Nachtest} = .86$) und Itemschwierigkeiten in demselben Bereich wie für Testheft A. Die Trennschärfen aller Items liegen im Vortest über .11 und im Nachtest über .22. Auch mit dieser Auswahl kann ein signifikanter Lernzuwachs nachgewiesen werden ($t(28) = -5.026$, $p < .001$, $d_z = 0.936$, $1-\beta = .998$).

Fazit und Ausblick

Die Pilotierungsergebnisse zeigen, dass der Test für die Altersgruppe geeignet zu sein scheint. Um in vertretbarer Testzeit auch noch den in der Entwicklung befindlichen hands-on-Test einsetzen zu können, soll der schriftliche Test auf die beiden oben genannten Experimente reduziert werden. Damit soll in der Hauptstudie die Lernwirksamkeit der Unterstützungsangebote (Lösungsbeispiele und Aufgaben mit gestuften Lernhilfen) differenziert nach Lernervoraussetzungen untersucht werden.

Literatur

Bullock, M. & Sodian, B. (2003). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In W. Schneider & F.E. Weinert (Eds.), Entwicklung, Lehren und Lernen. Göttingen u. a.: Hogrefe - Verlag, 75-92

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

Franke-Braun, G. (2008). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Berlin: Logos

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt

Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 5(59), 292-299

Hammann, M. & Mayer, J. (2012). Was lernen Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren? Biologie in unserer Zeit, 42(5), 284-285

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. Cognitive Science, 12(1), 1-48

Klahr, D. & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction. Effect of direct instruction and discovery learning. Psychological science, 15(10), 661-667

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

Schwichow, M. (2015). Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht. Dissertation. Universität Kiel

Vorholzer, A. (2016). Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes. Berlin: Logos

Marcel Simon
Prof. Dr. Volker Woest

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Chemisch-Geowissenschaftliche Fakultät
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik

Konzeption und Realisierung jahrgangsübergreifender Experimentier-Sets im Chemieunterricht im Kontext der Reformpädagogik nach Maria Montessori

Untersuchungsgegenstand und Erkenntnisinteresse

Im Zuge der in den vergangenen 15 Jahren vorgenommenen Umstrukturierungen in der deutschen Schullandschaft, etablierten sich Konzepte, die einerseits einen veränderten Umgang mit der Heterogenität der Schülerschaft als auch andererseits den Anspruch zur Vermittlung von selbstständigem sowie komplexerem Lernen und Arbeiten erheben. Ein Beispiel dafür ist der Ansatz des jahrgangsübergreifenden Unterrichts. An der Montessorischule Jena wird diese Form ab dem Schuljahr 2017/-18 verstärkt in den naturwissenschaftlichen Unterricht, in Form der an die Montessori-Pädagogik angelehnte Dreierjahrgangsmischung der Klassenstufen 7, 8 und 9, integriert. Die vorliegende Arbeit unterstützte diesen Prozess im Unterrichtsfach Chemie hinsichtlich folgender Aspekte: Ein erster Teil befasste sich mit der Darstellung grundlegender Konstruktionskriterien für Lern- und Experimentier-Sets im Kontext altersheterogenen Lernens. Auf der Grundlage dieses, aus der Theorie abgeleiteten und durch Aussagen naturwissenschaftlicher Lehrkräfte ergänzten, Kriterienkatalogs wurde exemplarisch ein solches Set entwickelt und in den Fokus der weiteren Untersuchungen gelegt. Das zentrale Ziel der sich anschließenden Erprobung und Evaluation dieses Sets zum Thema „Säuren & Basen“ durch Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 7, 8, 9 und 10 war es, die Eignung dieses Materials im Hinblick auf den Einsatz zur Förderung und Optimierung chemischer Lernprozesse im Kontext altersübergreifenden Unterrichts in der Sekundarstufe I zu überprüfen.
Zusammenfassend lassen sich somit zwei zentrale Fragestellungen formulieren, die das konkrete Forschungsinteresse dieser Arbeit repräsentierten:

- Welche Konstruktionskriterien müssen Lern- und Experimentier-Sets erfüllen, um im Kontext jahrgangsübergreifenden Unterrichts erfolgreich eingesetzt werden zu können?

- Sind die entwickelten Materialien des Sets für den Einsatz im altersheterogenen Lernkontext geeignet?

Untersuchungsdesign und methodisches Vorgehen

Grundlegend folgte das Format dieser Arbeit dem Design-Based-Research-Ansatz, nach welchem eine praxisorientierte Problem- oder Fragestellung theoriegeleitet beantwortet wird. Zu diesem Zweck war es notwendig, interdisziplinäre Bezüge zwischen bildungs- und naturwissenschaftlichen Bereichen in der Arbeit herzustellen. In diesem Kontext wurden pädagogische Grundlagen mit fachspezifischen Inhalten und fachdidaktischer Methodik gekoppelt. Aufgrund des explorativen Charakters der aufgeworfenen Fragestellungen ist die Vorgehensweise dieser Arbeit der Tradition der Qualitativen Forschungsmethodik zuzuordnen. In diesem Zusammenhang wurde ein Prozess realisiert, der insgesamt vier zentrale Phasen, im Wechsel von theoretisch-curricularen und qualitativen Arbeitsschritten, umfasste (Vgl. Abb. 1: Methodisches Vorgehen und Prozessgestaltung). Die Erhebung des benötigten Auswertungsmaterials wurde mithilfe eigens konzipierter leitfadengestützter Kurz-Interviews realisiert, welche sich bezüglich deren Aufbau und Entwicklung an der Arbeit von Schecker et al. (2013) sowie hinsichtlich des Auswertungsprozesses an den Gütekriterien nach Mayring (2010) orientierten.

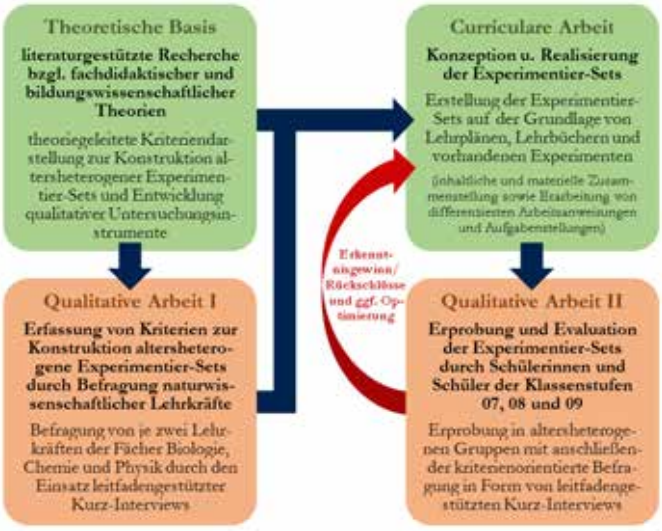


Abb. 1: Methodisches Vorgehen und Prozessestaltung

Vorstellung des Sets zum Thema „Säuren & Basen – Ist das ätzend!?“

Konzeptionell ist zuerst zu erwähnen, dass den Lernenden Freiheiten zugestanden werden, damit diese ihren Lernprozess aktiv mitgestalten können. Dazu zählen beispielsweise die freie Wahl der Sozialform sowie die Festlegung der Bearbeitungsreihenfolge der Themenfelder bzw. einzelner Module. Als Orientierungshilfe dient hierbei eine für jedes Themenfeld vorhandene Modulübersicht. Demgegenüber steht eine Dokumentations- und Abgabepflicht hinsichtlich der bearbeiteten Inhalte jedes einzelnen Moduls. Das exemplarisch entwickelte Themenfeld gliedert sich in insgesamt vier Module, wobei jedes einen thematischen Schwerpunkt aufweist:

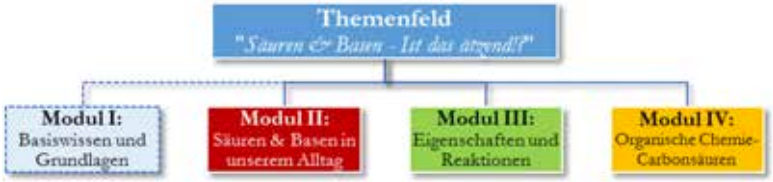


Abb. 2: Schematischer Aufbau des entwickelten Sets

Diese sind wiederum in einzelne Stationen unterteilt, die entweder vom theoretischem oder experimentellem Charakter sind. Im Falle des vorliegenden Sets handelt es sich bei Modul I um eine rein theoretische Einheit, wohingegen die restlichen drei Module ausschließlich Experimente umfassen. Die Arbeitsanweisungen weisen generell einen binnendifferenzierten Charakter auf, der in Form eines Ampelsystems (Rot, Gelb, Grün) für die einzelnen Anforderungsniveaus (I: Rekonstruktion, II: Anwendung, III: Transfer) zur Anwendung kommt. Die Anleitungen sind dabei grundlegend auf der Anspruchsebene III (Rot) verfasst. Zunächst sind die Schülerinnen und Schüler folglich dazu angehalten, sich mit dieser auseinanderzusetzen. Bei dabei auftretenden Schwierigkeiten ist es den Lernenden möglich, mithilfe eines Tablets oder ihres Smartphones, die auf die Arbeitsanweisungen aufgedruckten QR-Codes einzuscannen. Nach diesem Vorgang wird auf dem entsprechenden Gerät eine PDF-Datei geöffnet, die eine differenzierte Anleitung, je nach Anspruchsniveau mit konkreteren Durchführungen, Hinweisen und piktographischen Versuchsaufbauten, enthält.

Auf diese Weise soll es den Schülerinnen und Schülern ermöglicht werden, ihren Wissens- und Fähigkeitsstand zu reflektieren und ihrem individuellen Lernstand entsprechend differenzierte Anleitungen zu wählen. Nach der Durchführung eines Experimentes wird dieses schließlich, meist in Form eines Arbeitsblattes oder eines Protokolls, aufgaben- oder inhaltsorientiert ausgewertet. Hierzu sind den Lernenden ebenfalls Hilfestellungen in Form von Literaturhinweisen zur Recherche oder in Form von Lernvideos bereitgestellt, die ebenfalls QR-codiert vorliegen und bei Bedarf abgerufen werden können. Mit diesem Prinzip soll einerseits gesichert werden, dass das Erreichen von Kompetenzzielen, die im Lehrplan verankert sind, gewährleistet wird. Andererseits sollen den Schülerinnen und Schülern gleichzeitig die Wahl der Bearbeitungstiefe sowie das Einbringen eigenständiger Ideen und Lösungsansätze ermöglicht werden.

Ergebnisse, Fazit und Ausblick

Auf der Grundlage angefertigter Teiltranskripte aus den leitfadengestützten Kurz-Interviews mit den Lehrkräften konnte ein Abgleich mit den theoretisch ermittelten Konstruktionskriterien durchgeführt werden. Unter Synthese dieser Resultate wurden so drei zentrale Felder mit insgesamt neun Kriterien identifiziert:

Fachbezogene Aspekte	Materielle Aspekte	Soziale Aspekte
- fachliche Eignung/Passung für die Lernenden der einzelnen Jahrgänge - Erkenntnisgewinn in Form verschiedener Kompetenzen (Sach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenz)	- Förderung des selbstständigen Arbeitens - Strukturierung als Hilfe und Orientierung - Raum für eigene Interessen und Fragestellungen - Eröffnung und Verfolgung des eigenen Lernweges - anregende und interesseweckende Materialgestaltung	- freie Wahl der Sozialform - Anregung der Zusammenarbeit zwischen Lernenden unterschiedlicher Jahrgänge

Diese Faktoren stellten einerseits die Ausgangsbasis für die curriculare Entwicklungsarbeit dar. Auf der anderen Seite dienten sie auch als Grundlage für die Erarbeitung der Interventionsmodi für die Evaluationsgespräche mit den ausgewählten Schülerinnen und Schülern. Die aus diesen Gesprächen erstellten Gesamttranskripte der ebenfalls zum Einsatz gekommenen Kurz-Interviews lassen schlussfolgern, dass das entwickelte Material für den Einsatz im jahrgangsübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterricht geeignet ist. Vordergründig in Bezug auf strukturelle und materielle Aspekte, geben die Ergebnisse Anlass zur Überzeugung, dass das vorliegende System beibehalten und ggf. auf weitere thematische Sets angewendet werden kann.

Es muss zusammenfassend jedoch auch festgehalten werden, dass eine primäre Optimierung der Aufgabenstellungen hinsichtlich eines höheren Anspruchsniveaus für ältere Lernende erforderlich erscheint. Ferner sollte auch die Produktion versuchsspezifischerer Lernvideos verstärkt realisiert werden. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse ist es denkbar, die weitere Unterrichtsentwicklung im Fach Chemie an der Montessorischule Jena durch die Konzeption weiterer Sets, die spiralcurriculativ oder projektorientiert begründbar sind, zu unterstützen.

Literatur

Montessori, M., Oswald, P. & Schulz-Benesch, G. (Hrsg.) (2007). Die Entdeckung des Kindes. Herder-Verlag, Freiburg

Montessori, M., Oswald, P., & Schulz-Benesch, G. (Hrsg.) (2008). Schule des Kindes. Montessori-Erziehung in der Grundschule. Herder-Verlag, Freiburg

Schuhmacher, E. (2016). Montessori-Pädagogik verstehen, anwenden und erleben – Eine Einführung. Beltz-UTB-Verlag, Weinheim & Basel

Pfeiffer, F. (2013). Reformpädagogische Konzepte – Geschichte und Theorie der Frühpädagogik. Beltz-UTB-Verlag, Weinheim & Basel

Fuchs, B. & Schäfer, A. (Hrsg.) (2003). Maria Montessori – Ein pädagogisches Portrait. Beltz-UTB-Verlag, Weinheim & Basel

Oswald, P. & Schulz-Benesch, G. (Hrsg.); überarbeitet von Ludwig, H. (2008). Grundgedanken der Montessori-Pädagogik – Quellentexte und Praxisberichte. Herder-Verlag, Freiburg

Knauf, T., Traub, T. & Laging, R. (Hrsg.) (2003). Grundgedanken der Schulpädagogik (Band 28) – Altersgemischtes Lernen in der Schule. Schneider-Verlag Hohengehren GmbH

Bader, H.-J., Lutz, B. & Pfeifer, P. (Hrsg.) (2002). Konkrete Fachdidaktik Chemie. Oldenbourg-Verlag GmbH, München

Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.) (2014). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer-Verlag, Berlin & Heidelberg

Fthenakis, W. E. (2013). Didacta – Das Magazin für lebenslanges Lernen: Auf Spurensuche. Ausgabe 01/ 2013 (Januar/Februar/März/April), 42-48

Boysen, J. & Lippert, H. (2016). Didacta – Das Magazin für lebenslanges Lernen: Montessori-Pädagogik neu gedacht – Zustimmung zur Ko-Konstruktion. Ausgabe 01/2016 (Januar/Februar/März), 100-103

Zimmermann, P. (2007). Hilf mir, es selbst zu tun – Montessori-Pädagogik in Jena. Herausgegeben durch den Montessori Jena e.V.

Kuhl, P., Felbrich, A., Richter, D. & Pant, H. (2013). Die Jahrgangsmischung auf dem Prüfstand: Effekte jahrgangsübergreifenden Lernens auf Kompetenzen und sozio-emotionales Wohlbefinden von Grundschülerinnen und Grundschülern. VS-Verlag für Sozialwissenschaften, pp. 229-324

Lehrplan für den Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife: Mensch-Natur-Technik (2015), herausgegeben vom Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport; online abrufbar unter: https://www.schulportal-thueringen.de/media/detail?tspi=1393 (zuletzt aufgerufen: Freitag, 06.10.2017; 11:35 Uhr)

Lehrplan für den Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife: Chemie (2012), herausgegeben vom Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur; online abrufbar unter: https://www.schulportal-thueringen.de/web/guest/media/detail?tspi=2285 (zuletzt aufgerufen: Freitag, 06.10.2017; 11:37 Uhr)

Norman Joußen RWTH Aachen
Stephan Fraß
Heidrun Heinke

Prozessorientierte Instrumente zur Erhebung experimenteller Strategien

Einleitung

Durch die Formulierung von experimentellen Kompetenzen, wie sie beispielsweise durch die Kultusministerkonferenz der Länder in den Bildungsstandards für die Physik vorgenommen wurde, hat die Diagnostik experimenteller Prozesse in den letzten Jahren eine zunehmende Bedeutung erfahren (KMK, 2004). Diese Entwicklung zeigt sich nicht nur in Deutschland, sondern auch über die nationalen Grenzen hinaus (siehe NRC, 2012). Bei vorangegangenen Untersuchungen des experimentellen Prozesses wurden Prozessaspekte während der Durchführung von Realexperimenten nur selten betrachtet. Einer der Gründe hierfür liegt darin, dass für eine solche Untersuchung Instrumente benötigt werden, die die experimentellen Handlungsabfolgen in dieser Phase des Experimentierens in geeigneter Weise abbilden können. Im vorliegenden Beitrag werden daher zwei prozessorientierte Instrumente zur Dokumentation solcher experimentellen Prozesse kurz vorgestellt, die vor diesem Hintergrund entwickelt wurden, und deren Einsatzmöglichkeiten diskutiert. Für eine detaillierte Beschreibung der probandenfokussierten Erfassung mit Smartpen-Verlaufsprotokollen und der objektfokussierten Erfassung wird auf (Joußen, Fraß & Heinke, 2017) verwiesen. Beide Erhebungsinstrumente wurden im Wintersemester 2016/17 bei einem Praktikumsversuch zum Photoeffekt an der RWTH Aachen parallel eingesetzt, um den Prozess der optischen Justage abzubilden.

Zwei prozessorientierte Instrumente

Als erstes prozessorientiertes Instrument wird in diesem Abschnitt die probandenfokussierte Erfassung mittels vorstrukturierter Smartpen-Verlaufsprotokolle vorgestellt. In diesem wei-

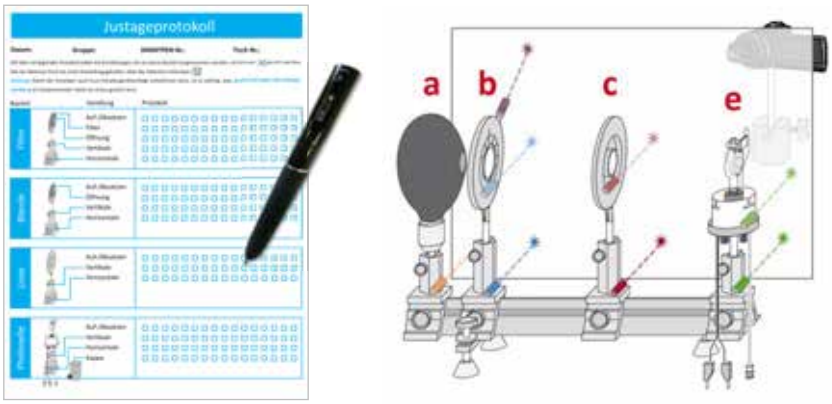


Abb. 1: Bei der probandenfokussierten Erfassung mit Smartpen-Verlaufsprotokollen (links) dokumentieren die Probanden die Abfolge ihrer experimentellen Handlungen in einem vorstrukturierten Smartpen-Protokollformular. Bei der objektfokussierten Erfassung (rechts) wird die Abfolge der experimentellen Handlungen durch eine am Versuchsaufbau implementierte Sensorik aufgenommen. (Verwendung von Abbildungselementen mit freundlicher Genehmigung von ©Leybold® / LD Didactic GmbH; www.leybold-shop.de.)

terentwickelten Protokollformular sind alle im vorliegenden Experimentierraum relevanten Handlungen vollständig abgebildet und in Schritte gegliedert (vgl. Fraß, Weyers & Heinke, 2014). Dafür sind die möglichen experimentellen Handlungen im Protokoll nach Bauteil und nach den jeweils möglichen Justagehandlungen strukturiert. Die Probanden dokumentieren ihren Justageprozess während der Durchführung durch Ankreuzen einer der möglichen Schrittoptionen. Durch die Verwendung von Smartpens ist eine zeitliche Rekonstruktion der Justageschritte möglich. Zudem sind auch die Gespräche der Probanden-Teams während der einzelnen Handlungsschritte zugänglich. Das vorstrukturierte Smartpen-Verlaufsprotokoll ist in Abb. 1 (links) dargestellt. Bei der Auswertung der Daten aus der probandenfokussierten Erfassung wurden die Justageschritte kodiert und anschließend zu einer Zeichenkette aneinandergereiht, welche die Abfolge der experimentellen Schritte beschreibt.

Im Gegensatz zur probandenfokussierten Erfassung wird bei der objektfokussierten Erfassung der experimentelle Prozess nicht durch die Dokumentation der Probanden zugänglich, sondern durch eine am Versuchsaufbau implementierte Sensorik, die alle relevanten Manipulationen am Realexperiment aufzeichnet (siehe auch Fraß & Heinke, 2017; Büsch, Schöneberg & Heinke 2017; Büsch, Guntermann & Heinke, 2017). Im hier betrachteten optischen Experiment sind dafür an jedem optischen Bauteil zwei oder drei Laserdioden angebracht, die einen Lichtspot auf einem halbtransparenten Schirm erzeugen. Auf der Rückseite dieses Schirms befindet sich eine Videokamera, die die Bewegung der Lichtspots auf dem halbtransparenten Schirm aufzeichnet. Die Laserdioden sind dabei an den optischen Bauteilen so positioniert, dass die relevanten Manipulationen an den Bauteilen durch die Bewegung der Lichtspots auf dem Schirm abgebildet werden. Die am Versuchsaufbau zum Photoeffekt implementierte Sensorik ist in Abb. 1 (rechts) dargestellt. Im Anschluss an die Videoaufzeichnung erfolgt eine teilautomatisierte Auswertung der aufgenommenen Videodaten. Hierzu werden mit Hilfe eines Videoanalyseprogramms zunächst x-y-t-Daten für jeden Lichtspot auf dem Schirm extrahiert. Die so erhaltenen x-y-t-Daten werden dann durch ein Python-Skript aufbereitet und es erfolgt eine automatische Unterteilung in einzelne Handlungsschritte. Ein Handlungsschritt wurde hierfür als durchgängige Einstellung eines Freiheitsgrades (z.B. die horizontale Verschiebung der Irisblende) oder als Auf-/Absetzen eines optischen Bauteils definiert. Als Ausgabe erhält man eine zur probandenfokussierten Erfassung analog kodierte Zeichenkette.

Die Studie im Wintersemester 2016/17 mit N = 14 Datensätzen von experimentierenden Probandenpaaren ermöglichte einen Vergleich der aus beiden Ansätzen gewonnenen Abfolgen von Handlungsschritten. Für die meisten Datensätze zeigte sich dabei eine gute Übereinstimmung, jedoch finden sich auch Diskrepanzen. So lassen sich Anhaltspunkte dafür finden, dass Probanden bei der Dokumentation ihres Justageprozesses im vorstrukturierten Smartpen-Verlaufsprotokoll Justagehandlungen am gleichen Bauteil oder aber Bauteile selber bei der Dokumentation vertauscht haben. Darüber hinaus lassen sich Handlungsschritte finden, die zwar in der objektfokussierten Erfassung aufgezeichnet, jedoch nicht von den Probanden im Protokoll dokumentiert wurden. Auch werfen vereinzelt beobachtete nicht protokollierte, aber in der objektfokussierten Erfassung aufgezeichnete Justageschritte nach einer vorherigen Montage eines Bauteils die Frage auf, ob hier in der objektfokussierten Erfassung Artefakte der vorherigen Montage aufgezeichnet werden. Für ein besseres Verständnis der beobachteten Diskrepanzen ist eine weitere Studie mit paralleler probanden- und objektfokussierten Erfassung des experimentellen Prozesses und zusätzlicher Videoaufzeichnung der Probanden beim Justageprozess geplant.

Einsatzmöglichkeiten der beiden prozessorientierten Instrumente

Die probandenfokussierte Erfassung ermöglicht es mit einem etablierten methodischen Ansatz (bspw. Hofstein, 2004 und Emden, 2011) den experimentellen Prozess mit einer guten zeitlichen Auflösung abzubilden. Mit dem vorstrukturierten Smartpen-Verlaufsprotokoll ist

ein Protokollformat gegeben, das bei geeigneter Ausführung eine niederschwellige Nutzung während der experimentellen Durchführung gestattet. Durch eine Anpassung des Protokollformats kann dabei der Dokumentationsprozess der Probanden gesteuert werden. Das ist insbesondere deshalb interessant, weil durch die Verwendung eines Smartpens auch die Gespräche der Probanden mit ihrer zeitlichen Zuordnung zu den experimentellen Handlungsabfolgen zugänglich sind. Somit kann durch die Gestaltung des Smartpen-Verlaufsprotokolls entweder ein hoher Detailgrad der experimentellen Handlungen forciert oder eine Bewertung einzelner experimenteller Handlungsschritte durch die Probanden eingefordert werden, was dann aber mit einer gröberen Dokumentation der experimentellen Abläufe einhergehen wird. Durch die zugänglichen Daten erlaubt es die probandenfokussierte Erfassung mit Smartpen-Verlaufsprotokollen auf Individualebene qualitative Studien experimenteller Prozesse durchzuführen. Der moderate Auswerteaufwand vieler Smartpen-Daten ermöglicht aber ebenso explorative und quantitative Studien zum experimentellen Vorgehen der Probanden und der damit verbundenen experimentellen Strategien auf Gruppenebene. Dies kann auch für Interventionsstudien genutzt werden, in deren Fokus die Vermittlung experimenteller Kompetenzen steht.

Die meisten der oben für die probandenfokussierte Erhebung mit Smartpen-Verlaufsprotokollen skizzierten Einsatzmöglichkeiten sind auch für die objektfokussierte Erfassung der Prozessdaten umsetzbar. Bei qualitativen Studien auf Individualebene können sich bei alleiniger Nutzung der objektfokussierten Erfassung allerdings je nach Fragestellung Einschränkungen in der Aussagekraft der Daten ergeben, sofern nicht ergänzend die Kommunikationsprozesse beim Experimentieren (z.B. durch die Nutzung eines Smartpens zur Erstellung eines gewöhnlichen Messprotokolls) oder Think-Aloud-Daten aufgenommen werden. Durch die vollständig oder teilweise automatisierte Auswertung der Prozessdaten bei der objektfokussierten Erfassung werden auf Gruppenebene aber auch Studien mit großen Probandenzahlen leicht durchführbar, wenn zuvor einmal der Aufwand für die geeignete Präparation der Versuchsaufbauten geleistet wurde. Große Probandenzahlen bieten auch hier wieder den Zugang zur explorativen Identifikation experimenteller Strategien oder deren quantitativer Untersuchung im Rahmen von Interventionsstudien.

Die objektfokussierte Erfassung der Prozessdaten eröffnet zusätzlich neue Optionen für die Vermittlung experimenteller Kompetenzen in der Durchführungsphase von Experimenten. Da alle relevanten Manipulationen am Realexperiment digital erfasst werden, kann das Experiment in seinem Ablauf rekonstruiert werden. Dies ermöglicht ein Feedback für den Lerner in Lehrsituationen, in denen Lehrkraft und Lerner wichtige Aspekte des experimentellen Prozesses gemeinsam rekapitulieren. Es erlaubt aber auch eine Bewertung von Prozessaspekten des Experimentierens in größeren Lerngruppen, in denen einzelne Lerner oder Kleingruppen an verschiedenen experimentellen Aufbauten arbeiten, die durch eine einzelne Lehrkraft nicht gleichzeitig beobachtet werden können. Bei Umsetzung einer vollautomatisierten Datenauswertung können die Lerner zudem in digital gestützten Lehr-Lern-Szenarien am realen Experiment ein direktes Feedback zu ihren experimentellen Handlungsschritten erhalten.

Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurden zwei prozessorientierte Instrumente zur Erhebung der Prozessdaten bei der Durchführung von Realexperimenten vorgestellt. Ein paralleler Einsatz beider Instrumente zeigte, dass für die meisten Datensätze eine gute Übereinstimmung vorliegt. Beobachtete Diskrepanzen sollen durch den zusätzlichen Einsatz einer Videokamera aufgeklärt werden. Die Einsatzmöglichkeiten beider prozessorientierter Instrumente wurden diskutiert. Sie weisen auf ein großes Potential für die Untersuchung experimenteller Prozesse, das im Falle der objektfokussierten Erfassung durch neue Zugänge zur Vermittlung experimenteller Kompetenzen erweitert wird.

Literatur

BÜSCH, Leonard, GUNTERMANN, Christina, HEINKE, Heidrun: Diagnostik experimenteller Vorgehensweisen am Beispiel eines Versuchs zur Radioaktivität. In: NORDMEIER, Volkhard, GRÖTZEBAUCH, Helmuth (Hrsg.): PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik. Dresden: o. V., 2017, Beitrag DD 22.03.

BÜSCH, Leonard, SCHÖNEBERG, Marie, HEINKE, Heidrun: Einblick in Prozesse im Realexperiment: Chancen für Forschung & Lehre. In: MAURER, Christian (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Regensburg: Universität Regensburg, 2017, S. 456-459.

EMDEN, Markus: Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlichen-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. In: NIEDDERER, Heiko, FISCHLER, Helmut, SUMFLETH, Elke (Hrsg.): Studien zum Physik- und Chemielernen (Bd. 118). Berlin: Logos Verlag, 2011.

FRASS, Stephan, HEINKE, Heidrun: Auf der Suche nach Strategien bei der Manipulation von Experimenten. In: MAURER, Christian (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. Regensburg: Universität Regensburg, 2017, S. 312-315.

FRASS, Stephan, WEYERS, Christian, HEINKE, Heidrun: Können IBE experimentelle Fertigkeiten vermitteln? - Entwicklung eines prozessorientierten Analyseinstrumentes. In: NORDMEIER, Volkhard, GRÖTZEBAUCH, Helmuth (Hrsg.): PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik. Frankfurt a. M.: o. V., 2014, Beitrag DD 04.02.

HOFSTEIN, Avi: The Laboratory In Chemistry Education: Thirty Years Of Experience With Developments, Implementation, And Research. Chemistry Education: Research and Practice, 5 (3) (2004), S. 247-264.

JOUSSEN, Norman, FRASS, Stephan, HEINKE, Heidrun: Diagnostik experimenteller Prozesse: Validierung eines prozessorientierten Instruments. In: NORDMEIER, Volkhard, GRÖTZEBAUCH, Helmuth (Hrsg.): PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik. Dresden: o. V., 2017, Beitrag DD 2.18.

KMK. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.

NRC. National Research Council: A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington DC: The National Academies Press.

Simon Hütz RWTH Aachen
Sebastian Staacks
Christoph Stampfer
Heidrun Heinke

Einsatz der App *phyphox* in Physikvorlesungen und -übungen

Ausgangslage

Bei der Betrachtung von Experimentalphysikvorlesungen, die ein zentrales Element in der Ausbildung von angehenden Physikern, anderen Naturwissenschaftlern und Ingenieuren darstellen, ist es auffällig, dass in der Regel keine eigenständigen Experimente in Vorlesung und Übung von den Studierenden durchgeführt werden (Klein, 2016, S. 20). Die bisherige Herangehensweise führt dazu, dass die Studierenden beim Experimentieren im Rahmen der Vorlesung in der Regel nur eine beobachtende Rolle einnehmen (ebd.). Dabei ist diese rein passive Betrachtungsweise von physikalischen Phänomenen meist in der Anfangsphase von Studiengängen verortet, in denen auch häufig eine hohe Studienabbruchquote vorliegt. Die Ergänzung solcher Experimentalphysikvorlesungen durch studierendenfokussierte Elemente könnte dazu beitragen, die Studienmotivation und das Studieninteresse aufrechtzuerhalten und somit die Erfolgsquote in diesen Studienrichtungen zu erhöhen. Durch die enorm gestiegene Verbreitung von Smartphones (Feierabend, Plankenhorn & Rathgeb, 2016, S. 23) und den technischen Fortschritt der in diesen Geräten verbauten Hardware erscheint ein systematischer Einsatz dieser Geräte in der Hochschullehre gerechtfertigt. Mit Hilfe von Smartphones können ausgewählte Inhalte der Experimentalphysikvorlesungen näher an die Lebenswelt der Studierenden herangebracht werden. Zusätzlich wird es möglich, dass Studierende Experimente mit umfangreicher Messwerterfassung selber durchführen. Dies liegt daran, dass in Smartphones bereits viele Sensoren verbaut sind, die es erlauben, physikalische Größen zu messen. Mit einer entsprechenden App können die Messwerte der Sensoren ausgelesen und analysiert werden. p*hyphox* ist eine App, die dies ermöglicht (www.phyphox.org).

Die *phyphox*-App

Am II. Physikalischen Institut der RWTH Aachen wurde die App *phyphox* entwickelt (Kuhlen, Stampfer, Wilhelm & Kuhn, 2017, S. 148 f.). *phyphox* ist für Android ab Version 4.0 und iOS ab Version 8.0 kostenlos verfügbar und bietet die Möglichkeit, die meisten der in Smartphones verbauten Sensoren auszulesen und die Messdaten zu analysieren. Somit können Messungen beispielsweise mit dem Mikrofon, dem Beschleunigungssensor, dem Gyroskop, dem Magnetfeldsensor und dem Luftdrucksensor durchgeführt werden. Allerdings ist nicht jeder Sensor in jedem Smartphone verbaut. In *phyphox* ist es aber nicht nur möglich, einen Sensor über die Zeit, sondern auch mehrere Sensoren gleichzeitig auszulesen und somit Abhängigkeiten zwischen zwei Messgrößen aufzuzeigen. Außerdem können im Gegensatz zu vielen anderen Apps nicht nur die Rohdaten des Sensors aufgenommen, sondern die Daten auch weiterverarbeitet und somit analysiert werden. Für Versuchsaufbauten, in denen das Smartphone nicht bedient werden kann und auch nicht sichtbar ist, sowie für die Benutzung in Vorlesungen als Demonstrationsexperiment verfügt *phyphox* über einen Fernzugriff auf das Smartphone. Um diesen zu verwenden, müssen sich das Smartphone und das zur Steuerung verwendete Gerät lediglich im gleichen WLAN-Netzwerk befinden. Ist dies der Fall, können *phyphox*-Messungen über einen Webbrowser ferngesteuert und die Messdaten auch über diesen als Excel- oder CSV-Datei heruntergeladen werden. Über den Webbrowser werden auch die Messdaten grafisch dargestellt, wodurch es den Studierenden ermöglicht wird, die Aufnahme der Messdaten live zu verfolgen.

In *phyphox* sind bereits viele Experimente verfügbar. Neben den vorhandenen Experimenten besteht über ein eigenes Dateiformat auch die Möglichkeit, eigene Experimente anzulegen. Dadurch ist es möglich, Experimente speziell an die eigenen Bedürfnisse (z.B. die Vorkenntnisse der Nutzer oder die Versuchsaufbauten) anzupassen.
Die Entwicklung der App *phyphox* ist nicht abgeschlossen. So soll in naher Zukunft eine weiterentwickelte Bluetooth-Schnittstelle integriert werden, mit der es auch Laien-Nutzern möglich sein wird, auch externe Sensoren auszulesen. Dies ermöglicht die Messung weiterer physikalischer, aber auch nicht-physikalischer Größen mittels *phyphox*. Auch wird man in Zukunft in *phyphox* in Graphen hineinzoomen können.
Weitere Informationen sind auf der *phyphox*-Webseite unter www.phyphox.org zu finden.

Einsatzszenarien für *phyphox* in der Hochschullehre
In Hütz et al. (Hütz, Kuhlen, Stampfer & Heinke, 2017) wurden drei der möglichen Szenarien für den Einsatz von *phyphox* in der Hochschullehre vorgestellt. Diese drei Einsatzszenarien werden nachfolgend anhand von drei Beispielaufgaben illustriert. Alle Beispielaufgaben, die verkürzt in Tabelle 1 dargestellt sind, wurden im WS 2016/17 im Rahmen der Vorlesung Experimentalphysik I für die Bachelorstudiengänge Physik und Lehramt Physik an der RWTH Aachen erfolgreich eingesetzt.

Szenario A	Szenario B	Szenario C
a) Konstruieren Sie ein Fadenpendel und messen Sie mithilfe des in *phyphox* enthaltenen Experiments „Fadenpendel“ die Schwingungsfrequenz für drei verschiedene Fadenlängen. Geben Sie Fadenlänge und Frequenz sowohl in Ihrer Lösung der Übung als auch in der Eingabemaske im Kapitel „Schwingungen“ des eSkripts an. b) Zeigen Sie in einem kurzen Video Ihr Pendel in Aktion (3 bis 10 Sekunden).	In der Vorlesung wurde die Abhängigkeit der Zentrifugalbeschleunigung von der Winkelgeschwindigkeit mit Hilfe eines Smartphones demonstriert. In dieser Aufgabe sollen Sie diesen Versuch mit eigenen Mitteln wiederholen. Hierfür benötigen Sie eine Möglichkeit, Ihr Smartphone mit verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten zu rotieren. Hier sind wir an Ihrer Kreativität interessiert, da wir nach weiteren Ideen für diesen Versuch suchen.	In dieser Aufgabe sollen Sie das Rutschen von Objekten auf einer schiefen Ebene in einem realen Experiment selbst ausprobieren. a) Bestimmen Sie den Haftreibungskoeffizienten auf Ihrer Oberfläche für Papier, Alufolie, Backpapier oder ähnliches. Befestigen Sie hierzu das jeweilige Material unter einem festen Objekt und stellen Sie dieses auf Ihre neigbare Oberfläche. Beginnen Sie diese langsam zu neigen und messen Sie den Winkel …

Tab. 1: Beispielaufgaben für drei mögliche Einsatzszenarien der App phyphox im Rahmen von Vorlesungen und Übungen zu Themen der experimentellen Physik.

Im Szenario A erhalten die Studierenden (z.B. im Rahmen einer vorlesungsbegleitenden Übung oder eines Flipped-Classroom-Ansatzes) eine experimentelle Aufgabe, die sie mit Hilfe ihres Smartphones und der App *phyphox* bearbeiten sollen. Dabei ist den Studierenden zum Zeitpunkt der Bearbeitung der theoretische Hintergrund der Aufgabe noch unbekannt. Dieser soll erst mit Hilfe der in der Übungsaufgabe gewonnenen Daten in einer späteren Vorlesung hergeleitet oder überprüft werden. Dazu können die Daten entweder über ein Lern-Management-System, ein Web-Formular oder über die Übungsleiter erfasst werden. Zur Vorlesungsvorbereitung können dann die Daten der Studierenden in einem Diagramm aufgetragen werden, so dass die Studierenden in der Vorlesung sehen können, dass es mit Hilfe ihrer selbstaufgenommenen Daten möglich ist, den theoretischen Zusammenhang abzuleiten oder zu überprüfen. Somit folgt dieser Ansatz in Teilen den Prinzipien eines

Flipped Classroom. In der Beispielaufgabe zu diesem Szenario aus Tabelle 1 sollten die Studierenden auf freiwilliger Basis ein Fadenpendel mit einem schwingenden Smartphone entweder nach einer zur Verfügung gestellten Anleitung oder nach eigenen Ideen bauen. Mit Hilfe des gebauten Fadenpendels mit Smartphone und der App *phyphox* sollten die Studierenden dann drei Messwertpaare aus Fadenlänge und von der App ermittelter Schwingungsfrequenz bestimmen und diese in einem eSkript übermitteln. Aus diesen wurde anschließend ein Diagramm erstellt, dass zum einen den Verlauf des theoretisch erwarteten Zusammenhanges zwischen Schwingungsfrequenz und Fadenlänge eines Fadenpendels enthielt und zum anderen die Messwerte der Studierenden. Fast alle Messwerte der Studierenden lagen in diesem Diagramm nahe am theoretisch erwarteten Verlauf. Von den etwa 300 Studierenden, die zur Vorlesung angemeldet waren, wurden in dieser freiwilligen Aufgabe ca. 90 Datenpunkte für Fadenlängen zwischen 10 cm und 3,8 m generiert.
Szenario B der drei in diesem Beitrag beschriebenen Einsatzszenarien sieht vor, dass in der Vorlesung ein Experiment vorgeführt wird. Die Datenaufnahme bei diesem Experiment erfolgt dabei mit der App *phyphox*. Anschließend wird den Studierenden (wiederum im Rahmen einer Übung oder auch eines Flipped-Classroom-Ansatzes) die Aufgabe gestellt, das Experiment selbstständig durchzuführen. Die Wahl der Experimentiermittel bleibt ihnen dabei freigestellt. Zusätzlich wurden die Studierenden in der Beispielaufgabe aus Tabelle 1 gebeten, sich beim Experimentieren zu filmen und diese Filme zu teilen. Dieser Bitte sind einige Studierenden-Teams nachgekommen. Ziel der Beispielaufgabe war es, den Zusammenhang zwischen Zentrifugalbeschleunigung und Winkelgeschwindigkeit zu bestimmen. Einige Beispiele für die Umsetzung dieser Aufgabe durch die Studierenden sind in Abbildung 1 zu sehen. Weitere Umsetzungen sind auf der Webseite www.phyphox.org in einem Video zu finden.

Abb. 1: Zwei Umsetzungen von Studierenden zur Beispielaufgabe des Szenarios B. Links: Zwei Smartphones wurden an einem Karussell befestigt (Bild: M. Thiele und M.-R. Garal). Rechts: Das Smartphone wurde in der Nähe der Rollen an einem Schreibtischstuhl befestigt (Bild: T. Lieberum).

Bei Szenario C erhalten die Studierenden erneut eine experimentelle Übungsaufgabe. Im Vergleich zu Szenario A ist den Studierenden aber hier bereits die Theorie bekannt. Allerdings wurde den Studierenden in diesem Szenario noch kein ähnliches Experiment in der Vorlesung vorgeführt. Daher ist die Aufgabenstellung etwas enger gefasst. Somit soll es den Studierenden trotzdem gut möglich sein, die Aufgabe zu bearbeiten. In der Beispielaufgabe für das Szenario C sollten die Studierenden mit einem Smartphone, der App *phyphox* und weiteren einfachen Mitteln, die bei den meisten Studierenden im Haushalt verfügbar sein sollten, den Haftreibungskoeffizienten für drei verschiedene Materialkombinationen bestimmen. Dies sollten die Studierenden mit Hilfe einer neigbaren Oberfläche durchführen, an der der Neigungswinkel bestimmt werden kann, bei der das Objekt auf der Ebene zu rutschen beginnt. Bei dieser Aufgabe wurden die Studierenden nicht aufgefordert, ihr Experiment zu filmen. Daher liegen für diese Aufgabe noch keine beispielhaften Ideen für die Umsetzung des Experimentieraufbaus der Studierenden vor.

Literatur

Feierabend, Plankenhorn & Rathgeb (2016). JIM-Studie 2016. Jugend, Information, (Multi-)Media. Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs). Verfügbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2016/JIM_Studie_2016.pdf [18.05.2017]

Hütz, S., Kuhlen, S., Stampfer, C., Heinke, H. (2017, in Druck). Entwicklung und Evaluation modularer Vorlesungseinheiten mit Smartphoneeinsatz. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Klein, P. (2016). Konzeption und Untersuchung videobasierter Aufgaben im Rahmen vorlesungsbegleitender Übungen zur Experimentalphysik (Mechanik). Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern.

Kuhlen, S., Stampfer, C., Wilhelm, T. & Kuhn, J. (2017). Phyphox bringt das Smartphone ins Rollen. Physik in unserer Zeit, 3|2017 (48), 148-149

Dorothee Ermel
Sebastian Haase
Jürgen Kirstein
Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin

Didaktische Konzeption einer Augmented-Reality-Experimentierumgebung

Im Rahmen des Forschungsprojekts "**E**rfahrungsbasiertes **L**ernen durch **i**nteraktives E**x**perimentieren **i**n **e**rweiterten **R**ealumgebungen - **ELIXIER**" werden zentrale Elemente sowie die technische Umsetzung einer Experimentierumgebung mit zusätzlichen virtuellen Elementen untersucht und evaluiert.

Motivation

Digitalisierung nimmt eine zunehmende Rolle in allen Lebensbereichen ein und damit auch die „Bildung in der digitalen Welt" (KMK, 2016). Die klassische Aus- und Weiterbildung steht einem rasanten technologischen Wandel in der Gesellschaft gegenüber und die didaktischen Potentiale der Digitalisierung bleiben auch an Hochschulen oft ungenutzt (Schmid et al., 2017). Um das Potential ‚digitalisierter' Lehre für Hochschulen systematisch nutzen zu können, müssen zunächst didaktische und methodische Settings und ihr sinnvoller Einsatz für verschiedene Zielgruppen und Anlässe sowie deren Wirkungen erforscht (Salmi et al., 2017).

In naturwissenschaftlichen und ingenieurstechnischen Studiengängen sind Experimente ein fester Bestandteil. „Die Bedeutung und Notwendigkeit eines praktisch-experimentellen Anteils an der Ausbildung für das Erlernen einer naturwissenschaftlichen Disziplin wird heute von niemandem mehr bestritten" (Hucke, 1999, S. 4). Es ist deshalb wichtig, die Lernerfahrungen in diesen Bereichen durch geeignete didaktische und inhaltliche Elemente zu unterstützen und stets an die aktuellen Lernbedürfnisse anzupassen. Oftmals erreichen Praktika jedoch nicht die angestrebten Ziele (Theißen, 2000; Neumann, 2003). Viele der konventionellen Lehr-/Lernformate, wie zum Beispiel die Vorbereitung in Form eines klassischen Skriptes, helfen nur eingeschränkt (Zastrow, 2001; Mühlenbruch et al., 2014).

Im Bereich der Experimentalpraktika ist diesbezüglich eine positive Entwicklung zu beobachten. Bezogen auf naturwissenschaftliche Grundpraktika wurden bereits unterschiedliche Vorhaben zur Verbesserung durchgeführt. In einer Studie von Kreiten (2012) wird beispielsweise zusätzlich zu den klassischen Skripten ein multimedialer Ansatz verfolgt; ähnlich wie im Projekt *Technology-Supported Labs* (Rehfeldt et al., 2013; Mühlenbruch et al. 2014). Beide Vorhaben kamen zu dem Ergebnis, dass eine multimediale Unterstützung in der Praktikumsvorbereitung lernförderlich sein kann. Auch die Nutzung von *Augmented Reality* (AR) unterstützten Lernumgebungen wurde in internationalen Studien untersucht und als potentiell lernförderlich eingestuft (Radu, 2014; Bacca et al., 2014). Weiterführende Forschung ist jedoch insbesondere in diesem Bereich noch nötig, um Wirkungszusammenhänge genauer einschätzen zu können.

Das Projekt ELIXIER

Das Forschungsprojekt ELIXIER (ein Verbundprojekt aus Forschung, Kreativwirtschaft und Lehrmittelindustrie) hat zum Ziel, naturwissenschaftliche sowie ingenieurstechnische experimentelle Praktika durch multimediale und interaktive Elemente im Experimentierprozess lernförderlich zu erweitern. Dies soll durch die Ergänzung der Experimentiererfahrungen mittels AR und einer adaptiven Lernbegleitung in allen Phasen des Experimentierprozesses erfolgen.

Die im Vorhaben zu entwickelnden sog. *Demonstratoren* dienen der methodischen Erforschung und Evaluierung mit verschiedenen Nutzergruppen (aus universitärer und beruflicher Bildung). Machbarkeit und Mehrwert eines universell anwendbaren Lern- und Unterstützungssystems für Laborpraktika werden auf diese Weise in unterschiedlichen Nutzungskontexten untersucht und optimiert.
Einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt stellen dabei Aspekte der Usability augmentierter Realität, „tangible“ Interfaces (Koelle, 2010) sowie Fragen der didaktischen Gestaltung der Lerninhalte und tutoriellen Assistenz im Kontext des Experimentierens dar.
In der ersten Projektphase erfolgte zunächst eine Bedarfs- und Problemanalyse zum aktuellen Stand in Praktika sowie zu computerunterstützten Systemen. Auf den Ergebnissen aufbauend folgen nun die ersten Entwicklungen und Evaluationen von Modulen einer augmentierten Experimentierumgebung und multimedialer Vor- und Nachbereitung. In einem iterativen Prozess sollen dann die Demonstratoren entwickelt und evaluiert werden.

Didaktische Konzeption einer augmentierten Realität

Die didaktische Konzeption der AR-Experimentierumgebung ist ein zentraler Projektmeilenstein. AR wird hierbei als Zusatz und Anreicherung der realen Erfahrung, Geräte und Handlungen verstanden, ohne diese ersetzen zu wollen. Technologisch soll dies durch das Tracking von Objekten, Handlungen und Sensordaten ermöglicht werden. Zur Visualisierung sind Beamer und Tablets vorgesehen.
Ein Bestandteil des Konzepts ist die Interaktion zwischen der Lernplattform des Realexperiments und den Nutzer*innen. Ziel ist es, Handlungen der Lernenden während der Versuchsdurchführung in der Realität direkt rückzukoppeln. Abbildung 1 veranschaulicht dies: Über einen Beamer können durch Kommunikation zwischen Sensordaten und Experimentzuständen bedarfsgerecht Hilfestellungen auf die Experimentierumgebung projiziert werden. Dabei sind beispielsweise Fehlbedienungen, Gefahrensituationen oder auch das Abweichen vom ‚idealen’ Versuchsverlauf (falls vorhanden) automatisch erkennbar. Animierte Hilfen und Hinweise werden unmittelbar am aktuellen Handlungsort eingeblendet, um die Aufmerksamkeit zu steuern. Im digitalen Lernmaterial visualisiert das Zeigen auf einen Begriff oder ein grafisches Symbol das korrespondierende Objekt in der Realität – und umgekehrt. Ergänzende Inhalte (z. B. Erläuterungen, Handlungsanleitungen, Tests) lassen sich in der Bedarfssituation dynamisch bereitstellen und erhalten so eine für den Lernenden unmittelbare Relevanz im realen Experimentierprozess.

Abb. 1: Beispielhafte Darstellung einer AR-Experimentierumgebung mit Aufprojektion

Weiterhin sieht das didaktische Konzept vor, die theoretischen Grundlagen nicht ausschließlich dem Lernmaterial voranzustellen, sondern teilweise erst dann bereitzustellen, wenn sich für die Lernenden ein Theoriebedarf aus der Notwendigkeit für die Problemlösung ergibt. Das kann zum Beispiel bereits in der Planungsphase der Fall sein oder auch später in der Experimentdurchführung selbst. Durch die Vernetzung des virtuellen Lernmaterials mit den Komponenten und Daten des Experimentaufbaus soll das System

neue Formen der tutoriellen Unterstützung realisieren. Die im Experiment erfassten Echtzeit-Messdaten dienen etwa zur Steuerung von aufprojizierten Animationen. Damit lassen sich nicht direkt erfahrbare oder sichtbare Vorgänge veranschaulichen. Beispielsweise sind das elektrische Leitungsvorgänge, Molekülbewegungen (Abb. 2), elektromagnetische Felder oder auch Details der technischen Funktion eines Gerätes, die von außen nicht wahrnehmbar sind. Abbildung 2 zeigt dieses beim Experiment, Wasser zum Kochen zu bringen. Simultan zur realen Temperatur des Wassers wird die Bewegung der Moleküle modellhaft dargestellt.

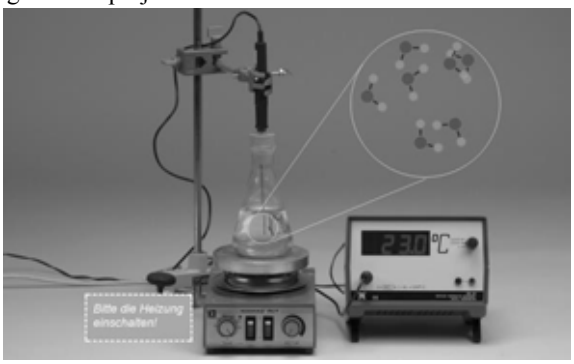


Abb. 2: Wasser erhitzen mit Projektion einer Modelldarstellung der Molekülbewegung

Des Weiteren sollen Experimentieranleitungen in der Realität direkt erfahrbar gemacht werden: Die Bedienung eines Gerätes oder der Aufbau einer Versuchsanordnung (Abb. 3) wird durch die erweiterte Realität begreiflich gemacht. Die Anleitungsschritte sind dabei mit den Benutzerhandlungen rückgekoppelt. Das Verständnis von Anleitungstexten kann so unterstützt werden, da sie sich unmittelbar auf die realen Objekte oder Handlungen beziehen. Heute noch übliche sprachliche Anleitungen in der Form "Bringen sie Schalter (20) in Position (3) und lesen dann Display (12) ab.“ werden überflüssig. Zudem kann durch die AR-Unterstützung gezielt die Aufmerksamkeit der Lernenden gesteuert werden, indem Bedienelemente oder Teile des Experiments hervorgehoben werden.

Abb. 3: Proband beim AR-unterstützten Aufbauen eines Chemieexperiments

Ausblick

Im weiteren Projektverlauf werden die vorgestellten Module in Hinblick auf ihre didaktischen Aspekte evaluiert, optimiert und zu eigenständigen Demonstratoren zusammengeführt. Dafür sind Evaluationen zur Usability und dem Design der augmentierten Experimentierumgebung vorgesehen.

Das Projekt ELIXIER wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Bacca, J. Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., Kinshuk (2014): Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. Educational Technology & Society, 17

Bogedan, C. (2016): Bildung in der digitalen Welt – Strategie der Kultusministerkonferenz. Kultusministerkonferenz, Berlin

Hucke, L. (1999): Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums. Logos Verlag Berlin.

Koelle, M. (2010): Tangible User Interfaces. Ein kurzer Überblick über Forschungsfeld und Literatur. Ludwig-Maximilians-Universität München, LFE Medieninformatik

Kreiten, M. (2012): Chancen und Potenziale web-basierter Aufgaben im physikalischen Praktikum. Universität zu Köln

Mühlenbruch (geb. Gutzler), T., Rehfeldt, D., & Nordmeier, V. (2014): TSL: Interventionsgestaltung im Nebenfachpraktikum. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung

Neumann, K. (2003): Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. Physikertagung. Didaktik der Physik – Augsburg.

Nordmeier, V. (Hrsg.) (2014): Praxis der Naturwissenschaften - Physik, Themenheft: Schulbuch der Zukunft 3/63. Hallbergmoos: Aulis Verlag

Radu, I. (2014): Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. Springer Verlag, London

Rehfeldt, D (2017): Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika. Eingereichte Dissertation in: Logos Verlag, Berlin, S. 65

Rehfeldt, D., Gutzler, T., & Nordmeier, V. (2013): TSL: Technology SUPPORTed Labs – Multimediale Unterstützung naturwissenschaftlicher Hochschulpraktika. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung

Salmi, H., Thuneberg H. & Vainikainen, M. (2017): Making the invisible observable by Augmented Reality in informal science education context. International Journal of Science Education, Part B Vol. 7, Iss. 3

Schmid, U., Goertz, L., Radomski, S., Thom, S. & Behrens, J. (2017): Monitor Digitale Bildung – Die Hochschulen im digitalen Zeitalter. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh

Theyßen, H. (2000): Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Logos Verlag Berlin

Zastrow, M. U. (2001): Interaktive Experimentieranleitungen. Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum. In: Logos Verlag, Berlin

Simon Schäfer[1]
Rüdiger Tiemann[1]
Jenna Koenen[2]

[1] Humboldt-Universität zu Berlin
[2] Universität Hamburg

Experimentieren in der Hochschule
Prüfung der Passung eines Modells

Erkenntnistheoretische Kompetenzen Der Prozess der Erkenntnisgewinnung ist eine zentrale Komponente des naturwissenschaftlichen Arbeitens im Speziellen und der Wissensgenese im Allgemeinen, der ein lebenslanges und selbstständiges Lernen ermöglicht (EuP & EuR, 30.12.2006). Daher sollen diese erkenntnistheoretische Kompetenzen als Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung erworben werden, den das Vorhandensein dieser Kompetenzen ist notwendig für das Zurechtfinden in und die aktive Teilhabe an der uns umgebenen modernen Welt (KMK, 2004).

Nach der Wirkkette des Schulischen Lernens nach (Vogelsang 2014) müssen die bei Schülern*innen auszubildenden Kompetenzen auch bei den Lehrkräften hinreichend ausgeprägt sein. Um sicherzustellen, dass angehende Lehrkräfte die erforderliche Kompetenzausprägung erreichen, müssen auch in ihrer Ausbildungsphase entsprechende Lerngelegenheiten geboten und Instrumente zur Messung der Kompetenzausprägung eingesetzt werden (Biggs und Tang 2009). Der Einsatz solcher Testinstrumente würde es darüber hinaus ermöglichen, den Erfolg gezielter Interventionen zur Verbesserung des Kompetenzerwerbs im Bereich der Erkenntnisgewinnung in der Lehrerausbildung zu messen und zu bewerten.

Jedoch ist die Mehrzahl der die erkenntnistheoretischen Kompetenzen erhebenden Instrumente für den Einsatz im Sekundarschulbereich konzipiert[1]. Daher wurde im Rahmen einer Masterarbeit untersucht, inwieweit ein für Mittelstufenschüler*innen konzipiertes Instrument auch für die Kompetenzmessung bei Studierenden geeignet ist.

Testinstrument Das betrachtete Testinstrument ist von Andreas Nehring (2014) als multiple-choice-Test für Schüler*innen der Sekundarstufe I entwickelt und mit 612 Lernenden erprobt worden. Es basiert auf dem Modell zur Vernetzung der Erkenntnisgewinnung nach Nehring et al. (2013). Im Rahmen der Arbeit wurde auf das Experimentieren als eine der drei im theoretischen Modell beschriebenen Naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen fokussiert.

Die im theoretischen Modell postulierte dreigliedrige Struktur des Wissenschaftlichen Denkens in Fragestellung und Hypothese (E1), Planung und Durchführung (E2) und Auswertung und Reflexion (E3) lässt sich in vielen anderen Modellen wiederfinden (vergleiche Emden und Sumfleth 2012). Für den Bereich Experimentieren wurden zehn Themenkomplexe mit jeweils drei Items konzipiert. Diese Items lassen sich jeweils einer der drei Phase des Wissenschaftlichen Denkens zuordnen.

Vorgehen Im Sommersemester 2016 wurde der Test 142 Studierenden aus Fach- und Lehramtsbachelor vorgelegt. Zur Reduzierung der Testzeit wurden den Studierenden jeweils zehn der dreißig zur Verfügung stehenden Aufgaben entsprechend dem balanced-incomplete- block-multi- matrix- design (Frey et al. 2009) vorgelegt. Der Testzeitpunk

[1] Eine Ausnahme bildet Stiller et al. (2015).

wurde dabei so gewählt, dass die Studierenden im Lehramtsbachelor noch keine expliziten Instruktionen zum Thema Erkenntnisgewinnung erhalten hatten.

Bei der Auswertung wurde zunächst den folgenden Fragen nachgegangen: 1) Inwieweit zeigen die Items und resultierenden Skalen adäquate statistische Kennwerte? 2) Liegt eine Passung zwischen psychometrisch bevorzugtem und theoretischen Modell vor?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden als Kriterien u. a. Kennwerte der Items wie Infit und Trennschärfe und die Reliabilität der Skalen überprüft. Items, die keine Modellpassung aufwiesen, wurden vor der Beurteilung der Skalengüte entfernt. Anhand der annähernd χ^2-verteilten Deviance (Walter und Rost 2011) der Modelle und unter Berücksichtigung von Informationskriterien wie AIC und BIC wurde der zweiten Frage entsprechend die Passung eines ein-, zwei- und dreidimensionalen Rasch-Modells untersucht. Hierzu wurde die Software Conquest (Adams et al. 2015) genutzt.

Des Weiteren wurde der Test auf Messinvarinaz geprüft, denn nur wenn der Test in den unterschiedlichen Subpopulationen dasselbe misst, sind die Ergebnisse der Erhebungen bei Schüler*innen und Studierenden vergleichbar. Hierzu wurde zunächst verglichen, ob mit Blick auf die empirischen Daten der beiden Erhebungen dieselbe psychometrische Struktur zu bevorzugen ist, da die Dimensionalität eines Tests bei vorliegender Messinvarianz erhalten bleiben muss (Levy und Svetina 2011).

Anschließend wurde mit Hilfe des R-Pakets eRm (Mair et al. 2016) ein Likelyhood-Quotienten-Test (LR-Test) durchgeführt, um die Hypothese der Gleichheit der Itemparameter in den beiden Subpopulationen zu überprüfen (Eid und Schmidt 2014). Mittels des nachfolgenden Wald-Testes wurde dann die Hypothese der Itemparameter-kongruenz für jedes Item einzeln getestet und die Ergebnisse graphisch in *Abb. 1* dargestellt. Hierbei wurde zunächst ein Rasch-Modell über alle 30 Items berechnet, da die Differenzmengen der Items mit ungenügenden Kennwerten beider Subpopulationen nicht leer waren.

Die im Wald-Test als problematisch identifizierten Items wurden aus dem Modell entfernt und das beschriebene Vorgehen erneut durchgeführt. Abschließend wurden die verbleibenden Items hinsichtlich ihrer Kennwerte geprüft, wobei diese nun dem in R berechneten Modell entnommen wurden. Zum Vergleich wurde das Verfahren noch einmal in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen, sodass zuerst Items mit ungenügenden Kennwerten entfernt und dann auf gruppenabhängige Messvarianzen geprüft wurde.

Ergebnisse Die Beurteilung der Itemkennwerte nach den bei Bond und Fox (2015) und Tepner und Dollny (2014) angegebenen Schwellenwerten führte im zum Ausschluss von fünf Items[2], wobei nur die Unterschreitung der Trennschärfe von .3 relevant war. Es zeigt sich für die resultierende Skala für Studierenden eine EAP/PV-Reliabilität von .64. Nehring (2014) berichtet für die Skala bei Schüler*innen eine EAP/PV-Reliabilität von .66[3]. Die Items weisen also überwiegend zufriedenstellende Kennwerte auf und die resultierenden Skalen sind vergleichbar reliabel. Das theoretische dreigliedrige Modell konnte aus psychometrischer Perspektive in keiner der beiden Subpopulationen betätigt werden. In beiden Fällen ist die eindimensionale Struktur zu bevorzugen. Daher wurde im Weiteren mit den eindimensionalen Modellen gerechnet.

[2] Es handelt sich um die Items E1_1, E1_4, E1_5, E1_8 und E3_1
[3] Die Skalierung erfolgte unter Ausschluss der Items E2_1, E2_7, E2_8 und E3_4.

Die erste zu prüfende Voraussetzung für Messinvarianz, identische Dimensionalität, ist also erfüllt. Der LR-Test zeigt aber, dass für ein Rasch-Modell unter Verwendung aller Items keine Messinvarianz vorliegt (χ^2 (29) = 192.23, $p < .001$). Auch für Rasch-Modelle, die nur Items mit ausreichend guten Kennwerten einbeziehen, bescheinigt der LR-Test keine Messinvarianz. Der Wald-Test identifizierte 13 raschinhomogene Items (vgl. *Abb. 1*). Sowohl LR-Test als auch Wald-Test für ein um diese Items bereinigtes Rasch-Modell zeigen, dass dieser Schritt konsistent zu einem messinvarianten Aufgabenset führt.

Über die beiden Subgruppen verteilt wurden neun Items mit ungenügenden Itemkennwerten identifiziert. Fünf der neun Items wurden auch im Wald-Test für raschinhomogen befunden. In von den 13 raschinhomogenen bereinigten Rasch-Modell zeigten sich für das Item E1_1 eine signifikante Verbesserung der Itemkennwerte, sodass für ein finales Modell noch 14 Items zur Verfügung stehen. Beim Durchlaufen des umgekehrten Prozesses führte das Ausschließen der Items mit ungenügenden Kennwerten hingegen zu keiner signifikanten Änderung der Ergebnisse des LR- oder Wald-Tests. Es verblieben auf diese Weise also nur 13 Items für die Skalierung der Daten.

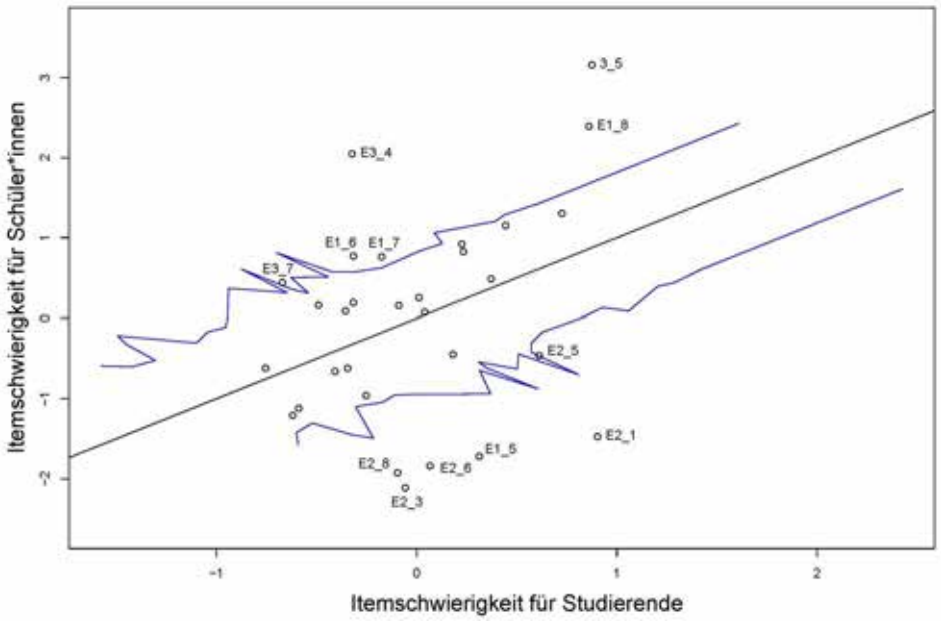


Abb. 1: Graphischer Modelltest. Beschriftete Items liegen außerhalb des Konfidenzbereichs und sind als nicht messinvariant einzustufen (α = .05).

Diskussion und Ausblick Es wurde gezeigt, dass es einen Unterschied macht, in welcher Reihenfolge man die Items anhand ihrer Kennwerte oder des Ergebnisses des Wald-Tests entfernt. Eine Regel, die Aussagen trifft, welche Reihenfolge besser ist, lässt sich an diesem Einzelfall jedoch nicht ableiten. In weiteren Arbeitsschritten könnten die in beiden Studien erhobenen affektiven und kognitiven Kovariablen genutzt werden, um in einer konfirmatorischen Mehrgruppen-Faktorenanalyse die Zusammenhänge zum gemessenen Konstrukt zu untersuchen (Steinmetz et al. 2009). Abschließend sei die Frage aufgeworfen, inwieweit der Bedingung gleicher Dimensionalität für Messinvarianz im Falle von eindimensionalen Skalen Gewicht beigemessen werden kann, denn es gibt eine Vielzahl eindimensionaler Konstrukte. Sie ist sicherlich eine notwendige, aber nicht annähernd hinreichende Bedingung.

Literatur

Adams, R. J.; Wu, M. L.; Wilson, M. R. (2015): ACER ConQuest. Generalised Item Response Modelling Software. Version 4. Camberwell, Victoria: Australian Council for Educational Research.

Biggs, John Burville; Tang, Catherine (2009): Teaching for quality learning at university. What the student does. 3. ed., reprinted. Maidenhead: McGraw-Hill (McGraw-Hill education).

Bond, Trevor G.; Fox, Christine M. (2015): Applying the Rasch model. Fundamental measurement in the human sciences. Third edition. New York: Routledge Taylor & Francis Group. Online verfügbar unter http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=1002030.

Eid, Michael; Schmidt, Katharina (2014): Testtheorie und Testkonstruktion. Göttingen: Hogrefe (Bachelorstudium Psychologie).

Emden, Markus; Sumfleth, Elke (2012): Prozessorientierte Leistungsbewertung - Zur Eignung einer Protokollmethode für die Bewertung von Experimentierprozessen. In: *MNU* 65 (2), S. 68–75.

Europäisches Parlament; Europäischer Rat (30.12.2006): Empfehlung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zu Schlüsselkompetenzen für lebensbegleitendes Lernen. 2006/962/EG. Online verfügbar unter https://www.bmb.gv.at/schulen/ejid/eu_amtsblatt_schlkomp_15538.pdf?5h6xww, zuletzt geprüft am 13.10.2016.

Frey, Andreas; Hartig, Johannes; Rupp, André A. (2009): An NCME Instructional Module on Booklet Designs in Large-Scale Assessments of Student Achievement. Theory and Practice. In: *Educational Measurement: Issues and Practice* 28 (3), S. 39–53. DOI: 10.1111/j.1745-3992.2009.00154.x.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2004): Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. Hg. v. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. München, Neuwied. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf, zuletzt aktualisiert am 24.06.2008, zuletzt geprüft am 10.09.2016.

Levy, Roy; Svetina, Dubravka (2011): A generalized dimensionality discrepancy measure for dimensionality assessment in multidimensional item response theory. In: *The British journal of mathematical and statistical psychology* 64 (Pt 2), S. 208–232. DOI: 10.1348/000711010X500483.

Mair, P.; Hatzinger, R.; Maier, M. J. (2016): eRm. Extended Rasch Modelin. Version 0.15-7. Online verfügbar unter http://erm.r-forge.r-project.org/.

Nehring, Andreas (2014): Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung. Berlin: Logos Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 177).

Nehring, Andreas; Nowak, Kathrin Helena; Tiemann, Rüdiger; Upmeier zu Belzen, Annette (2013): Assessing students' abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. In: *Journal of Biological Education* 47 (3), S. 182–188. DOI: 10.1080/00219266.2013.822747.

Steinmetz, Holger; Schmidt, Peter; Tina-Booh, Andrea; Wieczorek, Siegrid; Schwartz, Shalom H. (2009): Testing measurement invariance using multigroup CFA. Differences between educational groups in human values measurement. In: *Qual Quant* 43 (4), S. 599–616. DOI: 10.1007/s11135-007-9143-x.

Tepner, Oliver; Dollny, Sabrina (2014): Entwicklung eines Testverfahrens zur Analyse fachdidaktischen Wissens. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer Spektrum, S. 311–323.

Vogelsang, Christoph (2014): Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2014. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 174).

Walter, Oliver; Rost, Jürgen (2011): Psychometrische Grundlagen von Large Scale Assessments. In: Lutz Hornke (Hg.): Methoden der psychologischen Diagnostik. Göttingen [u.a.]: Verl. für Psychologie, Hogrefe (Psychologische Diagnostik, Bd. 2), S. 87–149.

Eva Kriehuber
Florian Boch
Claudia Nerdel

Technische Universität München

Experimentieren als zentraler Aspekt in der Chemielehrerbildung

Chemie als experimentelle Naturwissenschaft

Das Experiment gehört zu den grundlegenden Arbeitsweisen der Naturwissenschaften und dient dem Erkenntnisgewinn. Theoretische Überlegungen, Annahmen und Voraussagen sollen mit Hilfe von aussagekräftig geplanten Experimenten überprüft oder Zusammenhänge hergestellt werden.

Da das Experiment eine zentrale Rolle in der Fachwissenschaft Chemie einnimmt, gilt es deshalb auch in internationalen und nationalen Standards, welche Kompetenzen Schüler und Schülerinnen mit Blick auf die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen erwerben sollten, als fester Bestandteil und sollte in einem qualitativ anspruchsvollen Chemieunterricht implementiert werden (NRC, 2013; KMK, 2005b). Neben dem Beobachten und Modellieren spielt das Experimentieren hier eine wichtige Rolle in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

Um den Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler zu ermöglichen, sollten angehende Lehrkräfte selbst mit dem Experimentieren vertraut gemacht werden. Laborpraktika sind daher unverzichtbare Bestandteile eines naturwissenschaftlichen Studiums (Reid & Shah, 2007). Dazu gehören nicht nur die handwerklichen Fähigkeiten im Sinne eines „kochbuchartigen Nachkochens“ von Versuchsvorschriften (Hofstein & Lunetta, 2003), sondern auch das Verständnis des Experimentes als einen Teil eines Problemlöseprozesses zum Erkenntnisgewinn (vgl. auch SDDS-Modell, Klahr und Dunbar 1988), sowie seine didaktische Gestaltung und unterrichtliche Einbindung für die Schule. Hierzu gehört insbesondere die Berücksichtigung der Variablenkontrolle in der Planung und Durchführung, die sowohl Schülerinnen und Schülern als auch Studierenden häufig Schwierigkeiten bereitet (De Jong und Joolingen, 1998).

In einem interdisziplinären Ansatz werden daher im Teach@TUM Projekt fachwissenschaftliche und fachdidaktische Aspekte verknüpft. Den Lehramtsstudierenden werden neben den fachwissenschaftlichen Aspekten die Einsatzmöglichkeiten in der Schule und ein selbstreflektierter Umgang mit der Arbeitsweise Experimentieren nähergebracht.

Ausgangslage

Um die experimentellen Kompetenzen angehender Lehrkräfte von Beginn an zu stärken wurde das Anorganisch-chemische Grundpraktikum, welches die Studierenden als erstes Praktikum in der Fachwissenschaft besuchen, ausgewählt und die bisherige Ausgestaltung evaluiert.

In seiner bisherigen Form fanden sich in den jeweiligen Fachprüfungsordnungen Unterschiede bezüglich Inhalte und Dauer des Praktikums, je nach gewählter Fächerkombination des Studiums der Naturwissenschaftlichen Bildung an der Technischen Universität München. Für Studierende der Fächerkombination Biologie und Chemie war hierbei ein Praktikum im ersten Semester mit vier Semesterwochenstunden vorgesehen, in welchem neun quantitative und vier qualitative chemische Analysen vorgesehen waren. Bei Studierenden der Naturwissenschaftlichen Bildung mit den Fächern Mathematik und Chemie hingegen war ein Praktikum im dritten Semester mit sechs Semesterwochenstunden und damit elf quantitativen,

vier qualitativen chemischen Analysen und eine eigenständigen Präparat Synthese gefordert. Nichtsdestotrotz wurden und werden am Ende des Studiums in der Chemie die gleichen Kompetenzerwartungen an alle Studierenden unabhängig von ihrer ursprünglichen Fächerkombination gestellt.

Die subjektiven Einschätzungen der Studierenden (N=15) des bisherigen Praktikumsformates wurden hinsichtlich der Organisation, Themenrelevanz und ihres eigenen Kompetenzzuwachses analysiert. Das Feedback wurde mit Hilfe eines Rating-basierten Fragebogens und offenen Antwortformaten erhoben.

Skala	**Gruppe**	**N**	**M**	**SD**	**Signifikanz**
Kompetenzzuwachs[1]	B/C	6	1,50	0,36	n.s.
(9 Items, α=.71)	M/C	9	1,40	0,20	
Organisation[2]	B/C	6	2,67	0,44	$p < .01$
(7 Items, α=.76)	M/C	9	1,89	0,41	

Tabelle 1: Vergleich der Fächerkombinationen Biologie/Chemie (B/C) und Mathematik/Chemie (M/C), [1]3-stufige Rating-Skala von (1) eigenständig bis (3) nur mit Hilfe, [2]4-stufige Rating-Skala von (1) stimme vollkommen zu bis (4) stimme nicht zu

Dabei zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen aus der Fächerkombination Biologie/Chemie ($N_{B/C} = 6$) oder Mathematik/Chemie ($N_{M/C} = 9$) in Bezug auf die eingeschätzte Relevanz des Studiums für ihr weiteres Studium und Berufsleben oder den selbstberichteten Kompetenzzuwachs durch das Praktikum. So konnte aus Sicht der Studierenden das Ziel des sicheren Umgangs mit Chemikalien und Laborgeräten erreicht werden (Tabelle 1). Bei der Einschätzung hinsichtlich der Relevanz des Praktikums für ihren zukünftigen Beruf als gymnasialer Chemielehrer zeigte sich vor allem bei der bei der Beantwortung der offenen Frage nach Änderungswünschen für das Praktikum noch Verbesserungspotential. Hier äußerten mehr als die Hälfte der Studierenden den Wunsch nach einem stärkeren Lehramtsbezug für das Praktikum. Weitere Wünsche, welche von mindestens acht Personen (entspricht mehr als der Hälfte der Teilnehmer) genannt wurden, waren mehr Zeit für die praktische Chemie-Ausbildung während des Studiums und eine weniger strenge Benotung der praktischen Arbeit. Einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen zeigte sich nur in der Bewertung der Organisation des Praktikums, was vielleicht an der unterschiedlichen Erfahrung der beiden Gruppen mit Universitätspraktika liegen kann. Für die Gruppe der Biologie/Chemie Studierenden war es das erste Laborpraktikum überhaupt und daher waren vielleicht die Erwartungen an das Praktikum noch höher.

Umstrukturierung

Mit dem oben näher beschriebenen Hintergrund wurde begonnen, das Anorganisch-chemische Grundpraktikum umzugestalten und hinsichtlich einer Kompetenzorientierung zu optimieren.

Im Zuge der Neustrukturierung beider Studiengänge der Naturwissenschaftlichen Bildung mit der Kombinationsmöglichkeit Chemie konnte eine Vereinheitlichung des Praktikums erreicht werden, so dass ab dem Wintersemester 2017/2018 für beide Kombinationsmöglichkeiten Biologie/Chemie und Mathematik/Chemie ein gemeinsames, einheitliches Anorganisch-chemisches Grundpraktikum mit fünf Semesterwochenstunden angeboten wird. Im Verlauf des Curriculums ist es weiterhin das erste chemische Praktikum für die Lehramtsstudierenden und darauf aufbauend werden schulrelevante Experimente und deren fachdidaktischer Einsatz im Fachdidaktischen Praktikum vertieft, bevor die Studierenden im Seminar „Übungen im Vortragen mit Demonstrationen“ Demonstrationsexperimente im Kommilitonen-Kreis

erproben und ihre erarbeiteten experimentellen und didaktischen Kompetenzen schließlich im Schulpraktikum in die Praxis umsetzen können.

Neben der strukturellen Neuorganisation wurden auch bereits erste inhaltliche Veränderungen vorgenommen. Dabei wurde bei der Auswahl der Praktikumsexperimente, wie zum Beispiel der Wasserhärtebestimmung, auf einen möglichst starken Praxisbezug geachtet. Dieser Praxisbezug und die mögliche Anwendung und Umsetzung der Experimente für die Schule sollen in einem Begleitseminar thematisiert werden. Eine weitere Steigerung der Relevanz des Praktikums für das bayerische Staatsexamen soll durch die Bearbeitung von thematisch zugehörigen, alten Staatsexamensaufgaben schon zu diesem frühen Zeitpunkt im Studium gestärkt werden.

Dem Wunsch der Studierenden entsprechend und um zunächst ein interessen- und verständnisvolles Auseinandersetzen mit der Arbeit im Labor zu ermöglichen wird die Lern- und Leistungssituation zu Beginn getrennt. In den neu eingeführten sechs Grundlagenversuchen wird deshalb nicht das Ergebnis und die Abweichung vom Zielwert als Kriterium für die Punktevergabe herangezogen, sondern den Teilnehmern werden bei vollständiger Durchführung und Protokollführung der jeweiligen Versuche automatisch fünf volle Punkte (entspricht später der erreichbaren Maximalpunktzahl) gutgeschrieben.

Inhaltlicher Schwerpunkt aus der Perspektive des Fachwissens sollen bei den experimentellen Kompetenzen weiterhin die handwerklichen Fähigkeiten, der genaue und sichere Umgang mit Chemikalien, das Wissen über die jeweiligen notwendigen Sicherheitsvorkehrungen und Entsorgungsvorschriften sein. Darüber hinaus sollen die Experimente jedoch auch theoretisch reflektiert werden und dabei zum Beispiel das praktische Vorgehen bei einer qualitativen Substanzanalyse erarbeitet und begründet werden. Gleichzeitig wird Wert auf eine korrekte und vollständige Protokollführung des Experimentierens gelegt.

Unterstützung beim Geräteaufbau und in den Grundtechniken bekommen die Studierenden hierbei nicht nur durch das zwar neugestaltete und angepasste, aber bereits früher angebotene Skript, sondern auch durch die Bereitstellung von kurzen videobasierten Aufbauanleitungen. Diese werden auf der zum Praktikum zugehörigen und den Studierenden bereits vertrauten moodle-Plattform bereitgestellt und sollen durch die Möglichkeit im Video den Aufbau mit den auch real zu verwendenden Komponenten nahezu live mitverfolgen zu können zu einer verbesserten Anschaulichkeit im Vergleich zu konventionellen Aufbauskizzen im Skript beitragen.

Ausblick

Aktuell fand die erstmalige Umsetzung des neugestalteten Anorganisch-chemischen Grundpraktikums an der Technischen Universität München statt und die erhobenen Daten zur Evaluation des Praktikums aus Studierendensicht und der Expertenmeinung hinsichtlich der intendierten Kompetenzsteigerung werden analysiert und ausgewertet. Aufgrund dieser erhobenen Daten soll das Praktikum kontinuierlich angepasst und weiter verbessert werden. Bewährt sich das neu gestaltete Format und trägt es zu einer stärkeren Kompetenzorientierung bei, so soll dieses, wenn möglich, auch auf weitere Studiengänge mit Anorganisch-chemischen Grundpraktika wie die Berufliche Bildung mit den Studiengangs-spezifischen Anpassungen übertragen werden.

Literatur

De Jong T, Joolingen W (1998) Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. Rev Educ Res 68(2):179–201

Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2003). The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. Science Education, 88 (1), 28-54

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

KMK (2005b) Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand (Wolters Kluwer Deutschland GmbH), München, Neuwied. https://www.kmk.org/themen/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards.html#c2604 Zugegriffen: 08.10.2017

National Research Council (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington DC: The National Academies Press

Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 8(2), 172

Guido Haag Universität Koblenz-Landau
Dr. Jochen Scheid Universität Koblenz-Landau
Dr. Patrick Löffler Universität Koblenz-Landau
Prof. Dr. Alexander Kauertz Universität Koblenz-Landau

Desiderate bei der manuellen Ausführung von Experimenten

Abstract: Experimente sind wichtig, um Lernenden Grundprinzipien der Scientific Inquiry und NOS zu vermitteln. Viele Studien zeigen jedoch, dass der Lerneffekt hinter den Erwartungen zurückbleibt. In den meisten Modellen für experimentelle Kompetenzen wird die manuelle Ausführung als wesentlicher Faktor berücksichtigt. Welchen Einfluss die konkrete manuelle Ausführung hat, ist allerdings noch wenig untersucht, da das Konstrukt sich als schwer zugänglich erweist. Ziel ist es daher, die Qualität der manuellen Umsetzung zu beurteilen. In einer Vorstudie werden Studierende beim Experimentieren videografiert. Handlungen der Studierenden werden kategorisiert. Es wird ein Kodiermanual für vier Fehlerkategorien erstellt. Zur Untersuchung in unterschiedlichen Themengebieten und Komplexitätsniveaus entwickeln wir parallel ein Klassifizierungssystem für Experimente. Es zeigt sich eine stark unterschiedliche Besetzung der Fehlerkategorien, was eine weitere Ausdifferenzierung der häufig besetzten Kategorien und eine Überprüfung der schwach besetzten Kategorien nötig macht.
Stichworte: experimentelle Kompetenz, manuelle Umsetzung;

Theoretischer Hintergrund: An die Rolle des Experiments im Unterricht sind viele Hoffnungen und Erwartungen geknüpft. Schon bei den Meraner Beschlüssen 1905 forderten Naturwissenschaftler den planmäßigen Einsatz von praktischen Schülerübungen im Unterricht. In langer Tradition mit Forderungen vieler weiterer Fachdidaktiker (z.B. Wagenschein: „Rettet die Phänomene!“, Kerschensteiner: Anschauung, forschender Unterricht, Selbsttätigkeit) spricht sich auch Harlen 2009 dafür aus, dass experimentelles Handeln ein wesentliches Merkmal des Physikunterrichts sein soll. Auch in den Bildungsstandards findet sich das Experimentieren als zentrales Element des Erkenntnisgewinnungsprozesses wieder (KMK, 2005b). Darüber hinaus spielen Experimente eine wichtige Rolle als Vermittler von Nature of Science und Scientific Inquiry (Tesch, Duit, 2002). Als Verständnis- und Lernhilfe sollen sie den Zugang zur Physik vereinfachen (Kircher, 2015). Weiterhin erwartet man von Schülerexperimenten die Begünstigung des Lernerfolgs durch Motivation und kognitive Aktivierung (Kircher, Girwidz, Häußler, 2007), sowie durch die Förderung von kausalem und funktionalem Denken (Bruch, 2015). Diese hohen Erwartungen führen dazu, dass experimentelles Handeln eines der meistbeachteten und am besten untersuchten Themenbereiche der Physikdidaktik ist (Börlin, 2012).
Leider zeigt die Studienlage ebenfalls seit vielen Jahren, dass die erwarteten Auswirkungen auf Interesse und Motivation (Harlen, 1999), Fachwissen (Hofstein & Lunetta, 2004), experimentelle Fähig- und Fertigkeiten oder die Einstellung (Hopf, 2007) ausbleibt. Hodson resümierte schon 1993 plakativ, Lernende seien beim Experimentieren „very busy, going nowhere“ (S. 101). Als Gründe für diesen Widerspruch zwischen Erwartungen und empirischen Befunden werden z.B. ungenügende experimentelle Fähigkeiten (Hodson, 1993), fehlende Routine (Kircher, Girwidz, Häußler, 2015), oder die Überforderung durch die Vielzahl der geforderten Kompetenzen (Hopf, 2007) genannt. Auch die Komplexität offener Experimente kann zu einer Überforderung führen (Börlin, 2012). Jedoch ist beispielsweise eine als Hilfe kleinschrittig anleitende Aufgabenstellung ebenfalls keine

Lösung: Diese begünstigt ein kognitiv passives Verhalten, mit dem Schülerinnen und Schüler ihren Auftrag eng angeleitet abarbeiten (Börlin, 2012). Um das Dilemma von hohen Erwartungen und geringem Lernerfolg aufzulösen, müssen die durch Experimente geforderten Kompetenzen näher untersucht werden.
Schreiber, Theyßen und Schecker (2009) untersuchen die Frage, welche Kompetenzen notwendig sind, um erfolgreich zu experimentieren. Maiseyenka, Schecker & Nawrath (2013) nennen hierzu sieben Dimensionen:

- Fragestellung entwickeln
- Vermutung / Hypothese aufstellen
- Experiment planen
- Versuch funktionsfähig aufbauen
- Beobachten / Messen / Dokumentieren
- Daten Aufbereiten
- Schlüsse ziehen / diskutieren

Bisher wurden überwiegend diejenigen Aspekte experimenteller Kompetenz untersucht, die sich gut mit Paper- und Pencil-Tests erfassen lassen. Die tatsächliche manuelle Ausführung (Parchmann & Schecker, 2006) ist bisher noch wenig untersucht (z. B. im Rahmen des Projekts HarmoS Naturwissenschaften), da bezweifelt wird, ob solche Tests valide genug sind, um ebendiese manuellen Kompetenzen zu erfassen (Parchmann, Schecker, 2006; Schecker, Theyßen, Schreiber, 2009). Sie sind in den Kompetenzbereichen „*Versuch funktionsfähig aufbauen*“, sowie *„Beobachten/Messen/Dokumentieren“* verortet. Bei einem Experiment werden von einem Experimentator in einem realen System bewusst gesetzte und ausgewählte natürliche Bedingungen verändert, kontrolliert und wiederholt beobachtet (Kircher, Girwidz & Häußler, 2015). Wir interessieren uns für die *Handlungen* am Experiment. Darunter verstehen wir in Anlehnung an Harlen (2010): Schritte mit dem Ziel der Beschreibung der für die Fragestellung relevanten Größen. Dabei können *Fehler* auftreten. Darunter verstehen wir ebenfalls in Anlehnung an Harlen (2010): *Handlungen*, die ungeplant zu einer Veränderung des Ergebnis führen. Die Planung der Handlungen in Verbindung mit den situationalen Bedingungen (z.B. Experimentiermaterial oder motivationale Aspekte) ist dabei Ausdruck der experimentellen Kompetenzen.

Forschungsfragen:

- Welche Kategorien lassen sich für die beobachteten *Fehler* bilden?

Methode: Wir fokussieren im Rahmen eines studentischen Praktikums die manuelle Ausführung während des Experimentierens. Dabei durchlaufen vier Gruppen mit insgesamt 10 Studierenden aus dem zweiten und dritten Semester zwei Versuche aus der Thermodynamik. Ein Versuch dient der Bestimmung der Wärmekapazität eines Kalorimeters, mit dem zweiten, anschließenden, Versuch wird eine Metallprobe anhand ihrer Wärmekapazität bestimmt. Die Studierenden werden von Mitarbeitern des Instituts fachlich betreut und dürfen sich auch zwischen den einzelnen Gruppen informell austauschen. Durch die Betreuung wurde Fachwissen als Varianzquelle möglichst ausgeschlossen. Jedoch haben die Betreuer nicht direkt in die Durchführung des Experiments eingegriffen. Die Studierenden werden videografiert und Ausschnitte ermittelt, in denen Fehler auftreten. Durch eine induktive Inhaltsanalyse nach Mayring wurden Fehlerkategorien und ein entsprechendes Kodiermanual erstellt. Mit einem Vergleich mehrerer Rater der angegebenen Ausschnitte wurde die Reliabilität des Manuals überprüft. Parallel dazu erstellen wir ein Klassifizierungssystem, mit dem auch Versuche untereinander vergleichbar gemacht werden sollen. Dadurch soll die Performanz der Experimentierenden über Versuche verschiedener

Themengebiete und Komplexität operationalisierbar werden. Wir unterscheiden Experimente nach

a) der Fragestellung quantitativ oder qualitativ? (Kircher, Girwidz & Häußler, 2015)
b) der Anzahl der unabhängigen Variablen
c) der Anzahl der nötigen Messungen
d) die Anzahl der *wirksamen Schritte*.

Die Klassen b bis d repräsentieren die Komplexität (Kauertz et al., 2010) der Experimente, indem sie die Anzahl der Elemente, ihrer Verknüpfungen und ihrer Zusammenhänge darstellen.

Als *wirksamen Schritt* haben wir eine erforderliche Maßnahme am Experiment definiert, die das Ergebnis beeinflussen kann. Als Beispiel für diese Kategorisierung sei hier das Experiment zur Bestimmung der Wärmekapazität eines Kalorimeters gezeigt: a) quantitativ b) zwei unabhängige Variablen (Masse und Temperatur) c) fünf notwendige Messungen (2 x Masse, 3 x Temperatur) d) sechs „wirksame Schritte“ (1. Bestimmung der Masse des kalten Wassers, 2. Bestimmung der Temperatur des kalten Wassers, 3. Bestimmung der Temperatur des heißen Wassers, 4. Überführung des heißen Wassers, 5. Bestimmung der Masse des heißen Wassers, 6. Bestimmung der Mischungstemperatur).

Ergebnisse: Es werden bei fünf Experimentiereinheiten zweier verschiedener Experimente insgesamt 29 Fehler identifiziert. Am weitaus häufigsten ($n_{VK} = 26$) treten Fehler auf, bei denen eine oder mehrere Kontrollvariablen wie beispielsweise die Masse des Wassers oder die Temperatur unbeabsichtigt unkontrolliert verändert werden. Fehler solcher Art bezeichnen sind *Variablenkontrollfehler*. Weiter beobachten wir *Fehler bei der Nutzung der Messgeräte* ($n_{MG} = 1$), wie zum Beispiel der Blickwinkel beim Ablesen des Thermometers. Teilweise werden auch unangebrachte Wassermengen oder Temperaturwerte eingesetzt, so dass der *relative Fehler* der Messung unverhältnismäßig hoch ist ($n_R = 1$). In die vierte Fehlerkategorie fallen *sonstige Fehler* ($n_S = 1$), wie zum Beispiel das Vergessen einer Messung. Für diese Fehlerkategorien wird ein Kodiermanual erstellt und die Beurteilerübereinstimmung bewertet. Cohens Kappa für die Interraterreliabilität beträgt 1.000, $p < 0{,}1$.

Diskussion und Limitationen: Die Rahmenbedingungen der Vorstudie sind nicht repräsentativ für schulische Experimentiersituationen: Es handelte sich dabei um Zweier- und Dreiergruppen von Studierenden im 2. und 3. Semester, die ein reguläres Praktikum durchliefen. Es gab dabei Informationsaustausch innerhalb sowie zwischen den Gruppen. Zudem standen bei Fragen fachlicher Art Betreuer zur Verfügung, die jedoch keinen Einfluss auf die manuelle Umsetzung nahmen. Es fällt auf, dass Variablenkontrollfehler mit Abstand die am häufigsten auftretende Fehlerkategorie ist. Es stellt sich daher die Frage, ob die Kategorien nicht vielleicht trivial sind und es sich bei den anderen Fehlerarten um Artefakte handelt. Um dieser Frage nachzugehen führen wir eine Folgestudie mit Lernenden der Sekundarstufe 1 durch. Dabei erwarten wir auf Grund der geringeren Routine der Lernenden eine häufigere Besetzung der hier nur selten beobachteten Fehlerkategorien.

Ausblick: Um etwaig vorhandene Zusammenhänge zwischen Fehlern bei der manuellen Umsetzung von Experimenten und Personenmerkmalen, wie z. B. Intelligenz, Motivation, Selbstwirksamkeitserwartung und Vorwissen zu beleuchten, müssen sie in der geplanten Pilotstudie miterhoben werden. Im Hinblick auf die oben erwähnte Routine ist geplant, auch Interesse für handwerkliches Arbeiten und Freizeitaktivitäten als Kontrollvariable mit zu erheben. Weiterhin werden wir die häufig auftretenden *Variablenkontrollfehler* dahingehend untersuchen, ob sich weitere Unterkategorien bilden lassen.

Literatur

Börlin, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*, Berlin.

Bruch, M. (2015). *Lerntheorien im Kontext des Problemlösens: Eine praktische und umfangreiche Studie zu einem schülerorientierten Unterrichtsansatz.* Hamburg, Diplomica Verlag GmbH 2015.

Harlen, W. (1999). *Effective teaching of science: A review of research. SCRE publication Using research series: Vol. 21*. Glasgow: Scottish Council for Research in Education.

Harlen, W. (2010). Purposes and Procedures for Assessing Science Process Skills. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, *6*(1), 129–144. https://doi.org/10.1080/09695949993044

Hodson, D. (1993). Re-thinking Old Ways: Towards A More Critical Approach To Practical Work In School Science. *Studies in Science Education*, *22*(1), 85–142. https://doi.org/10.1080/03057269308560022

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). *The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. Science Education*, *88*(1), 28–54. https://doi.org/10.1002/sce.10106

Hopf, M. (2007). *Problemorientierte Schülerexperimente*. Zugl.: München, Univ., Diss., 2007. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 68*. Berlin: Logos-Verl. Retrieved from http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3018834&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm

Kauertz, A. (2007). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*, Essen.

Kauertz, A., Fischer, H., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 135–153.

Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2015). *Physikdidaktik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

KMK (Hrsg.) (2005c). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss. Beschlüsse vom 16.12.2004.* München: Luchterhand.

Konsortium HarmoS Naturwissenschaften+ (2010). *Naturwissenschaften. Wissenschaftlicher Kurzbericht und Kompetenzmodell. Provisorische Fassung (vor Verabschiedung der Standards). Stand: Juli 2009, mit Ergänzungen und Korrekturen Januar 2010.* Bern.

Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung.* Weinheim und Basel. Beltz-Verlag.

Maiseyenka, V., Nawrath, D. & Schecker, H. (2011). *Modellbasierte Förderung und Diagnose von Experimentierkompetenz.* In: D. Höttecke (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Münster: Lit Verlag.

Maiseyenka, V., Schecker, H. & Nawrath, D. (2013). *Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts: Symbiotische Kooperationbei der Entwicklung eines Modells experimenteller Kompetenz.* Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1, S. 1 – 17.

Parchmann, I., & Schecker, H. (2006). *Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *12*.

Schecker, H., Neumann, K., Theyßen, H., Eickhorst, B., & Dickmann, M. (2016). *Stufen experimenteller Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *22*(1), 197–213. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0050-3

Schecker, H., Theyßen, H., & Schreiber, N. (2009). *Experimentelle Kompetenz messen?! Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, *3*(8), 92–101.

Tesch, M., Duit, R.(2002). *Zur Rolle des Experiments im Physikanfangsunterricht.* In: V. Nordmaier (Hg.): Didaktik der Physik: Beiträge zur Frühjahrestagung der DPG – Leipzig 2002

Laura Behrends
Laura Muth
Roger Erb

Goethe-Universität Frankfurt

Validierung eines Testinstruments zur Auswertekompetenz

Einleitung und Motivation

Um die Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern zu erfassen, werden reale Experimentiersituationen, Computersimulationen oder Paper-Pencil-Tests eingesetzt. Paper-Pencil-Tests sind zwar am wenigsten aufwändig, werden aber auch am problematischsten eingeschätzt, wenn es darum geht, Handlungskompetenzen zu erfassen (Schreiber, 2012). In einer Studie von Muth (2016), in der die Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht im Fokus steht, sollen aus testökonomischen Gründen die Auswertekompetenzen der Schülerinnen und Schüler mittels eines Multiple-Choice-Tests erhoben werden. Die Auswertung von Experimenten erfolgt meist schriftlich. Daher stellt sich die Frage, ob ein Paper-Pencil-Test in der Lage ist, die relevanten Auswertekompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu erfassen.

Ziel dieser Arbeit war es, die Validität des von Muth (2016) eingesetzten Fragebogens zur Auswertekompetenz zu ermitteln. Durch die Kriteriumsvalidität wird eine Aussage über die Übereinstimmung zwischen Testinstrument und Außenkriterium getroffen. Als Außenkriterium wurden Schülerprotokolle herangezogen. Diese wurden mittels quantitativer Inhaltsanalysen hinsichtlich verschiedener Kategorien bewertet (ob bspw. eine Skizze angefertigt wurde) und anschließend mit den Daten aus den Fragebögen verglichen. Anhand der Übereinstimmung dieser Daten wurde ein Korrelationskoeffizient berechnet, der eine Aussage über die Kriteriumsvalidität der einzelnen Kategorien und des gesamten Fragebogens trifft. Aus den Fragebogenergebnissen kann außerdem geschlossen werden, für wie relevant die Schülerinnen und Schüler die Umsetzung der einzelnen Kategorien in der Auswertung einschätzen. Dies ermöglicht einen Vergleich zwischen Relevanz aus Sicht der Schülerinnen und Schüler und Validität. Es liegt dabei nahe, dass besonders Kategorien, die eine hohe Relevanz besitzen, sich in den Protokollen wiederfinden.

Theoretischer Hintergrund

Die Studie von Muth (2016) untersucht, inwiefern die Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht Einfluss auf den Zuwachs von Fachwissen und Auswertekompetenz hat. Diese wurde unter anderem über Fertigkeiten von vier Auswertemethoden „Skizze“, „Wertetabelle“, „Graph“ und „Schriftliches Auswerten“ operationalisiert. Genauere Ausführungen finden sich bei Muth und Erb (2017, in Vorbereitung). Die Auswertekompetenz wurde dabei mit einem schriftlichen Fragebogen erfasst, der unter anderem auf Basis des MeK-LSA Projekts (Dickmann et al., 2013) eigens entwickelt wurde. Einige weitere Items verlangten von den Schülerinnen und Schülern eine Einschätzung, ob bestimmte Kategorien (bspw. das Anfertigen einer Skizze) wichtig für eine Auswertung sind. Hieraus wurde die Relevanz der Kategorie berechnet.

In der vorliegenden Arbeit galt es zu überprüfen, ob dieser Fragebogen die tatsächlichen Auswertekompetenzen der Schülerinnen und Schüler valide erfasst. Als eines der drei Hauptgütekriterien psychologischer Tests steht somit die Validität im Mittelpunkt der vorliegenden Studie. Diese gibt an, ob ein Test das Konstrukt, das gemessen werden soll (Zielkonstrukt), auch tatsächlich erfasst. Unterschieden wird dabei in Inhalts-, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität. Für diese Studie wurde die Kriteriumsvalidität untersucht, da durch die Erhebung eines Außenkriteriums auf das Auswerteverhalten der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Testsituation geschlossen werden kann (Moosbrugger & Kelava,

2012). Ein Vergleich von Testinstrument und Außenkriterium ermöglicht es einen Korrelationskoeffizienten zu ermitteln und so eine Aussage über die Validität zu treffen. Dabei kann nach Fisseni (1990) ab einem Wert von 0,4 von einer mittleren und ab 0,6 von einer hohen Validität gesprochen werden. Zusätzlich zur Validität wurde mit Hilfe einiger Items die Relevanz der Kategorien erhoben. Diese gibt an, für wie wichtig Schülerinnen und Schüler bestimmte Aspekte bei der Auswertung einschätzen.

Design der Studie

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

F1: Lässt sich die Auswertekompetenz von Schülerinnen und Schüler valide mit einem Paper-Pencil-Verfahren erfassen?

F2: Weisen Kategorien mit einer als hoch eingeschätzten Relevanz eine hohe Validität auf?

Um diese Fragen zu beantworten, wurden Daten in mehreren Klassen innerhalb einer Doppelstunde erhoben. Zunächst wurde der schriftliche Fragebogen zur Auswertekompetenz von den Schülerinnen und Schüler ausgefüllt. Im Anschluss daran erfolgte ein Schülerexperiment in Kleingruppen, welches nachfolgend in Einzelarbeit von diesen - mithilfe einer Protokollvorlage - ausgewertet wurde.

Methode

Validitätsprüfung

Überprüft wurde die Kriteriumsvalidität des Fragebogens in der hier vorliegenden Arbeit mithilfe der quantitativen Inhaltsanalyse. Dabei wurde sich auf Mayring (2015) berufen, um die generierten Daten anhand eines Codebuches zu kategorisieren und mittels Korrelationskoeffizienten quantitativ auszuwerten. Als Außenkriterium wurden die erstellten Schülerprotokolle herangezogen. In einer Pilotierungsphase wurden dann zu denen im Fragebogen definierten Auswertemethoden „Skizze“, „Wertetabelle“, „Graph“ und schriftliche Auswertung („Schriftliches“) Kategorien gebildet, die sich in beiden Datensätzen wiederfanden (Mayring, 2015). Bei den daraus resultierenden Kategorien handelt es sich um Aspekte der jeweiligen Auswertemethode, die für die Schülerinnen und Schüler zentral sein könnten, wie beispielsweise das Zeichnen einer Skizze mit Bleistift.

Skizze	Wertetabelle	Graph	Schriftliches
Beschriftung	Messwerte	Koordinatensystem	Beobachtungen
Materialien	Physikalische Größen	Farben	Vermutungen
Bleistift	Lineal	Skalenbeschriftung	Verallgemeinerungen
Anordnung	Bleistift	Einheit	
Beobachtungen	Einheit	Lineal	
Farben		Achsenbeschriftung	
		Messwerte	

Tab. 1: Kategorien der Inhaltsanalyse

Um anhand der Datensätze eine quantitative Aussage über die Validität des Tests treffen zu können, wurde folgendes Bewertungssystem verwendet:

- Trifft eine Kategorie sowohl im Fragebogen, als auch im Protokoll zu, wurde dieser Übereinstimmung ein Übereinstimmungspunkt (ÜP) zugeschrieben.
- Trifft die Kategorie in keinem der Fälle zu, wurde dies ebenfalls als Übereinstimmung gewertet, wodurch ein ÜP zugeschrieben wurde.
- Wird die Kategorie nur bei einem der beiden Fälle genannt, herrscht keine Übereinstimmung, und es wird kein ÜP vergeben.

Anhand dieser ÜP kann ein Korrelationskoeffizient zwischen Aussagen des Fragebogens und der Schülerprotokolle errechnet werden.

Relevanzprüfung
Aus den Angaben einiger bestimmter Items konnte zudem die von den Schülerinnen und Schüler eingeschätzte Relevanz der Kategorien bestimmt werden. Die Schülerinnen und Schüler ordneten hierfür die vorgegebenen Aspekte nach ihrer Bedeutung in einer Reihenfolge an.

Ergebnisse
Die Studie wurde mit zwei Gymnasialklassen aus dem Rhein-Main-Gebiet durchgeführt. Bei den Klassen handelte es sich um eine siebte und eine neunte Jahrgangsstufe, zusammengesetzt aus insgesamt 11 Schülerinnen und 28 Schülern. Bei der Untersuchung der Auswertekategorien, ergaben sich folgende Koeffizienten:

Skizze	0,58	Wertetabelle	0,78	Graph	0,83	Schriftliches	0,63
Beschriftung	0,38	Messwerte	1	Koordinatensystem	0,83	Beobachtungen	0,9
Materialien	0,42	Physikalische Größen	1	Farben	0,95	Vermutungen	0,49
Bleistift	0,63	Lineal	0,56	Skalenbeschriftung	0,81	Verallgemeinerungen	0,49
Anordnung	0,67	Bleistift	0,56	Einheit	0,83		
Beobachtungen	0,61	Einheit	0,77	Lineal	0,6		
Farben	0,79			Achsenbeschriftung	0,83		
				Messwerte	0,93		

Tab. 2: Korrelationskoeffizienten der Auswertekategorien

Der geringste Korrelationskoeffizient ergab sich innerhalb der Auswertemethode „Skizze“, er liegt dabei knapp unter dem Schwellenwert für eine hohe Validität. Innerhalb der Kategorien besitzt die „Beschriftung“ einer Skizze den niedrigsten Wert. Mit Ausnahme dieser Kategorie überschreiten alle anderen den Schwellenwert von 0,4 und sind damit mindestens einer mittleren Validität zuzuordnen.
Anhand der Korrelationskoeffizienten der einzelnen Kategorien, lässt sich ebenfalls ein Korrelationskoeffizient für den gesamten Fragebogen errechnen. Dieser beläuft sich auf einen Wert von 0,72. Die Validität kann somit als hoch bewertet werden.

Vergleich von Relevanz und Validität
Bis auf eine Ausnahme lässt zeigt sich, dass Kategorien mit einer hohen Relevanz auch eine hohe Validität aufweisen. Lediglich die „Beschriftung“ einer Skizze wird zwar von den Schülerinnen und Schülern als sehr relevant eingeschätzt, jedoch nicht im Protokoll angewendet, diese Diskrepanz sorgt für eine geringe Validität. Auch Kategorien mit einer besonders niedrigen Relevanz zeigen erwartungskonform eine hohe Validität.

Diskussion und Ausblick
Die Ergebnisse zeigen, dass der eingesetzte Fragebogen eine hohe Validität besitzt, zumindest im Rahmen der hier angewandten Prüfung.
Aus dem Vergleich von Relevanz und Validität lässt sich ablesen, dass in den meisten Fällen die Schülerinnen und Schüler ihre Überzeugung hinsichtlich der verschiedenen Aspekte der Auswertemethoden auch im Protokoll umsetzen. Dennoch scheint gerade das Beschriften einer Skizze, ein aus Sicht der Lernenden wichtiger Aspekt zu sein, auf den sie in ihrer eigenen Auswertung häufig verzichteten.
In Anlehnung an diese Arbeit könnte es für nachfolgende Studien interessant sein, die Relevanz der einzelnen Kategorien von Lehrkräften einschätzen zu lassen und mit den hier erhobenen Daten zur Relevanz aus Sicht der Schülerinnen und Schüler zu vergleichen sowie die quantitative Inhaltanalyse als Validierungsmethode mit einer größeren Stichprobe weiter zu untersuchen.

Literatur

Dickmann, Martin, Eickhorst, Bodo, Theyßen, Heike, Neumann, Knut, Schecker, Horst. & Schreiber Nico (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.Fisseni, Hermann-Josef (1990): Lehrbuch der psychologischen Diagnostik. Göttingen: Verl. für Psychologie Hogrefe.

Mayring, Philipp (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarb. Aufl. Weinheim: Beltz (Beltz Pädagogik). Online verfügbar unter http://content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407293930.

Moosbrugger, Helfried; Kelava, Augustin (2012): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. 2., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4.

Muth, Laura; Erb, Roger (2016): Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht auf den Fachwissenszuwachs von Schülerinnen und Schülern. In: Christian Maurer (Hg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Jahrestagung. Zürich. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), S. 296–299.

Schreiber, Nico (2012): Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. Zugl.: Duisburg, Essen, Univ., Diss., 2012. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 139).

Michael Elmer Universität Regensburg
Oliver Tepner

Wahrnehmung von Unterrichtserklärungen im Fach Chemie

Zusammenfassung
Gutes Erklären kann als zentrale Kompetenz von Lehrkräften erachtet werden. Es ist bislang jedoch kaum Gegenstand empirischer Forschung gewesen (Renkl et al., 2006; Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). In dem vorliegenden Projekt wird erforscht, welche Aspekte bei der Wahrnehmung von Unterrichtserklärungen im Fach Chemie von Bedeutung sind.

Dazu wird zunächst eine Konzeptualisierung des Begriffs „Erklären" – im Sinne von Unterrichtserklärungen – vorgenommen. Ausgehend von diesem Konstrukt soll das Erklären anschließend in mehreren Teilfacetten, wie z. B. in Hinblick auf Adressatenbezug und sprachliche/sprecherische Aspekte, operationalisiert werden, sodass es möglich wird, die empfundene Qualität von Erklärungen im Chemieunterricht anhand eines fachspezifischen, geschlossenen Fragebogens zu messen. Insbesondere interessiert dabei, inwiefern sich diese Einschätzungen innerhalb und zwischen verschiedenen Statusgruppen (Schülerinnen und Schüler, Studierende, Lehrkräfte sowie Fachdidaktiker) unterscheiden.

Hintergrund
Ein Ziel der in die deutsche PISA 2003/2004-Erhebung integrierten COACTIV-Studie war es, das Professionswissen von Mathematiklehrkräften zu operationalisieren und einer Messung zu unterziehen, um diese Ergebnisse schließlich auch mit dem Lernzuwachs der Schülerinnen und Schüler in Beziehung setzen zu können (Krauss et al., 2004, 2008; Kunter, 2011). Die Operationalisierung des Professionswissens folgt dabei der Taxonomie Shulmans (1986) und umfasst die drei Bereiche Fachwissen (content knowledge, CK), fachdidaktisches Wissen (pedagogical content knowledge, PCK) und pädagogisches Wissen (pedagogical knowledge, PK).

Als wichtige Erkenntnis von COACTIV in diesem Zusammenhang lässt sich festhalten, dass das fachdidaktische Wissen von Mathematiklehrkräften unter allen Facetten des Professionswissens als bedeutendster Einflussfaktor auf den Leistungszuwachs der Schülerinnen und Schüler identifiziert werden konnte, wohingegen für das Fachwissen kein entsprechender, direkter Zusammenhang nachgewiesen werden konnte (Krauss et al., 2011). Gleichwohl stellt eine fundierte Fachwissensbasis eine wesentliche Grundlage für die Entwicklung fachdidaktischen Wissens dar.

Die Frage nach einer Generalisierbarkeit der Ergebnisse auch auf andere Fächer führte schließlich in der Gründung der Forschergruppe FALKO (Fachspezifische Lehrerkompetenzen), einem Zusammenschluss mehrerer Fachdidaktiken der Universität Regensburg, die für alle beteiligten Fächer Tests zur Erfassung der Lehrerkompetenzen konzipierten. Dabei einigte man sich auf ein gemeinsames Rahmenmodell, bei dem das PCK in insgesamt drei Subfacetten untergliedert wurde: das „Wissen über Erklären und Repräsentieren von Inhalten", „Wissen über typische Schülerschwierigkeiten und -fehler" sowie „Wissen über das Potential von Lernmaterialien" (Krauss et al., 2017).

Daran anknüpfend fokussiert das Projekt FALKE (Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Erklären) das Erklärungswissen von Lehrkräften als einer dieser Subfacetten, da die Erklärkompetenz von Lehrkräften auch aus Sicht anderer Quellen ein bedeutsamer Aspekt der Lehrerpersönlichkeit zu sein scheint (Merzyn, 2013, 2015; Vogt, 2009). Das Projekt FALKE ist Teil des vom BMBF im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung geförderten Vorhabens KOLEG (Kooperative Lehrerbildung Gestalten) an der Universität Regensburg. Dazu kooperieren insgesamt 13 Disziplinen (zehn Fachdidaktiken, die Grundschulpädagogik sowie die deutsche Sprachwissenschaft und die Sprechwissenschaft) aus acht unterschiedlichen Fakultäten der Universität Regensburg.

Das Ziel von FALKE ist dabei die Beschreibung des Konstrukts des „guten Erklärens" im Unterricht sowohl in fachspezifischer Hinsicht, als auch unter fächerübergreifenden Gesichtspunkten. Von Interesse ist dabei insbesondere, inwiefern sich die Wahrnehmung von Erklärungen innerhalb und zwischen verschiedenen Expertengruppen (Lehramtsstudierende, Lehrkräfte sowie Fachdidaktiker) sowie den Adressaten (also den Schülerinnen und Schülern) unterscheidet. Außerdem soll untersucht werden, ob sich Kriterien identifizieren lassen, die eine hohe prädiktive Validität auf die Bewertung der wahrgenommenen Erklärqualität durch die einzelnen Gruppen besitzen.
Die gewonnenen Erkenntnisse sollen u. a. dazu verwendet werden, fächerübergreifende Lehrangebote für Lehramtsstudierende zu entwickeln, in denen die identifizierten fachspezifischen und fächerübergreifenden Kriterien guter Unterrichtserklärungen thematisiert und auch gezielt geschult werden können.

Fragestellungen

- Inwiefern unterscheiden sich die Einschätzungen zur Qualität einer Erklärung bei den untersuchten Personengruppen (Schülerinnen und Schüler, Lehramtsstudierende, Lehrkräfte, Fachdidaktiker)?
- Welche Unterschiede gibt es zwischen den untersuchten Schulfächern?
- Wie groß ist der Einfluss einzelner Faktoren (wie z. B. Sprechweise oder Strukturierung) auf die Wahrnehmung von Erklärungen?
- Inwiefern korreliert die Bewertung der Erklärungen durch die Experten mit dem Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern?

Studiendesign und Methoden

Anhand einer explorativen Vorstudie wurde zunächst untersucht, welche fachspezifischen Aspekte beim Erklären im Unterricht von besonderer Bedeutung sein können. Dazu wurden Chemielehrkräfte und zusätzlich Lehramtsstudierende in Form von leitfadengestützten Interviews bezüglich ihrer Vorstellungen zum guten Erklären im Unterricht befragt und die Interviews anschließend qualitativ ausgewertet.

Daran schließt sich die Hauptstudie in Form einer quasi-experimentellen Videostudie an. Anhand der Ergebnisse aus den Interviews wurden zwei besonders erklärbedürftige Themen aus dem Chemieunterricht ausgewählt (Säure-Base-Chemie sowie Redox-Chemie), zu denen Videovignetten erstellt wurden. Diese Videovignetten haben die Form von kurzen, lehrerzentrierten Unterrichtserklärungen, in denen ein konkreter, fachtypischer Sachverhalt möglichst schülergerecht erklärt wird. Dabei findet keine Interaktion mit Schülerinnen und Schülern statt. In die Videos wurden auch Visualisierungen, wie zum Beispiel Modelle oder Animationen, eingebunden. Zu jedem der beiden Themen wurden bislang zwei Videovignetten erstellt, die jeweils sehr ähnliche Inhalte haben, sich jedoch in Bezug auf verschiedene, in der Vorstudie als bedeutsam für das Erklären identifizierte, Variablen unterscheiden.

Zudem wurden Fragebögen konzipiert, die für das Erklären bedeutsame Aspekte möglichst breit abbilden sollen. Innerhalb der an FALKE beteiligten Fächer wurden dazu gemeinsam insgesamt vier Konstrukte operationalisiert (Strukturierung, Adressatenorientierung, Sprache sowie Sprechweise und Sympathie), die, ergänzt durch fachspezifische/fachdidaktische Items, über alle Fächer hinweg mit identischen Skalen abgebildet werden.

In einer computerbasierten Erhebung werden die insgesamt vier Videovignetten Lehramtsstudierenden, Lehrkräften und Fachdidaktikern gezeigt, die diese beim ersten Messzeitpunkt zunächst mit einem Globalurteil bewerten sowie die Fragen zur Sprechweise und Sympathie beantworten. Einige Tage später findet der zweite Messzeitpunkt statt, bei dem die Videovignetten erneut gezeigt werden und der Rest des Fragebogens bearbeitet wird.

Abweichend davon sehen Schülerinnen und Schüler jeweils nur eine der beiden Videovignetten zum jeweiligen Thema, bearbeiten dafür zusätzlich aber noch einen entsprechenden Prä- und Post-Fachwissenstest.

Anhand der erhobenen Daten sollen z. B. Zusammenhänge zwischen der Globalbeurteilung der Videos und den einzelnen Konstrukten aufgezeigt und zwischen den einzelnen Fächern verglichen werden. Eine interessante Frage ist zudem, ob die von Experten als besser bewerteten Videos auch zu mehr Lernerfolg auf Seiten der Schülerinnen und Schüler führen.

Aktueller Stand und Ausblick

Die Vorstudie sowie eine Präpilotierung der Hauptstudie sind bereits abgeschlossen. Derzeit findet eine Überarbeitung von Fragebogen und Videovignetten anhand der bei der Präpilotierung gewonnenen Erkenntnisse statt.

Literatur

Krauss, S., Blum, W., Brunner, M., Neubrand, M., Baumert, J., Kunter, M., Besser, M. & Elsner, J. (2011). Konzeptualisierung und Testkonstruktion zum fachbezogenen Professionswissen von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 135-161). Münster: Waxmann.

Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Jordan, A. & Löwen, K. (2004). COACTIV. Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung, 31-53.

Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A., Fricke, M., Göhring, A., Hofmann, B. et al. (Hrsg.). (2017). FALKO - fachspezifische Lehrerkompetenzen. Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik : mit neuen Daten aus der COACTIV-Studie. Münster: Waxmann.

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. Journal für Mathematikdidaktik, 29 (3), 223-258.

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

Kunter, M. (Hrsg.). (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann.

Merzyn, G. (2013). Guter Chemieunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern, Wissenschaftlern. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 62 (1), 37-42.

Merzyn, G. (2015). Guter Physikunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern und Wissenschaftlern. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Renkl, A., Wittwer, J., Große, C., Hauser, S., Hilbert, T., Nückles, M. & Schworm, S. (2006). Instruktionale Erklärungen beim Erwerb kognitiver Fertigkeiten. sechs Thesen zu einer oft vergeblichen Bemühung. In I. Hosenfeld & F.-W. Schrader (Hrsg.), Schulische Leistung. Grundlagen, Bedingungen, Perspektiven (S. 203-223). Münster: Waxmann.

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

Vogt, R. (2009). Die Organisation von Erklärprozessen im Unterricht. In R. Vogt (Hrsg.), Erklären. Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven (Stauffenburg Linguistik, Bd. 52, S. 203-225). Tübingen: Stauffenburg-Verlag.

Jennifer Krupinski
Sarah Rau-Patschke
Stefan Rumann
Universität Duisburg-Essen

Sprachbildung im Sachunterricht durch Förderung der Erklärkompetenz

Ausgangslage

Der Sachunterricht soll nicht nur Grundlagen für die naturwissenschaftliche Bildung legen, sondern gleichermaßen einen Beitrag zur Sprachbildung leisten (z. B. GDSU, 2013; MSW NRW, 2008; Quehl & Trapp, 2015; u.a.). Der Wissensaufbau und die Anbahnung naturwissenschaftlicher Konzepte, unter Berücksichtigung von Präkonzepten im bildungs- und fachsprachlichen Kontext des Sachunterrichts, setzen an den außerschulischen Erfahrungen, zumeist aus dem alltagssprachlichen Kontext an. An dieser Stelle muss eine Übertragung der Inhalte von der Alltagssprache in die Bildungssprache erfolgen (MSW NRW, 2008; GDSU, 2013). Vor diesem Hintergrund nehmen Sprachhandlungen besonders auch in der Schuleingangsphase (SEP) eine elementare Funktion im Unterrichtsprozess ein. Ein wesentlicher Bestandteil der naturwissenschaftlichen Bildung, wie sie im Sinne des scientific literacy verstanden wird, ist der Austausch der Schülerinnen und Schüler (SuS) über ihre Erklärungen (Möller et al., 2014). Daher erscheint es nicht verwunderlich, dass die Anforderung Sachverhalte zu erklären in den Curricula des Sachunterrichts aller Bundesländer eine Kompetenzerwartung darstellt. Auffallend ist z. B., dass das niedersächsische Kerncurriculum das Erklären auf der medial mündlichen Ebene fokussiert (NKM, 2017).
Auch in den Schulbüchern lässt sich bereits ab der ersten Klasse der Operator *Erklären* ausfindig machen. Doch wie sollen die jungen SuS im Sachunterricht Sachverhalte und Phänomene erklären? Welche Anforderungen müssen sie dazu erfüllen und wie können sie das Erklären lernen? Auf diese Fragen sowie auf mögliche Fördermaßnahmen lassen sich in den Schulbüchern nur wenige bis gar keine Hinweise finden. Insofern lässt sich festhalten, dass die Ausbildung und Weiterentwicklung einer Erklärkompetenz schon in der SEP ein wichtiger Bestandteil des sachunterrichtlichen Lernens ist, wenngleich es nur wenige Hinweise auf Unterstützung- bzw. Fördermöglichkeiten gibt. Daraus resultiert ein Handlungsbedarf, der das folgende Studienvorhaben legitimiert. Ziel der Studie ist die Entwicklung möglichst auf unterschiedliche Unterrichtsthemen übertragbarer Fördermaßnahmen der mündlichen Erklärkompetenz sowie deren praktische Erprobung im Sachunterricht. Zusätzlich wird eine integrierte Förderung der (fach-)sprachlichen Bildung angestrebt.

Theoretischer Hintergrund

Im Alltag werden wir ständig dazu aufgefordert etwas zu erklären, doch ein Blick in die Fachliteratur zeigt, dass es gar nicht eindeutig ist, welche Anforderungen bzw. Kriterien eine Erklärung verlangt. Diesbezüglich kritisieren Osborne und Patterson (2011) die divergierende Verwendung des Operators „erklären“ und die fehlende Abgrenzung zu anderen Sprachhandlungen. Daher ist die Festlegung einer Arbeitsdefinition unerlässlich, um zu verdeutlichen, welches Verständnis des Erklärens dieser Studie zugrunde liegt.

Eine Erklärung ist ein interaktiver Prozess der Wissensvermittlung zwischen mindestens zwei Akteuren, der unter Anwendung von beschreibenden Sprachhandlungen vorhandene Wissenselemente verknüpft, um neues Wissen zu generieren und/oder einen Sachverhalt zu verdeutlichen. Die Auswahl der entscheidenden Wissenselemente zur Generierung einer Erklärung kann auch argumentative Anteile beinhalten. (angelehnt an Klein, 2016; Osborn & Patterson, 2010; Morek, Heller, & Quasthoff, 2017)

Im Zuge dieser allgemeinen Definition werden Erklärungen anhand der Typologie von Klein in *Erklären-Was*, *Erklären-Wie* und *Erklären-Warum* unterschieden (2016). Diese Typen werden hier als Hierarchie von Abstraktion und Komplexitätsgrad der Erklärungen interpretiert. Während Erklärungen, die durch eine *Was*-Frage initiiert werden, eher auf der beschreibenden Ebene bleiben, indem die substanziellen Attribute eines Erklärgegenstandes (Explanandum) erfasst werden, sollen durch *Erklären-Wie* erste Einblicke in Prozesszusammenhänge gegeben werden, mit der Intention, Handlungskompetenz aufzubauen (Klein, 2016). Auf der höchsten Stufe erfolgt das *Erklären-Warum*. Durch die Verknüpfung von allgemeinen Regeln und Gesetzmäßigkeiten werden Ursachen für Phänomene und Sachverhalte gegeben (ebd.). Es wird davon ausgegangen, dass eine Erklärung auf eine *Warum*-Frage nur erfolgen kann, wenn dem Erklärenden genügend Informationen bzw. Charakteristika zu dem zu erklärenden Sachverhalt und dessen prozessualen Zusammenhänge vorliegen, also die Antworten auf die Fragen *Was* und *Wie*. Als weitere, notwendige Bestandteile einer Erklärung, wie sie beispielsweise auch von Helms (2017) und Kulgemeyer und Schecker (2013) betrachtet werden, zählen die *fachliche Korrektheit,* die *Adressatenorientierung*, die *Sachlogik*, die *Vollständigkeit* sowie die *Dekontextualisierung* und das *Abstraktionsniveau* einer Erklärung und deren *sprachliche Angemessenheit*. Es wird nicht erwartet, dass die SuS jeden Bestandteil einer guten Erklärung vollständig erfüllen, sondern alle Bestandteile bestmöglich nach ihrem Entwicklungsstand ausfüllen.
Erste Vorläuferfähigkeiten, Zusammenhänge zu erkennen und Erklärungen zu generieren, lassen sich bereits ab einem Alter von zwei Jahren erkennen (Klein, 2017). Röhner stellte in ihrer Studie mit Vorschulkindern und SuS der 1. Klasse fest, dass aufgrund der Aufforderung mündliche Erklärungen zu geben, sogar längere und vollständigere Sätze produziert werden, als im Rahmen von Beschreibungen und Benennungen (Röhner, 2009). Einschränkend muss berücksichtigt werden, dass die Formulierung einer strukturell guten Erklärung kein Beleg dafür ist, dass die/der Erklärende die Zusammenhänge bzw. Inhalte wirklich verstanden hat (Gadow, 2016).
Empirisch geprüfte Fördermöglichkeiten liegen vor allem im Bereich der Sekundarstufe I und II vor. So zeigt ein *Fragetraining* keine positive Wirkung auf die Erklärkompetenz, obwohl die Herbeiführung häufiger Erklärungen auf einen Übungseffekt schließen lässt (Kronenberger & Souvignier, 2005). Helms hingegen kann in ihrer Studie zum Erklärverhalten in der 11. Klasse einen positiven Einfluss auf die Erklärkompetenzen der SuS durch den Einsatz von *Erklärketten* nachweisen. Eine weitere Fördermöglichkeit kann in der Methode *Mystery* (Higgins, Baumfield, & Leat, 2001) gesehen werden. Die Bearbeitung von *Mystery*-Aufgaben erfordert eine Klassifizierung der Informationen zur Einhaltung der fachlichen Korrektheit und der Sachlogik sowie die Verknüpfung von Wissenselementen und beinhaltet das Erklären als integralen Bestandteil (Higgins, Baumfield, & Leat, 2001). Die identifizierten Methoden müssen für den Einsatz im naturwissenschaftlichen Sachunterricht entsprechend adaptiert werden.

Forschungsfragen

Vor diesem Hintergrund stehen folgende Forschungsfragen im Fokus der Studie:

1. Welchen Einfluss hat die Intervention auf die mündliche Erklärkompetenz hinsichtlich fachlicher und fachsprachlicher Fähigkeiten bei SuS am Ende der SEP?
2. Zeigen die gewählten Trainingsmethoden einen unterschiedlichen Effekt auf die Erklärfähigkeit?
3. Gibt es einen Transfereffekt auf die bildungssprachlichen Fähigkeiten der SuS?

Studiendesign

Antworten auf die oben genannten Fragen sollen mithilfe einer Interventionsstudie im Prä-Post-Design beantwortet werden. Zur Erfassung der aktuellen Verankerung des Operators *Erklären* im Sachunterricht wird eine Schulbuchanalyse vorgeschaltet, die sowohl die Häufigkeit des Operators in Verbindung zu den verschiedenen Sachunterrichtsthemen sowie mögliche Hinweise auf Unterstützungsmaßnahmen aufdecken soll.

Abb. 1. Studiendesign

Abbildung 1 zeigt das Studiendesign zur geplanten Intervention, die eine Unterrichtseinheit über ca. 8 Stunden umfasst und SuS in der SEP der Primarstufe adressiert.

Zu Beginn der Intervention werden die allgemeinen verbalen Erklärfähigkeiten im bildungssprachlichen Kontext der SuS mithilfe von Audioaufnahmen erfasst. Der Erklärgegenstand wird dabei für alle SuS gleich gehalten, während auf einen konkreten Fachbezug verzichtet wird. Erst im nächsten Schritt wird die achtstündige Sachunterrichtseinheit eingeleitet, die den Fachbezug festlegt. Zu diesem Zeitpunkt wird das Vorwissen der SuS in einem Fachwissenstest erfasst und Erklärungen der Kinder durch Audioaufnahmen im fachsprachlichen Kontext festgehalten. In der folgenden Unterrichtseinheit werden die ausgewählten Fördermaßnahmen zur Erklärkompetenz angewendet und erprobt. Die Unterrichtseinheit abschließend, werden durch den wiederholten Einsatz der Testformate der mögliche Wissenszuwachs sowie die intendierte Verbesserung der Erklärfähigkeiten der SuS im bildungs- und fachsprachlichen Kontext erfasst. Zeigen die Fördermaßnahmen eine positive Wirkung auf die Erklärkompetenzen der SuS, wird die Übertragbarkeit auf andere naturwissenschaftliche Themen überprüft.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Eine erste Auswertung der Schulbuchanalyse zeigt, dass die SuS bereits in der SEP zum Erklären aufgefordert werden, jedoch keine Hinweise auf Fördermöglichkeiten oder sprachliche Unterstützungsmaßnahmen zu finden sind. Die Bewertung der *fachlichen Korrektheit*, der *sprachlichen Angemessenheit* und der *Vollständigkeit* von *Erklären-Was, -Wie* und *-Warum* wird aktuell im Rahmen einer Qualifikationsarbeit auf Praktikabilität hin überprüft. In einem nächsten Schritt wird das erprobte Bewertungsverfahren um die *Dekontextualisierung*, das *Abstraktionsniveau* und die *Adressatenorientierung* zur Erfassung und Begutachtung der systematisierten Bestandteile einer Schülererklärung ergänzt. Die ausgewählten Fördermethoden werden für die Intervention aufbereitet. Eine erste Überprüfung der beiden Konstrukte wird im Rahmen einer Pilotierung vorgenommen.

Literatur

Gadow, A. (2016). Bildungssprache im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: Beschreiben und Erklären von Kindern mit deutscher und anderer Familiensprache. Studien Deutsch als Fremd- und Zweitsprache. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (Hrsg.). (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Helms, C. (2017). Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Verbesserung der Erklärqualität von Schülerinnen und Schülern im Gruppenpuzzle (Dissertation). Universität Osnabrück: Logos Verlag Berlin.

Higgins, St., Baumfield, V., & Leat, D. (2001).Thinking Through Primary Teaching. Cambridge: Chris Kington Publishing.

Klein, J. (2017). Beginnende ARGUMENTIER- und ERKLÄR-Kompetenz im Vorschulalter (1,9 - 3,0) Vorformen und Topik. In Meißner, I., & Wyss, E. L. (Hrsg.). Stauffenburg Linguistik: Band 93. Begründen - Erklären - Argumentieren. Konzepte und Modellierungen in der Angewandten Linguistik (65–88). Tübingen: Stauffenburg Verlag.

Klein, J. (2016). Erklären-Was, Erklären-Wie, Erklären-Warum. Typologie und Komplexität zentraler Akte der Welterschließung. In: Vogt, R. (Hrsg.). (2016). Erklären. Tübingen: Stauffenburg Verlag.

Kulgemeyer, C., & Schecker, H. (2013). Schülerinnen und Schüler erklären Physik- Modellierung, Diagnostik und Förderung von Kommunikationskompetenz im Physikunterricht. In Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. J. (Hrsg.). Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen (225–240). s.l.: Waxmann Verlag.

Kronenberger, J., & Souvignier, E. (2005). Fragen und Erklärungen beim kooperativen Lernen in Grundschulklassen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 37(2), 91–100. https://doi.org/10.1026/0049-8637.37.2.91

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW.). (2008). Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen [Online], Verfügbar unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_gs/LP_GS_2008.pdf [13.6.2017]

Möller, K., Kleickmann, T., & Sodian, B. (2014). Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In Einsiedler, W. (Ed.). Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik (527–535). Bad Heilbrunn, Stuttgart: Klinkhardt; UTB.

Morek, M., Quasthoff, U., & Heller, V. (2017). Erklären und Argumentieren. Modellierungen und empirische Befunde zu Strukturen und Varianzen. In: Wyss, E. L., Meißner, I. (Hrsg.). Begründen – Erklären – Argumentieren. Konzepte und Modellierungen in der Angewandten Linguistik. Tübingen: Stauffenburg. S. 11–46.

Niedersächsisches Kultusministerium (NKM.). (2017). Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1 – 4. Sachunterricht. [Online], Verfügbar unter: http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_su_n-line.pdf

Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? Science Education, 95(4), 627–638. https://doi.org/10.1002/sce.20438

Quehl, T., & Trapp, U. (2015). Wege zur Bildungssprache im Sachunterricht: Sprachbildung in der Grundschule auf der Basis von Planungsrahmen. Münster, New York: Waxmann.

Röhner, C. (2009). Abschlussbericht: Projekt: Sprachförderung von Migrantenkindern im Kontext frühen naturwissenschaftlich-technischen Verfügbar unter: https://www.erziehungswissenschaft.uni-wuppertal.de/fileadmin/erziehungswissenschaft/fach_paedagogik-der-fruehen-kindheit/Abschlussbericht-Nawiprojekt.pdf

Jana Heinze Universität Regensburg
Karsten Rincke

Wahrnehmung physikalischer Unterrichtserklärungen

Theoretischer Hintergrund

Befragt man SchülerInnen bezüglich der Eigenschaften und Fähigkeiten guter Lehrkräfte, so erhält man wiederholt als Antwort: „Ein guter Lehrer erklärt gut“ (Vogt, 2009; Merzyn, 2015). Das *Wissen über Erklären und Repräsentieren von Inhalten* (Shulman, 1986), bzw. das *Erklärungswissen* (Kulgemeyer & Schecker, 2013) gilt als wichtige Facette der Handlungskompetenz von Lehrkräften. Erklären als didaktische Handlung umfasst sowohl den Prozess des Erklärens als auch die Erklärung als Produkt dieses Prozesses (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). Erklären ist ein komplexer, interaktiver Kommunikationsprozess, der aus folgenden Phasen besteht: Erkläranlass, Erklärinitiierung, Erklärprozess. Anlass für Erklären können beispielsweise Verständnislücken oder konkrete Lehrplaninhalte sein. Durch die Initiierung wird das Bedürfnis nach einer Erklärung unter anderem durch Schülerfragen signalisiert und somit der Erklärprozess eingeleitet (Wagner & Wörn, 2011). Dieser ist der Hauptteil des Erklärens und beruht auf einer asymmetrischen Wissensverteilung zwischen dem Erklärenden und dem Adressaten bzw. der Adressatengruppe. Der Erklärende bietet dem Adressaten zunächst eine initiale Erklärung an, in die sowohl Wissen über den Adressaten als auch über den zu erklärenden Sachverhalt einfließt. Im Anschluss bekommt er (non-)verbale Rückmeldung bezüglich der Verständlichkeit. Diese Rückmeldung ist dann gegebenenfalls Grundlage für eine Modifikation der Erklärung. Dieser Kreisprozess findet idealerweise solange statt, bis die Rückmeldung auf ein Verständnis von Seiten des Adressaten schließen lässt (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015).

Für eine erfolgreiche Gestaltung des Erklärprozesses benötigen Lehrkräfte bestimmte Fähigkeiten und Fertigkeiten, die als Erklärungsfähigkeit von Lehrkräften zusammengefasst werden können. Kulgemeyer (2013) definiert diese als die Fähigkeit, zu vermittelnde Fachinformation adressatengemäß und sachgerecht zu erklären, sodass SchülerInnen diese mit hoher Wahrscheinlichkeit rekonstruieren können. Eine Unterrichtserklärung ist somit der Versuch, dem Adressaten etwas klarzumachen (Brown & Atkins 1986; Neumeister 2009), das heißt Verständnis zu ermöglichen (Gage 1968; Brewer et al. 2000; Klein 2009). Jedoch erzeugt auch eine gute Erklärung nicht zwingend sofort Wissen. Vielmehr ist sie eine wichtige Voraussetzung dafür, dass der Sachverhalt für den Adressaten verstehbar wird (Brown, 2006; Wittwer & Renkl, 2008; Kulgemeyer, 2013). Merkmale guter Erklärungen sind Sachgerechtheit und Adressatenorientierung sowie Strukturierung und die Tatsache, dass die Erklärung Gelegenheiten für Nachfragen bietet. Eine adressatenorientierte Erklärung sollte mögliche Schülervorstellungen, das Vorwissen und Interessen des Adressaten berücksichtigen. Inhaltlich sollte sie durch geeignete didaktische Reduktion an den Wissensstand und das Alter des Adressaten angepasst sein. Dabei muss der Inhalt jedoch sachgerecht, das heißt fachlich korrekt und anschlussfähig dargeboten werden. Eine gut strukturierte Erklärung, die erkennbar einem roten Faden folgt, erhöht die Aufmerksamkeit des Adressaten und erleichtert somit das Verständnis (Kulgemeyer, 2016).

FALKE – Gesamtprojekt und Studiendesign

Das Projekt FALKE (**Fa**chspezifische **L**ehrer**k**ompetenz im **E**rklären) als Teil des Gesamtprojekts KOLEG (**Ko**operative **Le**hrerbildung **G**estalten, BMBF gefördert im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung) an der Universität Regensburg und besteht

aus einer Kooperation von 13 Disziplinen aus 7 Fakultäten – 10 Fachdidaktiken, Grundschulpädagogik sowie deutsche Sprachwissenschaft und Sprecherziehung. Dabei wird die Wahrnehmung der Qualität von mündlichen Unterrichtserklärungen in vier Statusgruppen des Bildungssystems (SchülerInnen, Lehrkräfte, Studierende, FachdidaktikerInnen) hinsichtlich folgender Fragen untersucht:

- Inwiefern ist die Wahrnehmung der Qualität von Erklärungen innerhalb der Statusgruppen ähnlich?
- Welche Kriterien sind in den Statusgruppen jeweils ausschlaggebend für die Bewertung der Qualität einer Erklärung?
- Gibt es Gemeinsamkeiten zwischen den beteiligten Unterrichtsfächern?

Hierfür werden in jedem Fach gezielt sechs unterrichtsnahe Erklär-Videos mit einer Dauer von je zwei bis drei Minuten erstellt und in einen Online-Fragebogen implementiert. Die Studie besteht aus zwei Durchgängen. Im ersten Durchgang sehen sich die Probanden die Videovignetten einmal an und geben jeweils im Anschluss eine globale Bewertung der Qualität der Erklärung in Form einer Schulnote ab. Fakultativ können sie ihre Bewertung durch Angabe einer Tendenz (+/-) präzisieren und die Notengebung kurz begründen. Im zweiten Durchgang sehen die Probanden die Videos ein weiteres Mal. Im Anschluss an jede Vignette folgt hier ein kriteriengeleiteter Fragebogen, der Items zur Wahrnehmung allgemeiner Kriterien guten Erklärens enthält. Diese beziehen sich auf die Sprache und Sprechweise der erklärenden Lehrkraft sowie die Strukturiertheit und Adressatenorientierung der Erklärung. Zudem gibt es einen Fragenblock zu fach- bzw. domänentypischen Aspekten, den jedes Fach individuell gestaltet. Dieses Design mit zwei Durchgängen wurde gewählt, um das Globalurteil im ersten Durchgang nicht ab dem zweiten Video durch zuvor bearbeitete Kriterien zu beeinflussen.

FALKE – Teilprojekt Physik

FALKE-Physik fokussiert vor allem sprachliche Aspekte. Nach Gadow (2016, S.55) ist die „Adaptierung der Verbalisierung an den Wissensstand von H“ [Hörer] notwendig und „ein wesentliches Element des Erklärens“. Diese Anpassung an die Hörer kann neben der fachsprachlichen auch auf der bildungssprachlichen Ebene stattfinden. Bildungssprache ist die Sprache des Kommunikationsfeldes Bildung und Schule (Feilke, 2012) und ist somit „notwendig für erfolgreiches Lernen in jedem Fach“ (Gadow, 2016, S.11). Genau hier liegt aber das Problem. Die Sprache, in der Lernen in der Schule stattfindet bzw. stattfinden soll, ist gleichzeitig eine Sprache, die potenziell ausgrenzt. Vor allem diejenigen SchülerInnen mit Migrationshintergrund, deren Muttersprache nicht Deutsch ist (Gogolin & Duarte, 2016), wie auch SchülerInnen mit deutscher Familiensprache, aber geringem sozioökonomischem Status (Feilke, 2012). Der zweite Spannungsbereich zwischen Bildungssprache und naturwissenschaftlichem Unterricht liegt in der Art und Weise begründet, wie Prozesse und Ergebnisse naturwissenschaftlichen Arbeitens sprachlich dargestellt werden. Während die Bildungssprache tendenziell deagentiviert und verallgemeinert, Ergebnisse als statisch und endgültig beschreibt, ist die Naturwissenschaft im eigentlichen Sinne eher dynamisch, historisch gewachsen und von vorläufiger, also nicht-endgültiger Natur (Rincke & Markic, im Druck). Bildungssprache ist demnach tendenziell distanzsprachlich geprägt. Im folgenden Abschnitt wird der entsprechende Hintergrund genauer geklärt.

Sprache der Nähe und Sprache der Distanz

Betrachtet man die im Unterricht verwendeten Sprachvarietäten, stellt man fest, dass Bildungssprache zusammen mit Fach- und Alltagssprache den Unterricht aus sprachlicher Sicht maßgeblich bestimmen (Höttecke et al., 2017). Alltagssprache ist dabei konzeptionell

eher mündlich, während Fach- und Bildungssprache konzeptionell eher schriftlichen Sprachgebrauchsmustern folgen. Koch & Oesterreicher (1985) entwickelten ein Gesamtschema zur Beschreibung der Konzeption der Sprache (Abb. 1), welches die beiden Pole des Konzeptionskontinuums näher beschreibt. Die *Sprache der Nähe* bildet dabei den Pol der konzeptionellen Mündlichkeit, die *Sprache der Distanz* den Pol der konzeptionellen Schriftlichkeit. Die Alltagssprache ist beispielsweise eine Form der Nähesprache, wohingegen Fach- und Bildungssprache dem Bereich der Distanzsprache zuzuordnen sind.

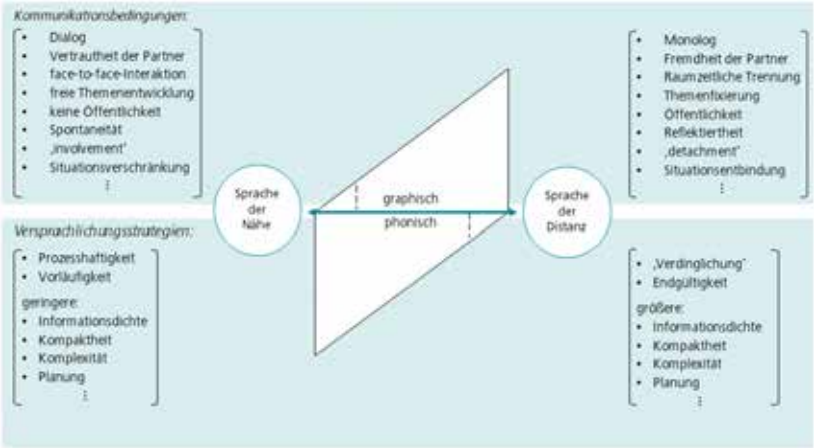


Abb. 1: Gesamtschema zur Konzeption der Sprache (Koch & Oesterreicher, 1985, S.23)

In der Sprache der Nähe findet ein dialogisches Gespräch zwischen bekannten Kommunikationspartnern auf Augenhöhe statt, bei dem die Rollenverteilung während des Gesprächs offen ist. Da ein solches Gespräch im situativen Kontext eingebettet (Situationsverschränkung) ist, ermöglicht es auch eine größere Spontaneität. Diese Sprachkonzeption schafft also eine gewisse Nähe zwischen den Kommunikationspartnern. Die Sprache der Distanz ist hingegen charakterisiert durch eine monologische gestaltete Vortragsweise mit fester Rollenverteilung. Produktion und Rezeption der Sprache sind hierbei voneinander getrennt. Somit müssen alle nötigen Informationen mit berücksichtigt werden, da kein Rückgriff auf gemeinsame vorangegangene Situationen stattfinden kann (Situationsentbindung, Koch & Oesterreicher, 1985). Diese Konzeption der „Kommunikation ist gekennzeichnet durch emotionale Distanz, relative Fremdheit und eine offenkundige Hierarchie zwischen den Gesprächspartnern“ (Gogolin & Duarte, 2016, S. 486).

Ausblick

Derzeit werden je zwei Videos zum selben Thema aus den Bereichen Mechanik, Elektrizitätslehre und Wärmelehre erstellt. Innerhalb der Paare variiert die sprachliche Konzeption zwischen Nähe- und Distanzsprache. Auf der Ebene der Kommunikationsbedingungen können hier vor allem die Parameter *Vertrautheit* bzw. *Fremdheit der Partner* sowie *face-to-face-Interaktion mit Situtionsverschränkung* bzw. *raumzeitliche Trennung mit Situationsentbindung* umgesetzt werden. Auf der Ebene der Versprachlichungsstrategien werden bis auf den Parameter Planung alle in Abb. 1 dargestellten Parameter variiert. Die für Anfang 2018 geplante Studie soll mit mindestens 100 SchülerInnen als Adressatengruppe von Unterrichtserklärungen, sowie je mindestens 30 Probanden aus den Teilgruppen der Erklärenden durchgeführt werden.

Literatur

Brewer, W., Chinn, C., & Samarapungavan, A. (2000). Explanation in scientists and children. In F. Keil & R. Wilson (Eds.), Explanation and cognition (S. 279–298). Cambridge: The MIT Press.

Brown, G. & Atkins, M. (1986). Explaining in professional contexts. Research Papers in Education, 1, 60-86.

Brown, G. (2006). Explaining. In O. Hargie (Eds.), The Handbook of Communication Skills. New York: Routledge, 195-228.

Feilke, H.(2012). Bildungssprachliche Kompetenzen – fördern und entwickeln. Praxis Deutsch, 233, 4-13.

Gadow, A. (2016). Bildungssprache im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Beschreiben und Erklären von Kindern mit deutscher und anderer Familiensprache. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Gage, N. (1968). The microcriterion of effectiveness in explaining. In N. Gage (Hrsg.), Explorations of the teacher's effectiveness in explaining, Technical Report No. 4 (S. 1–8). Stanford Center for Research and Developement in Teaching.

Gogolin, I. & Duarte, J. (2016). Bildungssprache. In J. Kilian, B. Brouër & D. Lüttenberg (Hrsg.), Handbuch Sprache in der Bildung (Bd. 21). Berlin, Boston: Walter de Gruyter.

Höttecke, D., Ehmke, T., Krieger, C. & Kulik, M. A. (2017). Vergleichende Messung fachsprachlicher Fähigkeiten in den Domänen Physik und Sport. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23 (1): 53-69. Zugriff auf http://dx.doi.org/10.1007/s40573-017-0055-6.

Klein, J. (2009). ERKLÄREN-WAS, ERKLÄREN-WIE, ERKLÄREN-WARUM. In Vogt, R. (Hrsg.): Erklären - Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven. Stauffenburg Verlag Brigitte Narr GmbH, 25-36.

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, S. 15-43). Berlin, New York: Walter de Gruyter.

Kulgemeyer, C. (2013). Gelingensbedingungen physikalischer Erklärungen – Zu einer konstruktivistischen Auffassung des Erklärens. . PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung (www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/460/600).

Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2013). Students Explaining Science – Assessment of Science Communication Competence. Res Sci Educ 43 (6): 2235-2256.

Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären – Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Volume 21 (1): 111–126. Zugriff auf https://doi.org/10.1007/s40573-015-0029-5.

Kulgemeyer, C. (2016). Lehrkräfte erklären Physik. Rolle und Wirksamkeit von Lehrererklärungen im Physikunterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 27 (152), 2-9.

Merzyn, G. (2015). Guter Physikunterricht. Die Sicht von Schülern, Lehrern und Wissenschaftlern. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung (http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/589).

Neumeister, N. (2009). "Wissen wie der Hase läuft". Schüler erklären Redensarten und Sprichwörter. In J. Spreckels (Hrsg.), Erklären im Kontext. Neue Perspektiven aus der Gesprächs- und Unterrichtsforschung (S. 13–32). Baltmannsweiler: Schneider Verl. Hohengehren.

Rincke, K. & Markic, S. (im Druck). Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. Erscheint in D. Krüger; I. Parchmann; H. Schecker (Hrsg). Handbuch zur theoretischen Rahmung naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. Springer.

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

Vogt, R. (Hrsg.) (2009). Erklären. Gesprächsanalytische und fachdidaktische Perspektiven. Tübingen: Stauffenburg.

Wagner, A. & Wörn, C. (2011). *Erklären lernen – Mathematik verstehen*. Ein Praxisbuch mit Lernangeboten. Seelze: Kallmeyer.

Wittwer, J. & Renkl, A. (2008). Why instructional explanations often do not work: A framework for understanding the effectiveness of instructional explanations. Educational Psychologist 43 (1), S. 49-64.

Maren Kempin
Christoph Kulgemeyer
Horst Schecker

Universität Bremen
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Abtlg. Physikdidaktik

Reflexion von Physikunterricht: Ein Performanztest

Das Praxissemester hat mittlerweile in vielen Bundesländern Einzug in die erste Phase der Lehrerbildung gehalten. Welchen Einfluss das auf die Entwicklung der Fähigkeiten der Studierenden hat und wie sich die verschiedenen Konzeptionen des Praxissemesters an den unterschiedlichen Hochschulen darauf auswirken, wurde bislang vorwiegend bei den erziehungswissenschaftlichen Studienanteilen in den Blick genommen (Vogelsang et al., 2017). Im Projekt ProfiLe-P+ wird das Praxissemester nun unter einem physikalischen und physikdidaktischen Blickwinkel betrachtet. Im hier beschriebenen Teilprojekt steht die Untersuchung der Fähigkeit Physikunterricht reflektieren zu können im Mittelpunkt. Ziel dabei ist die Untersuchung (1) der Entwicklung von Reflexionsfähigkeit während des Praxissemesters und (2) der Zusammenhänge zwischen Fachkompetenz (FK), fachdidaktischer Kompetenz (FDK) und der Reflexionsfähigkeit der Studierenden. Um diese Ziele zu erreichen, wurde ein Testinstrument entwickelt, das in diesem Artikel vorgestellt wird.

Unterrichtsreflexion

Schön (1983) differenziert zwei Formen der Unterrichtsreflexion: *reflection-in-action* ist die Reflexion über eine Handlung, während diese durchgeführt wird. Die Reflexion über eine abgeschlossene Handlung wird im Gegensatz dazu als *reflection-on-action* bezeichnet. *Reflection-on-action* kann sowohl als Selbst- als auch der Fremdreflexion erfolgen. Dabei geht es zum einen darum, die erfolgten Handlungen rückblickend zu analysieren. Zum anderen sollen mögliche Auswirkungen und Konsequenzen der Handlungen vorausschauend abgeschätzt werden (Windt & Lenske, 2015). Die Generierung von Alternativen, die sowohl eine Änderung als auch das Beibehalten eines bestimmten Vorgehens umfassen, ist ebenfalls Bestandteil von Unterrichtsreflexion. Reflexion soll dabei nicht auf subjektiven Annahmen beruhen, sondern rational erfolgen und theoretisch fundiert sein (Roters, 2012).

Windt & Lenske (2016) leiten aus verschiedenen Stufenmodellen fünf Elemente ab, die eine Unterrichtsreflexion enthalten sollte: (1) Die Beschreibung von Unterrichtssituationen, (2) deren Bewertung, (3) die Begründung dieser Bewertungen, (4) das Erarbeiten von Alternativen sowie (5) die Ableitung von Konsequenzen für die eigene Professionalisierung.

Modell zur Reflexion von Physikunterricht

Basierend auf den von Windt und Lenske (2016) beschriebenen Elementen der Unterrichtsreflexion und dem von Plöger, Scholl und Seifert (2015) entwickelte und evaluierte fünfstufige Modell zur Beschreibung der Analysekompetenz wurde ein *Modell zur Reflexion von Physikunterricht* entwickelt (Abb. 1), mit dem die Qualität von Unterrichtsreflexion beurteilt werden kann. Die erforderliche theoretische Fundierung (Roters, 2012) der Reflexion konzentriert sich in diesem Modell auf physikalische und physikdidaktische Aspekte.

Das Modell hat die folgenden Bestandteile: Wichtig für eine erfolgreiche Reflexion sind die *Rahmenbedingungen* des Unterrichts (Informationen zur Lerngruppe, dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler, den Unterrichtsziele und den strukturellen Gegebenheiten wie z.B. die Ausstattung der Physiksammlung). Basierend auf den Rahmenbedingungen gibt es vier aufeinander aufbauende Stufen der Unterrichtsreflexion. Stufe I umfasst die *Beschreibung* der Unterrichtssituation. Die *Bewertung* dieser Unterrichtssituation bildet Stufe II im

Modell und kann mit oder ohne *Begründung* erfolgen. Eine Begründung soll dabei auf den Rahmenbedingungen oder fachlichen und fachdidaktischen Aspekten beruhen. Die nachfolgende Stufe III umfasst die Generierung von *Alternativen*. Diese umfassen sowohl das Beibehalten, als auch die Änderung des Vorgehens und können wie die Bewertung mit und ohne Begründung erfolgen. In der letzten Stufe des Modells – Stufe IV – werden *Konsequenzen* aus dem Unterrichtsgeschehen gezogen. Diese können sich auf den Unterrichtenden selbst, den Beobachtenden (bei einer Fremdreflexion) oder auch den Folgeunterricht beziehen und ebenfalls begründet oder unbegründet erfolgen. Allgemein gilt für die Stufen II bis IV, dass eine begründete Form einem höheren Reflexionsgrad entspricht als eine unbegründete Form.

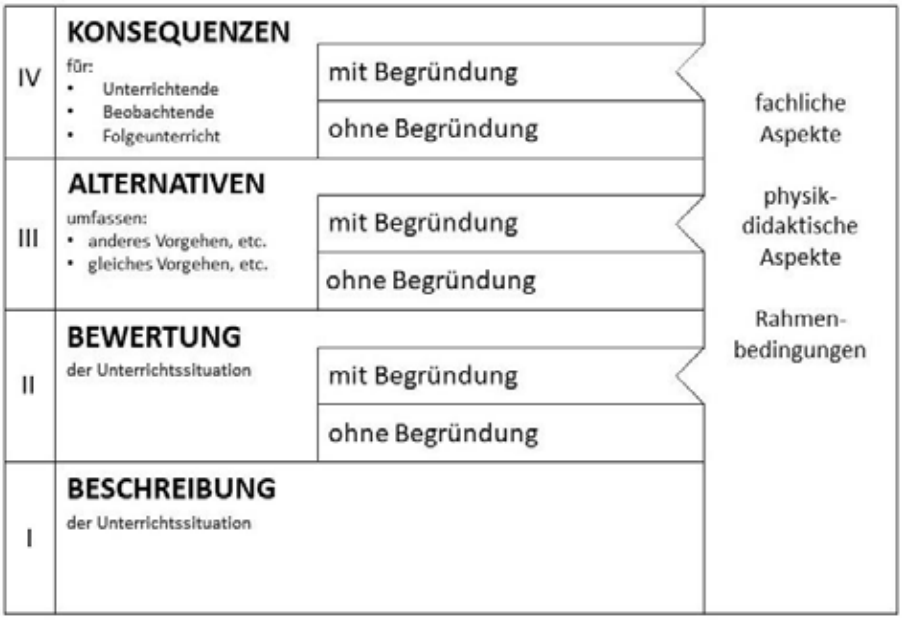


Abb. 1: Modell zur Reflexion von Physikunterricht

Erhebungsmethode: Reflexionsperformanztest

Um die Reflexionsfähigkeit der Studierenden erfassen zu können, wurde ein Performanztest entwickelt. Ein solcher Performanztest entspricht Millers (1990) Testformat des „*shows how*“, bei dem die Kompetenz eines Probanden an der Beobachtung und Bewertung seines Handelns in einer berufsnahen, standardisierten Handlungssituation festgemacht wird.

Zur Erfassung der Reflexionsperformanz von Studierenden wurde ein online-basierter Videovignettentest entwickelt, in dem sie in die Situation einer kollegialen Supervision versetzt werden. Der Grundgedanke bei diesem Test ist, dass die Probandinnen und Probanden tatsächlich handeln müssen und Dialoge zur kollegialen Supervision führen sollen. Diese Situation wird dadurch hervorgerufen, dass ein fiktiver Mitpraktikant die Studierenden um ihr Feedback zu seiner Physikdoppelstunde bittet. Diese Physikdoppelstunde wurde für die Testzwecke in einem Drehbuch so festgelegt, dass bestimmte Probleme aus den Bereichen Fach und Fachdidaktik deutlich zutage treten und bei der Reflexion berücksichtigt werden müssen. Thematisch bezieht sich die Stunde auf die Newtonschen Axiome und Impulserhaltung. Im Test wird die Doppelstunde schrittweise betrachtet. Jeder Abschnitt beginnt damit, dass der fiktive Mitpraktikant sich direkt an die vor dem Bildschirm sitzende Person wendet und eine kurze Beschreibung des kommenden Unterrichtsausschnitts (z.B. „Ich zeige dir

gleich, wie ich den Unterricht begonnen habe. Kannst du mir dann danach was dazu sagen?“) oder eine erste Beschreibung seines Problems (z.B. „Nach dieser Aufgabe habe ich das neue Thema Impulserhaltung eingeführt. Ich bin mir nicht ganz sicher, ob ich die Einführung sinnvoll gestaltet habe.“) äußert (Vorprompt). Daraufhin zeigt er den Studierenden den entsprechenden Unterrichtsausschnitt und wendet sich im Anschluss nochmal an die Studierenden und expliziert sein Problem (Nachprompt). Durch die Vor- und Nachprompts werden die Studierenden weg von erziehungswissenschaftlichen Punkten (z.B. zu wenig Bedenkzeit nach einer Frage) hin zu physikalischen bzw. physikdidaktischen Fragen gelenkt, die im Zentrum der Studie stehen. Die Studierenden haben nach dem Nachprompt die Möglichkeit dem Mitpraktikanten auswählbare Nachfragen (z.B. ob die Lerngruppe noch einmal beschrieben werden kann oder ob der Versuchsaufbau noch einmal gezeigt werden kann) zu stellen, woraufhin sich ein Popup-Fenster mit den gewünschten Informationen öffnet. Die Studierenden geben dem Mitpraktikanten dann ein Feedback zu seinem Unterricht. Dieses Feedback erfolgt verbal und wird audiografiert. Die Studierenden sprechen direkt mit dem fiktiven Mitpraktikanten durch ein Mikrophon.

Auswertungsmethodik

Die audiografierten Daten der Studierenden werden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) ausgewertet. Dabei wird die Technik der Strukturierung (edb. S.97) angewendet. Die verschiedenen fachlichen und fachdidaktischen Reflexionsanlässe bilden hierbei die Kategorien, die sich in Subkategorien, gegeben durch die Stufen des Modells zur Reflexion von Physikunterricht, unterteilen. Die Auswertung der audiografierten Daten erfolgt ohne Transkription direkt in der Software ELAN.

Aktueller Stand und Ausblick

Die Entwicklung des Reflexionsperformanztests ist abgeschlossen und es wurden bislang $N = 36$ Videosätze aufgenommen. Dies sind jeweils Fälle, bei denen ein Test vor und ein Test nach dem Praxissemester durchgeführt wurden. Die Daten lassen also erste längsschnittliche Aussagen zu. Zudem liegen zu all diesen Personen Daten zum Fachwissen, fachdidaktischen Wissen, zur Fähigkeit, Unterricht zu planen sowie weiteren Merkmalen vor. Die Reflexionsvideos werden zurzeit auf Grundlage des erarbeiteten Modells zur Reflexion von Physikunterricht ausgewertet. Anhand dieses Modells, einem zuvor erstellten Erwartungshorizont und den Auswertungen wird ein Kodiermanual (weiter-) entwickelt. Basierend auf den Auswertungen soll dann ein Qualitätsmaß für die Reflexionsperformanz erarbeitet werden. Zudem sollen weitere Schritte zur Validierung des Performanztests unternommen werden. Hierfür haben bereits $N = 13$ Referendarinnen und Referendare den Reflexionstest bearbeitet.

In den kommenden Semestern werden weitere Erhebungen mit den Studierenden, die das Praxissemester absolvieren, an allen Projektstandorten durchgeführt. Neben der Entwicklung der Fähigkeit zur Unterrichtsreflexion soll auch analysiert werden, ob und wie Fachwissen und fachdidaktisches Wissen bei der Unterrichtsreflexion genutzt wird. Perspektivisch soll so festgestellt werden, welche Bereiche des Fachwissens und welche des fachdidaktischen Wissens für die professionelle Handlungssituation der Unterrichtsreflexion wirklich hilfreich sind bzw. wirklich herangezogen werden.

Literatur

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (Beltz Pädagogik, 12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Miller, G. E. (1990). The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance. Academic Medicine 65 (9), 63–67.

Plöger, W., Scholl, D. & Seifert, A. (2015). Analysekompetenz - ein zweidimensionales Konstrukt?! Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung 43 (2), 166–184.

Roters, B. (2012). Professionalisierung durch Reflexion in der Lehrerbildung. Eine empirische Studie an einer deutschen und US-amerikanischen Universität. Münster

Schön, D. (1983). The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action. New York: Basic Books

Vogelsang, C., Caruso, C. & Wosnitza, C. (2017). Das Praxissemester fachdidaktisch in den Blick nehmen - Zugänge einer interdisziplinären Forschungsgruppe an der Universität Paderborn. die hochschullehre 3. http://www.hochschullehre.org/wp-content/files/die_hochschullehre_2017_Vogelsang_et_al_ Fachdidaktik_Praxissemester.pdf.

Windt, A. & Lenske, G. (2015). Entwicklung der Reflexion von Sachunterricht in der zweiten Phase der Lehrerausbildung. In H.-J. Fischer (Hrsg.), Bildung im und durch Sachunterricht (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 25, S. 209–216). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Windt, A. & Lenske, G. (2016). Qualität der Sachunterrichtsreflexion im Vorbereitungsdienst. In C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik (Bd. 36, S. 284–286). LIT-Verl.

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

[1]RWTH Aachen University
[2]Universität Paderborn

Erfassung der Performanz bei der Planung von Physikunterricht

Hintergrund

Im Kontext der Lehrerausbildung wird eine Kernaufgabe von Lehrerinnen und Lehrern als die gezielte und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen gestaltete Planung von Lehr- und Lernprozessen beschrieben (KMK, 2004). Laut Shavelson und Stern (1981) ist die Planung dabei als ein zirkulärer Prozess anzusehen, bei dem Ausgangsbedingungen analysiert und anschließend darauf aufbauend Entscheidungen über die Unterrichtsaktivitäten getroffen werden sollen. Die schriftliche Unterrichtsplanung ist dabei neben der Durchführung und Reflexion des Fachunterrichts ein notwendiger Schritt zur Professionalisierung und kann dazu führen, dass erfahrene Lehrkräfte Handlungsskripte entwickeln, die sie zu weitgehend ungeplantem Unterrichtshandeln befähigen (Stender, 2014). Obwohl die ausführliche Planung von Unterricht einen wichtigen Teil der universitären Ausbildung darstellt und der reflektierten Organisation von Lern- und Interaktionsprozessen dient (Klafki, 2007), liegen dennoch wenige Erkenntnisse darüber vor, welche Zusammenhänge zwischen der universitär erworbenen Professionskompetenz und der Qualität von Unterricht bestehen (z.B. Vogelsang, 2014). Der Projektverbund Profile-P+ versucht daher unter anderem, zunächst Zusammenhänge zwischen Professionskompetenz und der Performanz bei der schriftlichen Unterrichtsplanung aufzudecken. Im Sinne von Miller (1990) ist die Performanz bei der Planung von Unterricht in einer möglichst authentischen, berufstypischen und simulierten Handlungssituation zu erfassen, bei welcher die Rahmenbedingungen standardisiert werden. Die Performanz stellt dabei das Bindeglied zwischen Kompetenz und echtem beruflichen Handeln dar, wobei aufgrund der vielfältigen möglichen Störvariablen im freiem Berufshandeln lediglich ein komplexitätsreduzierter Ausschnitt abgebildet wird.

Ziele

Folgende Ziele sollen im Rahmen des Projekts ProfiLe-P+ im hier beschriebenen Teilprojekt realisiert werden:

- *Entwicklung und Validierung eines Performanztests zur Erfassung der Qualität der Unterrichtsplanung im Fach Physik.*
- *Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Planungsperformanz, Erklärperformanz, Reflexionsperformanz und fachlicher sowie fachdidaktischer Kompetenz.*
- *Untersuchung der Veränderung der Planungsperformanz während eines Praxissemesters.*

Untersuchungsdesign

Um die Entwicklung der Qualität bei der Planung von Physikunterricht erfassen zu können, wird der entwickelte Planungsperformanztest im Pre-Post-Design eingesetzt. Zielgruppe sind Studierende an vier deutschen Hochschule in drei Bundesländern, die sich im lehramtsbezogenen Masterstudiengang befinden. Dabei werden jeweils die Performanz bezüglich Planung, Erklären (Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015) und Reflexion (Kempin, Kulgemeyer, Schecker, in d. Band) von Physikunterricht sowie fachliche und fachdidaktische Professionskompetenz (Enkrott, Buschhüter, Borowski, in d. Band; Riese, Gramzow & Reinhold, 2017; vgl. auch Riese et al., 2015) jeweils vor und nach dem Praxissemester erhoben, sodass zwischen den Messzeitpunkten etwa vier Monate liegen. Für weitere Analysen wird zudem der Umfang an universitären Lerngelegenheiten und eigener Unterrichtserfahrung innerhalb und außerhalb des Praxissemesters erhoben. Während des Praxissemesters wird zu Validierungszwecken darüber hinaus eine Unterrichtsplanung

erfasst, die Studierenden für eine eigenständig unterrichtete und anschließend reflektierte Stunde in einer realen Lerngruppen erstellt haben, wobei sich Struktur dieses schriftlichen Dokuments an der des Performanztests orientiert.

Abb. 1:Überblick über das Untersuchungsdesign während des Praxissemesters.

Somit kann einerseits die Entwicklung im Praxissemester untersucht werden und, andererseits können zu beiden Messzeitpunkten Zusammenhänge zwischen gezeigter Performanz und schriftlich gemessenen Kompetenzen betrachtet werden.

Testinstrument

Zur Messung der Planungsperformanz wird ein standardisierter paper-pencil-Test eingesetzt. Dieser wird im Rahmen der Begleitseminare zum Praxissemester in einer Sitzung zum Thema *Planen unter Zeitdruck* durchgeführt. Die Studierenden erhalten dabei eine kurze Beschreibung von Lerngruppe und vorausgegangenem Unterricht sowie zwei Lernziele zum Wechselwirkungsprinzip, die in der vorzubereitenden Unterrichtsstunde erreicht werden sollen. Anschließend soll innerhalb von 60 Minuten eine Unterrichtsstunde (45 Min.) geplant und dokumentiert werden. Als Hilfsmittel werden Auszüge aus zwei schulischen Lehrwerken sowie der Online-Quelle *LEIFI Physik* zugelassen. Die Planung ist dabei auf einem vorstrukturierten Planungspapier zu dokumentieren, das verschiedene Elemente der Unterrichtsplanung einfordert, wie z.B. die Darstellung geplanter Experimente, das Formulieren einer zentralen Aufgabenstellung bzw. Frage, die Planung eines Tafelbildes sowie das Anlegen eines Verlaufsplanes. Neben diesen kreativen Elementen der Unterrichtsplanung sollen getroffene Entscheidungen ebenfalls begründet werden, wodurch die zwei übergeordneten Zielklassen der Unterrichtsplanung, *Legitimation* und *Kreation,* (vgl. Vogelsang und Riese, 2017) verfolgt werden. Impulse im Planungsperformanztest wurden dabei so ausgewählt, dass sie im Rahmen der zur Verfügung stehenden Zeit möglichst hoch relevante Elemente der Vorbereitung von Physikunterricht repräsentieren.

Bewertung von Planungsdokumenten

Um die schriftlichen Planungsdokumente im Hinblick auf deren Qualität zu untersuchen wird mehrschrittig vorgegangen. Zunächst werden Aspekte der Planung, die explizit durch das Planungspapier eingefordert werden, *lokal* bewertet. Da Novizen ihren Unterricht häufig parzelliert planen (Seel, 2011), diese einzelnen lokalen Teile jedoch den Unterricht nicht hinreichend strukturieren, ist es darüber hinaus notwendig, die Aspekte ebenfalls *global* zu betrachten, worunter insbesondere der Grad der Vernetzung verstanden werden soll. Dies kann sich z.B. durch Einbeziehen der vorgegebenen Lernvoraussetzungen zeigen, ebenso auch in der Passung der einzelnen Elemente zueinander. Zudem soll ebenfalls bewertet werden, ob die Planungsentscheidungen begründet werden. Abb. 2 fasst die betrachteten

Aspekt	Lokal	Global	Begründungen
Fachlicher Inhalt	✓	✓	✗
Kompetenzen	✗	✓	✗
Lernvoraussetzungen	✓	✓	✗
Elementarisierungen	✓	✓	✓
Kontext	✓	✓	✓
Medien	✓	✓	✓
Experimente	✓	✓	✓
Aufgaben	✓	✓	✓

Abb. 2: Übersicht über die zu bewertenden Aspekte im Performanztest.

Aspekte zusammen und zeigt, dass zu einigen Aspekten nicht alle drei Kategorien erwartet werden, was z.B. durch die Vorgaben im Arbeitsauftrag bedingt ist. Darüber hinaus sollen weitere, allgemeine Kriterien der Unterrichtsplanung untersucht werden, z.B. inwieweit die geplante Stunde überhaupt zur Erreichung der Lernziele dienen kann, ob eine angemessene Strukturierung vorliegt oder ob ein motivierender Einstieg vorgesehen ist.

Aktueller Stand und Ausblick

Ausgehend von Praxisratgebern und Lehrbüchern (z.B Bennack, 2004; Becker, 2007; Tulodziecki, 2004) zur Unterrichtsplanung wurden zunächst relevante Aspekte der Unterrichtsplanung herausgearbeitet. Bei der Auswahl der in Abb. 2 dargestellten Aspekte wurden schließlich diejenigen berücksichtigt, zu denen auch explizit im Planungsperformanztest eine Äußerung eingefordert wird. Im Hinblick auf die Bewertung der Unterrichtsplanungen in diesen Aspekten konnten deduktiv aus der Literatur abgeleitete Items zur Überprüfung der Qualität bezüglich einzelner Aspekte formuliert werden. Unter Einbezug der ausgefüllten Planungspapiere einer ersten Pilotierung, bei der N=17 Studierende teilnahmen, konnten die Items der einzelnen Aspekte darüber hinaus induktiv aus dem Material heraus sowie durch Experteninterviews erweitert werden. Nach Bewertung der 17 Planungen zeigte sich hinsichtlich der Aspekte bei fast allen ausreichende Varianz. Lediglich bei dem Aspekt *Medien* traten Deckeneffekte auf, weshalb dieser Aspekte einer Überprüfung zu unterziehen ist. Bisherige Maßnahmen zur Validierung beinhalten unter anderem die Erstellung einer ausführlichen theoriegeleiteten Stundenplanung, die literaturbasiert erstellt wurde. Darüber hinaus wurden Auszüge aus den Lösungen der Studierenden und aus dem theoriegeleiteten Dokument in Experteninterviews von vier erfahrenen Lehrkräften bewertet, um die geplanten Unterrichtsstunden im direkten Vergleich sowie die Stunde als Gesamtes zu beurteilen. Damit soll überprüft werden, ob die gefundenen Scores im Performanztest das Urteil von Experten widerspiegeln, andererseits sollen die Bewertungskriterien der Experten auch dazu beitragen, allgemeine Kriterien der Unterrichtsqualität zu formulieren. Dazu wurden die Interviews inhaltsanalytisch ausgewertet und zusammengefasst. Zur Überprüfung der Sensitivität des Testinstrumentes sollen ab Herbst 2017 auch Studierende, die sich deutlich vor und nach dem Praxissemester befinden, den Test bearbeiten. Ebenfalls sind weitere Interviews geplant, die zur Überprüfung der gefundenen Kriterien dienen sollen.

Hinweis

Das beschriebene Teilprojekt von Profile-P+ wird gefördert im Rahmen des BMBF-Rahmenprogramms KoKoHs (FKZ 01PK15005B).

Literatur

Becker, G. (2007): Unterricht planen – Handlungsorientierte Didaktik. Weinheim: Beltz.

Bennack, J. (2004): Schulaufgabe: Unterricht – Zeitgemäß unterrichten können. (3. Aufl). Weinheim: Beltz.

Kempin, M., Kulgemeyer, C., Schecker, H. (2016): Reflexionsperformanz – Lehramtsstudierende reflektieren Physikunterricht. In C. Maurer (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung Zürich 2016, S. 748-751. Regensburg.

Klafki, W. (2007): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik – Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktivistische Didaktik (6. Aufl). Weinheim: Beltz.

KMK (2004): Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften - Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004.

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

Miller, G. E. (1990). The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance. Academic Medicine 65 (9), 63–67.

Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017): Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, https://doi.org/10.1007/s40573-017-0059-2.

Riese, J. Kulgemeyer, C., Zander, S., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H., Tomczyszyn, E. (2015): Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. Zeitschrift für Pädagogik, 61. Beiheft, S. 55-79.

Shavelson, R. J. & Stern, P. (1981): Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgements, Decisions, and Behavior. In Review of Educational Research, 51 (4), 455-498.

Stender (2014): Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln. Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung. Berlin: Logos.

Tulodziecki, G., Herzig, B., Blömeke, S. (2004): Gestaltung von Unterricht – Eine Einführung in die Didaktik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Vogelsang, C. (2014). Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz. Berlin: Logos.

Vogelsang, C., Riese, J. (2017): Wann ist eine Unterrichtsplanung „gut“? Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. In S. Werne und K. Zierer (Hrsg.): Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! S. 47-61. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Christoph Vogelsang[1] [1]Universität Paderborn
Andreas Borowski[2] [2]Universität Potsdam
Christoph Kulgemeyer[3] [3]Universität Bremen
Josef Riese[4] [4]RWTH Aachen

Profile-P+ - Entwicklung von Kompetenz und Performanz im Physiklehramt

David Buschhüter[2], Patrick Enkrott[2], Maren Kempin[3], Peter Reinhold[1],
Horst Schecker[3], Jan Schröder[4]

Problemstellung

Das Lehramtsstudium folgt auch im Fach Physik einer angenommenen Wirkkette der Lehrerbildung: Studierende sollen zunächst fachliche und fachdidaktische Kompetenzen erwerben. Diese – so wird postuliert - sollen die Studierenden dazu befähigen, anschließende berufliche Anforderungen in Praxisphasen oder im Vorbereitungsdienst adäquat zu bewältigen (z. B. Diez, 2010). Am Ende der Lehrerbildung bzw. der Wirkkette steht dann die Fähigkeit zur Gestaltung lernwirksamen Unterrichts. In bisherigen Arbeiten konnte allerdings empirisch kein systematischer Zusammenhang zwischen Aspekten der Kompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften und der Qualität ihres Handelns im Unterricht und dem Lernzuwachs ihrer Schülerinnen und Schüler beobachtet werden (Korneck, Krüger & Szogs, 2017; Cauet, 2016; Vogelsang, 2014; Liepertz, 2017). Es ist daher unklar, ob und wie Studierende im Verlauf ihres Studiums überhaupt die notwendigen Handlungsressourcen für das Unterrichten im Fach Physik entwickeln. Ein Grund für die bisher beobachteten schwachen Zusammenhänge könnte darin liegen, dass realer Unterricht eine Vielzahl von Einflussvariablen aufweist, die kaum kontrolliert werden können. Um daher genauer analysieren zu können, ob und an welcher Stelle die Wirkkette der Lerngelegenheiten für professionelle Kompetenz im Verlaufe der Ausbildung zur Handlungsqualität im Unterricht möglicherweise abbricht, wird im Projekt Profile-P+ die Entwicklung von Kompetenz und Performanz im Physiklehramtsstudium mit Hilfe standardisierter Performanztests untersucht.

Ziele & Forschungsfragen

Im Projekt Profile-P+ werden bezogen auf die skizzierten bisherigen Forschungsergebnisse die folgenden drei übergreifenden Forschungsfragen bearbeitet:

1. Wie hängen fachliche und fachdidaktische Kompetenz von Physiklehramts-studierenden zusammen mit der Performanz in drei Standardanforderungen des Lehrerberufs?
    - Unterrichtsplanung
    - Erklären von Physik
    - Unterrichtsreflexion
2. Wie entwickelt sich die fachliche und fachdidaktische Kompetenz von Physiklehramtsstudierenden im Verlauf des Bachelorstudiums?
3. Wie entwickeln sich Professionskompetenz und Performanz von Physiklehramts-studierenden in verschiedenen Praxissemesterkonzeptionen?

Theoretischer Rahmen

Professionelle Kompetenz von Physiklehrkräften beinhaltet angelehnt an das Modell von Baumert & Kunter (2006) fachliche und fachdidaktische Bestandteile, die sich wiederum strukturell nach Wissensdimensionen modellieren lassen (Riese et al., 2015) (Abb. 1). Gemäß dem Modell der Wirkkette bzw. dem Expertenparadigma folgend (Vogelsang, 2014), wird angenommen, dass zwischen Kompetenzausprägungen und der Handlungsqualität in

typischen Anforderungssituationen für Physiklehrkräfte positive Zusammenhänge bestehen. Daher wird im Projekt Profile-P+ der Zusammenhang zwischen Kompetenzen und der Performanz in den drei Standardanforderungen Physikunterricht planen, Physik erklären (als Teil der Unterrichtsdurchführung) und Physikunterricht reflektieren betrachtet (Vogelsang et al., 2016).

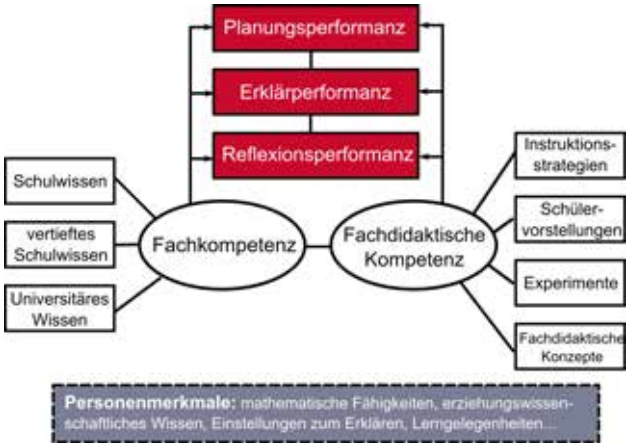


Abb. 1 Profile-P+ - Theoretisches Rahmenmodell

Um weitere mögliche Einflussvariablen auf den Zusammenhang zu überprüfen, werden zudem eine Reihe weiterer Personenmerkmale betrachtet (z. B. mathematische Fähigkeiten, Einstellungen zum Erklären, erziehungswissenschaftliches Wissen, Lerngelegenheiten, Unterrichtserfahrungen). Zur Abbildung der Entwicklung, werden Kompetenz und Performanz längsschnittlich erfasst.

Design

Die Untersuchung der Forschungsfragen erfolgt an zwei Längsschnittkohorten. Zum einen wird die fachliche und fachdidaktische Kompetenz von Bachelorstudierenden des Lehramts Physik (Beginn: WS 16/17, WS 17/18) im Verlaufe des Studiums zu drei Messzeitpunkten im *survey*-Design erhoben (Abb. 2). Zusätzlich werden Daten zum Studienverlauf erfasst (z. B. abgeschlossene Veranstaltungen). Bisher wurden Studierende an elf Hochschulen in Deutschland und einer Hochschule in Österreich befragt.

Abb. 2 Längsschnittdesign Bachelorstudium

Zum anderen werden an den Standorten Aachen, Bremen, Paderborn und Potsdam die Kompetenz und Performanz von Physiklehramtsstudierenden im Masterstudium in einem *pre-post-survey*-Design vor und nach dem Absolvieren des Praxissemesters (als Quasi-Intervention) erfasst (Abb. 3). Für Validierungen der Testverfahren, die für Laborsituationen entwickelt wurden, werden zudem reale Unterrichtsentwürfe, die im Rahmen des Praxissemesters in den begleitenden Veranstaltungen von den Studierenden angefertigt werden, herangezogen.

Abb. 3 Längsschnittdesign Masterstudium

Operationalisierungen
Die folgende Tabelle zeigt alle eingesetzten Testinstrumente.

Konstrukt	Instrument	Dauer	Quelle
Fachkompetenz	*paper-pencil* (geschlossen)	50 Min.	Enkrott, Buschhüter & Borowski (in d. Band)
Fachdidaktische Kompetenz	*paper-pencil* (geschlossen, offen, Vignetten)	65 Min.	Gramzow (2015)
Mathematische Fähigkeiten	*paper-pencil* (Rechentest)	25 Min.	Riese et al. (2015)
Erziehungsw. Kompetenz	*paper-pencil* (geschlossen, offen, Vignetten)	15 Min.	Riese (2009)
Planungsperformanz	Planungsaufgabe (unter Zeitdruck)	60 Min.	Schröder, Vogelsang & Riese (in d. Band)
Erklärperformanz	Rollenspielszenario	20 Min.	Kulgemeyer & Tomczyszyn (2015)
Reflexionsperformanz	Onlinebasierte Peer-Reflexion	70 Min.	Kempin, Kulgemeyer & Schecker (in d. Band)

Tab. 1 Profile-P+: Übersicht über die Erhebungsinstrumente

Während die Kompetenzaspekte der Studierenden mit Hilfe gängiger *paper-pencil*-Testverfahren erhoben werden, werden zur Erfassung der Handlungsqualität in den drei Standardanforderungen Performanztests verwendet. In solchen Tests wird das Handeln der angehenden Lehrkräfte in standardisierten, berufsnahen Situationen „in vitro“ (angelehnt an die Ausbildung von angehenden Medizinern, Miller, 1990) beobachtet und mit Hilfe geeigneter Verfahren kategorienbasiert ausgewertet (Kulgemeyer, Riese, Borowski, Schreiber & Vogelsang, in diesem Band). Ein Teil der Instrumente wurde bereits im Vorgängerprojekt Profile-P validiert und eingesetzt (Riese et al., 2015). Der Test zur Erfassung fachlicher Kompetenz wurde in Profile-P+ weiterentwickelt, während es sich bei den Performanztests zur Unterrichtsplanung und –reflexion um gänzliche Neuentwicklungen handelt (Tab. 1)

Zwischenstand & Ausblick
Die ersten Erhebungen wurden im Wintersemester 2016/2017 und im Sommersemester 2017 durchgeführt. Zurzeit liegen Daten von ca. N_B=450 Bachelorstudierenden (Kompetenzaspekte) und ca. N_M=45 Masterstudierenden (Kompetenzaspekte & Performanz) vor. Die nächsten Projektschritte umfassen die weitere Entwicklung und Validierung insbesondere der Auswerteverfahren für die Tests zur Planungs- und Reflexionsperformanz sowie weitere Datenerhebungen. Mittelfristig sollen Zusammenhangsanalysen zwischen Kompetenz und Performanz vorgenommen werden. Weitere Detailinformationen finden sich in weiteren Beiträgen zu Teilfragestellungen des Projekts in diesem Band (Literatur in Tab. 1).

Hinweis
Profile-P+ wird gefördert im Rahmen des BMBF-Rahmenprogramms KoKoHs (FKZ 01PK15005A-D).

Literatur

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

Cauet, E. (2016). *Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*. Berlin: Logos.

Diez, M. E. (2010). It Is Complicated: Unpacking the Flow of Teacher Education's Impact on Student Learning. *Journal of Teacher Education*, 61(5), S. 441–450

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

Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik*. Berlin: Logos.

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

Liepertz, S. (2017) Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, dem sachstrukturellen Angebot des Unterrichts und der Schülerleistung. Berlin: Logos

Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine*, 65(9), S. 563–567.

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. 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 S. Blömeke, & O. Zlatkin-Troitschanskaia (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.

Vogelsang, C., Borowski, A, Fischer, H.E., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., Riese, J. & Schecker (2016). Profile-P+ - Professional Competence in Academic Physics Teacher Education. In H. Pand et al. (Hrsg.). *Modelling and Measuring Competencies in Higher Education – Validation and Methodological Innovations (KoKoHs). Overview of the Research Projects*. URL: www.kompetenzen-im-hochschulsektor.de/617_DEU_HTML.php

Patrick Enkrott Universität Potsdam
David Buschhüter
Andreas Borowski

Modeling and Development of Professional Content Knowledge of Pre-Service Physics Teachers

Should pre-service physics teachers attend theoretical physics classes if they only teach school knowledge? Research assumes teachers' content knowledge (CK) to be of vital importance for teaching physics. Nevertheless, we still don't fully understand the role of highly formalized university physics courses in the development of knowledge important to a physics teacher.
The study examines the development of CK of pre-service physics teachers in a longitudinal study during their teacher education at university. We divide CK into school-, and more advanced types of knowledge. CK is examined using a standardized test at twelve different German universities at different measuring times (N = 182). Mapping learning gains in dependence of courses taken part in, it is possible to investigate which courses lead to learning gains regarding the different types of knowledge. First results indicate that we will be able to show that formalized university physics courses also lead to a better understanding of school physics. Based on our results we will give guidance related to the question which types of courses should be strengthened in teacher education. This study also sets the base for investigations regarding the relation between the different types of CK and indicators of effective teaching practice.

Rational and Goal: Development of relevant Content Knowledge for successful teaching

Do highly formalized university physics courses improve future physics teachers' performance in classroom practice and understanding of school knowledge?
Research regards content knowledge as a key resource for teaching but it is uncertain which parts of the content knowledge are more or less important for successful classroom practice. It is further uncertain whether the learning of university physics knowledge improves the understanding of school physics. In order to address these two research gaps, it is first necessary to develop a model which distinguishes between different curricular dimensions of CK. This study`s first goal is to validate such a model of CK in mechanics using a standardized test. The second goal is to use this test in a longitudinal study in order to find out how pre-service physics teachers' CK develops with regard to the different types of courses they attend. As this study is part of a larger project we present the framework of the project first.

Context of this study and project framework

Research assumes teachers' professional knowledge, as an aspect of teachers' professional competence (Baumert & Kunter, 2013), to be necessary for successful teaching (Riese, 2010; Woitkowski et al., 2011). With some exceptions (Sadler et al., 2013), recent studies had issues showing the relation between professional knowledge and student outcomes (e.g. Liepertz, 2017). These issues can be explained by the model of Gess-Newsome (2015). It assumes filters and amplifiers (e.g. beliefs, context, prior knowledge) moderating the relation between professional knowledge, classroom practice and learning outcomes. These filters and amplifiers could be covering the statistical relations between professional knowledge and learning outcomes.

The study is embedded in a larger project whose goal it is to evaluate the relations between professional knowledge and classroom behavior (explaining physics, planning and reflecting a physics lesson). The project uses more standardized testing environments to answer the question, what happens with the relation between the professional knowledge base and classroom practice if we reduce the influence of filters and amplifiers? Within this project, this study's goal is to provide a valid model of CK and the related standardized test, which can differentiate between different types of knowledge in order to find out which types of knowledge are most vital for classroom practice.

Theoretical Framework of Content Knowledge

CK, as a component of teachers' professional knowledge, is described by different models. Shulmann (1986) differentiates between content knowledge (CK), pedagogical content knowledge (PCK) and pedagogical knowledge (PK). Quite similar, Julie Gess-Newsome (2015) describes professional knowledge as the bases for teaching as consisting of assessment-, pedagogical-, content-, curricular knowledge and knowledge of students.

As CK is of a high research interest, the concept itself has been further specified by several studies (e.g. Ball, Thames, & Phelps, 2008; Heinze et al., 2016; Riese, 2009). In line with (Kirschner 2013; Riese 2011) we distinguish between three dimensions of knowledge: school-, university- and deeper school knowledge (SK, UK, DSK). School knowledge is described by the official school curricula and university knowledge can be operationalized by the university curriculum. Deeper school knowledge, based on (Riese et. al., 2015) is defined as (1) identifying relations between physics ideas, (2) handling model limitations, and (3) identifying suitable problem solving approaches. As described by (Riese, 2010) this knowledge is assumed to be of special importance for teachers.

Even if research acknowledges the importance of CK (Baumert et al., 2010; Krauss et al., 2008) we know little about the development of CK during teacher education in physics (Woitkowski & Reinhold, 2017; Sorge et al., 2017).

In order to provide a valid model to investigate the relations between the different types of CK and simulated classroom performance we derive research question 1:

> RQ1: Is the postulated 3D-model a valid empirical model for CK of pre-service physics teachers?

To address the lack of knowledge on the development of CK in the physics teachers' university education we pose research question 2:

> RQ2: Which types of courses lead to which learning gains in the dimensions of CK?

Design

To answer these questions, we administer a standardized test longitudinally to N = 143 (more expected) pre-service physics teachers at different universities. The test is conducted at three different measuring times in a bachelor cohort at twelve different German universities and also at two times in a master cohort with a pre-post design at four different universities.

In order to answer RQ1 the standardized test assigned to the dimensions (SK, UK, DSK) was constructed. In order to investigate the structure of the test data, we compared Rasch Models with different dimensions.

The longitudinal design of this study is a necessary condition to answer RQ2. To connect the students' learning gains in the dimensions of CK (SK, UK, DSK) to the courses they took, pre-service physics teachers have to report which courses they have already passed and the grades they achieved in these courses.

Analysis & Findings

Until now we collected data of the first measurement point in the bachelor (N = 143) and master (N = 39) cohort. In the following we will present results of a quasi-longitudinal comparison between these bachelor and master students using Rasch-Measurement. This provides us with first evidence to answer RQ2. In order to provide a first answer to RQ1 we added test responses of 230 students studying the research-oriented physics bachelor program to the sample to get more accurate model estimates.

With regard to RQ1 the reassignment of items to the dimensions of CK was successful (Agreement 96%, κ = 0.948***). All information and fit criteria in table 1 show that the three dimensional model is to be preferred. As expected, WLE-Reliabilities of UK and DSK are low because the sample mainly consists of students who do not possess UK and DSK yet. We are confident that this will improve in the course of students' university education.

Table 1 First results from a WLE comparison of 3D and 1D model of CK for bachelor and master

	1D Model	3D Model		
AIC	22233		22052	
BIC	22422		22261	
		SK	**DSK**	**UW**
Rel. (WLE)	0.80	0.74	0.38	0.34
Rel. (EAP	0.80	0.82	0.72	0.82
χ^2-Test		χ^2= 191.87; p>.001		

Table 2 shows that the master students possess significantly higher knowledge measures in all three dimensions with medium to high effect sizes. This result yields optimism that, with regard to RQ2, we will be able to show that university courses lead to a significant improvement in all dimensions of CK.

Table 2 First results from a comparison of WLE-measures of bachelor vs. master students by dimension in a quasi-longitudinal comparison

	Bachelor		Master				
Dimension	M	SD	M	SD	Cohen's d	t(df)	p
SK	-0,099	1,111	0,886	1,136	0.88	-5,17(46)	< .001
DSK	-0,036	0,798	0,518	1,006	0.68	-3,33(43)	.002
UK	-0,057	0,809	0,556	0,795	0.76	-4,621(48)	< .001

Discussion

Even if the results above are preliminary they already provide first evidence that CK can be described as a three dimensional construct, in which DSK is believed to be of special importance for teachers (e.g. Ball et al., 2008; Heinze, et al. 2016). In this study, we successfully operationalized this form of CK and provided evidence that it can be regarded as a separate dimension of knowledge. This is in line with the results on a similar form of CK (Woitkowski & Riese, 2017).

The results also show significant differences between bachelor and master students with considerable effect sizes. Despite the expected low WLE-reliabilities (EAP-Reliabilities are good to sufficient), this provides evidence that we will be able to measure individual development in all postulated dimensions of CK. The study will provide valuable insights regarding the development of professional knowledge in teacher education and will lead to implications on the question which types of courses should be strengthened.

Acknowledgement
Profile-P+ project is supported by the BMBF-Rahmenprogramm KoKoHs (FKZ 01PK15005A-D).

References

Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, *59*(5), 389–407. https://doi.org/10.1177/0022487108324554

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., ... Tsai, Y.-M. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, *47*(1), 133–180. https://doi.org/10.3102/0002831209345157

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In A. Berry (Ed.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28–42). New York: Routledge.

Heinze, A., Dreher, A., Lindmeier, A., & Niemand, C. (2016). Akademisches versus schulbezogenes Fachwissen – ein differenzierteres Modell des fachspezifischen Professionswissens von angehenden Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe [Academic versus school-related content knowledge - a differentiated model of the subject-specific professional knowledge of prospective secondary school mathematic teachers]. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, *19*(2), 329–349. https://doi.org/10.1007/s11618-016-0674-6

Kirschner, S. (2013). Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften [Modeling and Analyzing Professional Knowledge of Pre-Service Physics Teachers]. Logos Verlag. Berlin

Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., & Jordan, A. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, *100*(3), 716–725. https://doi.org/10.1037/0022- 0663.100.3.716

Baumert, J., & Kunter, M. (2013). The COACTIV model of teachers' professional competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Eds.), Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers. Results from the COACTIV project (pp. 25-48). Springer, New York.

Liepertz, S. (2017). Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, dem sachstrukturellen Angebot des Unterrichts und der Schülerleistung [The Relation between Professional Knowledge of Physics Teachers, Lesson Structure and Student Performance]. Logos Verlag. Berlin.

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften* [Professional knowledge and competence of action of (prospective) physics teachers]. Logos Verlag, Berlin.

Riese, J. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Wirksamkeit der universitären Lehrerbildung. Indizien für notwendige Veränderungen der fachlichen Ausbildung von Physiklehrkräften. [Empirical Evidence for Changes in Subject Matter Education of Pre-Service Physics Teachers] In. Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 1(9), S. 25-33.

Shulman, L. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. Educational Researcher, 15(2), 4–14. https://doi.org/10.3102/0013189X015002004

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. [Modelling and Measuring Professional Knowledge in Physics' Teacher Education]In S. Blömeke, & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.). *Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik* (S. 55-79). Weinheim: Beltz.

Sadler, P. M., Sonnert, G., Coyle, H. P., Cook-Smith, N., & Miller, J. L. (2013). The Influence of Teachers' Knowledge on Student Learning in Middle School Physical Science Classrooms. *American Educational Research Journal*, *50*(5), 1020–1049. http://doi.org/10.3102/0002831213477680

Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S. & Neumann, K. (2017). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. Interenational Journal of Science Education. http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2017.1346326

Woitkowski, D., & Reinhold, P. (2017). Fachwissenserwerb in der Studieneingangsphase Physik [Content knowledge gains in the Intial Phase of the Physics Program]. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016* (pp. 532–534). Regensburg: Universität Regensburg.

Woitkowski, D., Riese, J., & Reinhold, P. (2011) Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte [Modeling Physics Competence of Pre-Service Physics Teachers]. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17, 289–313.

Sandra Stegemann Universität Duisburg-Essen
Stefan Rumann

Sachunterricht: Diagnostische Fähigkeiten im Praxissemester fördern

Ausgedehnte Praxisphasen im universitären Lehramtsstudium werden in der Regel subjektiv positiv bewertet. Sachunterrichtsstudierende im Masterstudium an der Universität Duisburg-Essen berichten zum Beispiel, dass sie die Erfahrungen im Rahmen des Praxissemesters als sehr wichtig für den späteren Einstieg in den Vorbereitungsdienst empfänden. Der unmittelbare Kontakt zu den Kindern und den Lehrpersonen gebe ihnen einen realistischen Einblick *„wie Schule läuft"* und *„was in der Schule wichtig ist"*. Von bildungspolitischer Seite werden hohe Erwartungen mit dem Praxissemester verbunden. Ein Einblick in die *Rahmenkonzeption zur strukturellen und inhaltlichen Ausgestaltung des Praxissemesters im lehramtsbezogenen Masterstudiengang* in Nordrhein Westfalen[1] (MSW, 2010) zeigt eine große Breite an intendierten Lern- und Entwicklungszuwächsen. Gemäß der hohen Relevanz diagnostischer Fähigkeiten von Lehrkräften für die Initiierung tragfähiger Lernprozesse im Unterricht (Helmke & Schrader, 1989 zit. in Helmke, 2012; Brunner et al., 2012) finden sich auch dort entsprechende Kompetenzbeschreibungen mit Bezug zu diagnostischen Fähigkeiten wieder. Dabei umfassen diese die gesamte Bandbreite diagnostischer Tätigkeiten einer Lehrkraft, wie sie zum Beispiel Ingenkamp & Lissmann (2008) beschreiben: von der Ermittlung des Lernstandes der Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Unterrichts bis hin zum Entwurf entsprechender Lernzielkontrollen und der Beurteilung der Lernfortschritte der Schülerinnen und Schüler (MSW, 2010). Damit Studierende die notwendigen diagnostischen Fähigkeiten während des Praxissemesters auf- sowie ausbauen können, benötigen sie entsprechende Lerngelegenheiten. Unklar ist derzeit jedoch noch, welche Lerngelegenheiten zu den curricular verankerten diagnostischen Fähigkeiten im Sachunterricht am Lernort Schule bereits implementiert bzw. welche Lerngelegenheiten zum Erwerb diagnostischer Fähigkeiten unter den Rahmenbedingungen im Sachunterricht überhaupt theoretisch möglich sind (Hascher, 2012; König et al., 2014). Das vorliegende Projekt setzt an dieser Stelle an. Ziel ist es, Lerngelegenheiten im Sachunterricht zu identifizieren und zu operationalisieren, in denen sich die in den Kompetenzen und Standards abgebildeten diagnostischen Fähigkeiten fördern lassen.

Lerngelegenheiten: Grundlage für studentische Lernprozesse

Auf der Grundlage des *Modells der Determinanten und Konsequenzen der professionellen Kompetenz von Lehrkräften* aus dem COACTIV-Forschungsprogramm (Kunter, Kleickmann, Klusmann & Richter, 2011; S. 59) werden explizit geschaffene Lerngelegenheiten, wie sie in der universitären Ausbildung zu finden sind, als Voraussetzung für die Entwicklung der professionellen Kompetenz von Lehrkräften angesehen. Ergebnisse aus der Nachfolgestudie COACTIV-R (Kleickmann & Anders, 2011) bestätigen mit moderaten Effektstärken, dass Unterschiede in den explizit bereitgestellten formalen[2] Lerngelegenheiten Auswirkungen auf die Entwicklung der professionellen Kompetenz besitzen. Betrachtet man nun diagnostische Fähigkeiten als Teil der professionellen Kompetenz von Lehrkräften (Brunner et al. 2011), kann man davon

[1] Im Folgenden NRW

[2] Formale Lerngelegenheiten sind dadurch gekennzeichnet, dass Sie in einem spezifischen Lehr-Lernsetting eingebunden sind und zu einem formalen Abschluss führen. Davon zu unterscheiden sind z.B. nonformale Lerngelegenheiten, die außerhalb von ausgewiesenen Bildungseinrichtungen angeboten werden und nicht unbedingt in einem formalen Abschluss münden (Kunter, Kleickmann, Klusmann & Richter, 2011)

ausgehen, dass diese durch Lerngelegenheiten gefördert werden können. In der Praktikumssituation kommt der Theorie-Praxis-Verknüpfung eine besondere Bedeutung zu. So werden Lernprozesse der Studierenden in den verschiedenen universitären Veranstaltungsformen über die Auseinandersetzung mit Theorien und Konzepten angeregt bzw. organisiert (Arnold et al., 2011). Aber wie sieht es mit der Gestaltung von Lerngelegenheiten am Lernort Schule aus? In der Praktikumssituation müssen das akademische Reflexionswissen (Radtke & Webers, 1998) und (sach)unterrichtliche Handlungssituationen zueinander in Beziehung gesetzt werden. In Anlehnung an Arnold et al. (2011) können Lerngelegenheiten am Lernort Schule demnach als *„Lernanlässe"* bezeichnet werden, *„die sich aus dem Handeln im Praktikum ergeben"* und *„den Studierenden gerichtete Erfahrungen"* ermöglichen (Arnold et al., 2011, S. 224). Bezogen auf das vorliegende Projekt werden Lerngelegenheiten im Praxissemester somit als explizit geschaffene Handlungssituationen für Studierende definiert, in denen diese diagnostische Tätigkeiten im Fach Sachunterricht durchführen bzw. sich mit diagnostischen Fragestellungen theoriegeleitet auseinandersetzen können. Die Ermöglichung bzw. das Angebot dieser Handlungssituationen erfolgt durch die ausbildenden Lehrkräfte und den Fachleitungen Sachunterricht. Folgende Tabelle zeigt die Einbettung dieser in die vorgesehenen Lehr-Lernsettings laut Rahmenkonzeption (MSW, 2010):

Tab. 1: Lehr-Lernsettings im Praxissemester für den Lernort Schule

Angebote der Lehrkräfte (LK)	**Angebote der Fachleitungen (FL)**
Unterrichtshospitation	Einführungsveranstaltung
Planung und Durchführung von eigenem Unterricht + Reflexion	Reflexion der Unterrichtsplanung & Unterrichtsdurchführung (Praxisberatung)
Durchführung eines Studienprojekt	

Vor dem Hintergrund des vielfach diskutierten „Theorie-Praxis-Problems"[3] besitzt die Identifikation von potenziellen Lerngelegenheiten Relevanz für die Praxis und die Lehrerausbildungsforschung. Zur Realisierung dieses Zieles wird in dieser Studie auf die Expertise der Ausbildner am Lernort Schule zurückgegriffen. Dies sind Lehrkräfte sowie Sachunterrichtsfachleitungen, die Erfahrungen mit der Betreuung von Sachunterrichtsstudierende im Praxissemester besitzen.

Forschungsfragen

FF1: Welche Handlungssituationen für Sachunterrichtsstudierende zur Förderung diagnostischer Fähigkeiten im Kontext des Praxissemesters werden von Fachleitungen und Lehrkräften als relevant und umsetzbar angesehen?
FF2: Welche Bedingungen führen zu diesen Einschätzungen?
FF3: Welche der identifizierten Handlungssituationen werden in der Praxis umgesetzt?

Das Interview als erster Zugang zu Ermittlung von potenziellen Lerngelegenheiten – erste Ergebnisse

Zur Generierung der Lerngelegenheiten/Handlungssituationen und Beantwortung der FF1&2 werden zunächst leitfadengestützte Interviews mit Fachleitungen und Lehrkräften geführt und audiographiert (FL = 6 TN / LK = 3 TN). Die Durchführung der ersten vier Interviews

[3] Spannungsverhältnis zwischen akademischer Lehrerausbildung und schulpraktischen Alltag (Weyland & Wittmann, 2015).

fand im Zeitraum zwischen Ende Juni bis Mitte Juli 2017 statt. Nach der Transkription erfolgte in Anlehnung an Kuckartz (2014, S. 78) eine „Initiierende Textarbeit“. Hier werden die fertigen Transkripte mit Blick auf die Forschungsfragen analysiert, indem relevante bzw. auffällige Textstellen markiert werden. Im Folgenden werden erste bemerkenswerte Aussagen aus den Interviews vorgestellt. Einstimmig bewerten alle InterviewteilnehmerInnen das Praxissemester als geeignete Gelegenheit für Studierende, ihre Fähigkeiten dahingehend auszubauen, die Planung von Sachunterricht an den Lernvoraussetzungen Lerngruppe in authentischen Anwendungssituationen ausrichten zu können. Damit unterstützen sie die Relevanz diagnostischer Fähigkeiten und die Umsetzbarkeit der Förderung dieser im Praxissemester auf einer allgemeinen Ebene. Ein differenzierteres Bild ergibt sich bei der Heranziehung der Antworten zu einer weiteren Interviewfrage. Diese Frage zielt darauf ab, die im Kontext der Praxisberatungen bereits wahrgenommenen Handlungssituationen zur Förderungen diagnostischer Fähigkeiten zu erfassen (Ist-Stand-Analyse). Hier äußern die Interviewten, dass derzeit Praxisberatungen noch nicht explizit für die Bearbeitung diagnostischer Fragestellungen genutzt werden. Als Gründe für eine fehlende Implementierung (FF2) führen alle Fachleitungen zum einen die persönlichen Beratungsbedürfnisse der Sachunterrichtsstudierenden an. Hier scheint es so, dass fachdidaktische Fragestellungen für die Studierenden kaum Relevanz besitzen. Obwohl Studierende bereits im Bachelorstudium die Möglichkeit haben, ihr Auftreten vor der Klasse in Praktika zu reflektieren, scheint die Bestätigung dieses Aspektes auch noch zum Zeitpunkt des Praxissemester von besonderer Bedeutung zu sein. Zum anderen sehen Fachleitungen die Notwendigkeit, den fachlichen Hintergrund der Stunde als weiteren Beratungspunkt in die Besprechungen mit einzubringen. Drei Fachleitungen berichten von Schwierigkeiten seitens der Studierenden, diesen angemessen zu klären. Insbesondere bei vermeintlich „leichten“ Themen, scheinen Studierende teilweise wenig kritisch ihr eigenes Wissen im Vorfeld der Stunde zu reflektieren (Interview 1, 2). Die Ermöglichung von explizit geschaffenen diagnostischen Handlungssituationen im Kontext der Praxisberatungen scheinen aus Sicht der Interviewten zudem durch die geringe Anzahl der Praxisberatungen und dem Fehlen von verbindlichen Vereinbarungen bezüglich möglicher Beratungsschwerpunkte erschwert zu werden (z.B. Vorgabe, dass Beratungen im Sachunterricht sich auf eine fachdidaktische Fragestellung beziehen müssen - Interview 4). Auf der Grundlage dieser ersten Sichtung der Textdokumente wäre es verfrüht, Aussagen zur Beantwortung der FF treffen zu wollen. Gleichwohl ergeben sich erste Hinweise auf Stolperstellen, die die Umsetzbarkeit von diagnostischen Handlungssituationen in der Praxis erschweren.

Ausblick – Erhebung weiterer Daten und Auswertung

Im nächsten Schritt folgen noch weitere Interviews mit Fachleitungen (N = 2) und Lehrkräften (N = 3). Nach der Erhebung aller Daten schließt sich eine detailliierte Auswertung an, die sich an der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse orientiert (Mayring, 2015). Die so identifizierten Lerngelegenheiten werden anschließend aufbereitet und zur kommunikativen Validierung (Steinke, 2013) den jeweiligen Interviewteilnehmern zur Verfügung gestellt. Nach Zusammenführung der Ergebnisse werden die von den TeilnehmerInnen nicht berücksichtigten Lerngelegenheiten, die jedoch aus theoretischer Sicht von Belang sein könnten, ergänzt und noch einmal zur Diskussion gestellt. Auf dieser Grundlage entsteht im nächsten Schritt ein Fragebogen, der die Bewertung der Lerngelegenheiten durch eine größere Gruppe von Ausbildnern (LK ≈ 100-150 TN; FL ≈ 25) ermöglicht. Zur Beantwortung der FF3 wird begleitend zum Praxissemester ein weiterer Fragebogen eingesetzt, der die tatsächlich vorgefunden Lerngelegenheiten über zwei Kohorten bestimmen möchte (N: FL ≈ 3 TN; LK ≈ 50; Sachunterrichtsstudierende ≈ 50).

Literatur

Arnold, K.-H., Hascher, T., Messner, R., Niggli, A., Patry, J.-L. & Rahm, S. (2011). *Empowerment durch Schulpraktika: Perspektiven wechseln in der Lehrerbildung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Brunner, M., Anders, Y., Hachfeld, A.& Krauss, S. (2011). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 215-234), Münster: Waxmann.

Hascher, T. (2012). Lernfeld Praktikum – Evidenzbasierte Entwicklungen in der Lehrer/innenbildung. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, *2*(2), 109–129

Hascher, T., & Wepf, L. (2007). Lerntagebücher im Praktikum von Lehramtsstudierenden. *Empirische Pädagogik*, 21(2), 101–118

Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Selze-Velber: Friedrich Verlag GmbH

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

Kleickmann, T. & Anders, Y. (2011). Lernen an der Universität. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 305-315), Münster: Waxmann.

König, J., Tachtsoglou, S., Darge, K. & Lünnemann, M. (2014). Zur Nutzung von Praxis: Modellierung und Validierung lernprozessbezogener Tätigkeiten von angehenden Lehrkräften im Rahmen ihrer schulpraktischen Ausbildung. Zeitschrift für Bildungsforschung, 4(1), 3-22

Kuckartz, U. (2014). *Qualitative Inhaltsanalyse*. *Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz Juventa

Kunter, M, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 305-315), Münster: Waxmann.

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

Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW (2010). *Rahmenkonzeption zur strukturellen und inhaltlichen Ausgestaltung des Praxissemesters im lehramtsbezogenen Masterstudiengang*. Aufgerufen über: https://www.schulministerium.nrw.de/docs/LehrkraftNRW/Lehramtsstudium/Reform-der-Lehrerausbildung/Wege-der-Reform/Endfassung_Rahmenkonzept_Praxissemester_14042010.pdf [Zugriff: 30.08.2016]

Radtke, F.-O., & Webers, H.-E. (1998). Schulpraktische Studien und Zentren für Lehramtsausbildung: Eine Lösung sucht ihr Problem. *Die deutsche Schule*, 90(2), 199–216

Steinke, I. (2013). Gütekriterien in der qualitativen Forschung. In: Flick, U. et al. (Hrsg.). *Qualitative Forschung. Ein Handbuch*, (S. 319-331), Reinbek b. Hamburg: Rohwolt Taschenbuch

Weyland, U. & Wittmann, E. (2015). Langzeitpraktika in der Lehrerausbildung in Deutschland: Stand und Perspektiven. *Journal für LehrerInnenbildung*, 15(1), 8–21

Michael Szogs
Marvin Krüger
Friederike Korneck

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Reflexion lernrelevanter Situationen des Physikunterrichts
Einfluss von Feedback und Reflexionen auf die Qualität von Unterricht

Für (angehende) Lehrpersonen spielt die Reflexion von Unterrichtsprozessen in der Weiterentwicklung ihrer professionellen Kompetenz und Unterrichtsqualität eine zentrale Rolle (Vermunt & Endedijk, 2011). Im Rahmen dieser Studie wird der direkte Einfluss einer kollegialen Reflexion auf die Veränderung von Unterrichtsqualität im Rahmen von Microteaching untersucht.

Hintergrund

Reflexion ist für Lehrpersonen als Brücke zwischen theoretischem Wissen und praktischem Handeln zentral im Prozess ihrer Professionalisierung (Korthagen, 2002). Verortet im Modell der Determinanten und Konsequenzen professioneller Kompetenz von Kunter et al. (2011) bedingt die Reflexion die Nutzung von Lerngelegenheiten und führt bei Gelingen zu einer positiven Entwicklung der professionellen Kompetenz, welche sich wiederum in einer Verbesserung der Qualität zukünftiger Unterrichtssituationen niederschlägt. Somit ist es ein zentrales Ziel der Lehrerbildung, die selbstständige Weiterentwicklung im Beruf (Bransford et al., 2005; Hammerness et al., 2005) bzw. die Reflexionsfähigkeit von Lehrpersonen zu fördern (KMK, 2014; Hiebert et al., 2007).

Mit der Reflexion von Erfahrungen ist dabei ein mehrschrittiger kognitiver Prozess kritischer Auseinandersetzung mit einem bestimmten Gegenstand bzw. Inhalt zum Ziel der Erkenntnisgewinnung gemeint. Bei diesem Prozess lassen sich die aufeinanderfolgenden Phasen des Bewusstwerdens einer Situation, ihre konkrete Beschreibung, ihre Bewertung und das Generieren von Handlungsoptionen in zukünftigen ähnlichen Situationen unterscheiden (Linninger, 2016; Dewey, 1910; Atkins & Murphy, 1993).

Empirische Untersuchungen nehmen in der Regel die sogenannte ‚reflection on action' (Schön 1983; Zeichner & Liston, 2014) in den Blick, welche zwar in engem Verhältnis zu situationsspezifischen Fähigkeiten wie der professionellen Wahrnehmung steht, jedoch aufgrund des fehlenden Handlungsdrucks von diesen abzugrenzen ist. Dabei zeigt die Reflexion von Unterrichtsprozessen positive Effekte, bspw. auf Lehr-Lern-Überzeugungen und die Entwicklung von Wissen zur Klassenführung (Decker et al., 2015; Voss et al., 2016). Systematische Untersuchungen des Zusammenhangs der Reflexion zum professionellen Unterrichtshandeln sind allerdings ausstehend (Linninger, 2016).

Forschungsfragen

Es soll untersucht werden, wie fachdidaktisches Lernen stattfindet bzw. genauer, wie angehende Physiklehrkräfte Erkenntnisse einer fachlichen Unterrichtsreflexion in nachfolgendem Unterrichtshandeln umsetzen und inwiefern dies einen Zuwachs ihrer professionellen Kompetenz zur Folge hat. Daher sollen folgende Forschungsfragen betrachtet werden:

1) In welcher Breite, Tiefe und Güte erfolgen das Feedback und die Reflexion von Unterrichtsminiaturen in einem unterrichtspraktischen Seminar?

2) Wie gut können die Unterrichtenden das erhaltene Feedback in eine Steigerung ihrer Unterrichtsqualität umsetzen?

Setting

Zur Überprüfung des Einflusses von Reflexion auf Unterrichtsqualität wird die Erhebung an das phasenübergreifende, praxisnahe Seminar ‚Unterrichtsversuche mit Videofeedback' gekoppelt, bei dem Lehramtsstudierende und Referendare der Physik Unterrichtsminiaturen gestalten und auf vielfältige Art reflektieren (Sach & Korneck, 2006).

Wie der in Abbildung 1 skizzierte Seminarverlauf zeigt, unterrichten zu Beginn jedes Unterrichtstags fünf angehende Lehrpersonen jeweils eine in sich abgeschlossene Unterrichtsminiatur von etwa 12 Minuten Länge. Daran anschließend reflektieren sie in einer kollegialen Feedbackrunde ihren Unterricht mit dem Ziel, dessen Stärken und Schwächen aufzudecken, um ihn für eine am selben Tag stattfindende zweite Durchführung durch (kleinere) Reorganisationen zu verbessern. Im Weiteren untersuchen sie vergleichend ihre beiden Unterrichtsdurchgänge und schließen das Seminar mit einem Reflexionsbericht ab.

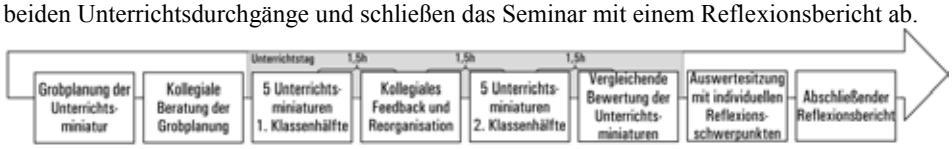


Abb. 1: Ablauf der Reflexions- und Unterrichtsphasen des Seminars

Durch die unmittelbar an die Reflexion angeschlossene zweite Durchführung des Unterrichts sind die Teilnehmer(innen) dazu gezwungen, die relevanten Situationen ihres Unterrichts zu identifizieren und adäquate Handlungsoptionen zu generieren. Gleichzeitig herrscht durch die enge Taktung der Unterrichts- und Reflexionsphasen innerhalb eines Tages ein im Lehrerberuf typischer erhöhter Handlungsdruck.

Zusätzlich zu den fünf unterrichtenden Lehrpersonen hospitieren an jedem Unterrichtstag fünf weitere Seminarteilnehmer(innen) den Unterricht, sodass jede(r) Teilnehmer(in) insgesamt an Reflexionen von zehn Lehrpersonen beteiligt ist. Zur Ermöglichung einer Untersuchung der Reflexionsphasen werden diese videografiert. Im Folgenden werden erste Erfahrungen aus zwei Fallanalysen und das geplante weitere Vorgehen der Analyse dargestellt.

Kontrastierende Fallanalysen

Zum Zwecke der Pilotierung wurden aus einem Pool von 125 angehenden Physiklehrkräften gezielt zwei Lehrpersonen für gegenüberstellende Fallanalysen ausgewählt. Von allen Lehrpersonen liegen Ratings der Unterrichtsqualität beider Miniaturen vor, sodass die Entwicklung der Qualität ihres Unterrichts zwischen der ersten und zweiten Miniatur verglichen werden kann. Für die Fallanalysen wurden dabei jeweils eine Person aus dem oberen und unteren Teil des Spektrums ermittelt: Lehrperson A mit einer besonders auffälligen Steigerung der Gesamtperformanz von 1.7 auf 2.2 und Lehrperson B mit moderaten Minderung der Unterrichtsqualität von 2.1 auf 1.9. Anhand dieses kontrastierenden Vergleichs soll ermittelt werden, welche Art von Varianz in den Feedbackrunden und den abschließenden Reflexionen zu erwarten ist, auf welche Bereiche diese entfällt und wie sich diese auf eine Veränderung der Unterrichtsqualität niederschlägt.

Die Fallanalysen werden im Weiteren in folgenden Unterteilungen dokumentiert: Charakterisierung ihrer Feedback- und Reorganisationsphasen, Beurteilung der Entwicklung ihrer Unterrichtsqualität, Abgleich dieser mit den Videoratings und Bewertung der angeschlossenen Reflexionen.

Vergleicht man zunächst die *Feedback- und Reorganisationsphase* der beiden Fälle, ist festzuhalten, dass bei Lehrperson A gezielt die Stärken und Schwächen des Unterrichts identifiziert, günstige Alternativen besprochen und von Lehrperson A in ein schlüssiges Gesamtkonzept integriert werden. Dahingehend verläuft bei Lehrperson B die Reflexion in weiten Teilen auf Ebene der Sichtstruktur und resultiert in keiner systematischen Reorganisation.

Dies überträgt sich auf das Gelingen der zweiten Unterrichtsminiatur und schlägt sich in einer *Entwicklung der Unterrichtsqualität* nieder. Hier ist der Unterricht bei Lehrperson A gleichermaßen kognitiv aktivierender, kohärenter und strukturierter als in der ersten, sodass die Schüler(innen) selbstständiger arbeiten. Bei Lehrperson B werden im Unterricht keine Verbesserungen erkennbar. Stattdessen verliert sie an inhaltlicher Kohärenz, sodass im Vergleich zur ersten Miniatur die übergeordnete Fragestellung unklarer ist und die Schüler(innen) nicht richtig in die Arbeitsphasen finden.

Tab. 1: Entwicklung der Unterrichtsqualität zwischen erstem und zweitem Durchgang auf Ebene der Basisdimensionen (range: 0 - 3)

Veränderung der	Kognitiven Aktivierung	Konstruktiven Unterstützung		Klassenführung
		affektiv	strukturell	
Lehrperson A	1.3 □ 1.9	1.4 □ 2.1	2.0 □ 2.4	2.2 □ 2.4
Lehrperson B	2.1 □ 1.6	1.9 □ 1.7	2.3 □ 2.3	2.4 □ 2.2

In Tabelle 1 ist zu sehen, dass sich dieses Ergebnis auch im *Rating der Unterrichtsqualität* zeigt und sich Lehrperson A in allen vier Basisdimensionen verbessert, während sich die Unterrichtsqualitätsaspekte von Lehrperson B verringern und stagnieren. Bei beiden finden die größten Änderungen im Bereich der kognitiven Aktivierung statt, Lehrperson A steigert zusätzlich die affektive konstruktive Unterstützung bedeutend.
Auch in den an die zweite Unterrichtsminiatur *angeschlossenen Reflexionen* werden prägnante Unterschiede zwischen den beiden Lehrpersonen ersichtlich. Lehrperson A vermag es, die zentralen Unterschiede zwischen ihren beiden Unterrichtsminiaturen fokussiert zusammenzufassen und zu begründen, worauf diese zurückzuführen sind. Auch führt sie regelmäßig Perspektivwechsel durch und betrachtet den Unterricht auch aus der Schülerrolle. Demgegenüber beschreibt Lehrperson B ihren Unterricht sehr narrativ und wiederum lediglich auf Ebene der Sichtstruktur. Sie führt zwar regelmäßig Bewertungen auf, bei denen sie einzelne Unzufriedenheiten in der Entwicklung zwischen den Miniaturen benennt, kann sie jedoch nicht auf konkrete Qualitätsmerkmale ihres Unterrichts zurückführen.

Ausblick

Die auf Basis der Fallanalysen gewonnen Erkenntnisse hinsichtlich der zu erwartenden Varianzquellen sollen im Weiteren in der Erarbeitung eines systematischen Bewertungssystems unter Verwendung der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2000) umgesetzt werden. Weiterhin soll auch eine Ergänzung des Kodierverfahrens durch Ratingelemente zur Bewertung der Reflexionsqualität getestet werden. Mit dem Bewertungsverfahren sollen die Tiefe bzw. Vollständigkeit der Reflexion (Stufenmodell), die Breite der Reflexion (Unterrichtsqualitätsdimensionen, Perspektivwechsel) und ihre Güte (Relevanz, Diskursivität) beleuchtet werden.
Die Formulierung der Items für die beiden Untersuchungsgegenstände Feedback und Reflexion soll dabei weitgehend parallel erfolgen, um es zu ermöglichen, die getätigte Reflexion in Bezug zum zuvor erhaltenen Feedback zu setzen.
In Abhängigkeit der Komplexität des finalen Auswerteverfahrens wird eine Stichprobe von bis zu 60 angehenden Lehrpersonen angestrebt.
Neben dem Einfluss der Güte der (kollegialen) Reflexion auf die Entwicklung ihrer Unterrichtsqualität ist ebenfalls geplant, zu analysieren, wie die Reflexionsfähigkeit einer Lehrperson mit ihrer professionellen Kompetenz zusammenhängt. Hierbei ist einerseits zu prüfen, ob eine ausgeprägte Reflexionsfähigkeit mit einem hohen Professionswissen und adäquaten professionellen Überzeugungen einhergeht, andererseits soll untersucht werden, ob die Reflexionsfähigkeit einen Einfluss auf den Lernzuwachs (Entwicklung der Überzeugungen und der Selbstwirksamkeitserwartungen) im Laufe des Seminars zeigt.

Literatur

Atkins, S. & Murphy, K. (1993). Reflection: A review of the literature. Journal of Advanced Nursing, 18, 1188–1192.

Bransford, J., Darling-Hammond, L. & LePage, P. (2005). Introduction. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Hrsg.), Preparing teachers for a changing world (S. 1–39). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Decker, A.-T., Kunter, M. & Voss, T. (2015). The relationship between quality of discourse during teacher induction classes and beginning teachers' beliefs. European Journal of Psychology of Education, 30, 41–61.

Dewey, J. (1910). How we think. Boston, MA: Heath.

Hammerness, K., Darling-Hammond, L., Bransford, J., Berliner, D., Cochran-Smith, M., McDonald, M. et al. (2005). How teachers learn and develop. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Hrsg.), Preparing teachers for a changing world (S. 358–389). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Hiebert, J., Morris, A. K., Berk, D. & Jansen, A. (2007). Preparing teachers to learn from teaching. Journal of Teacher Education, 58, 47–61.

Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 55–68). Münster: Waxmann.

Kultusministerkonferenz. (2014). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 12.06.2014.

Linninger, C. A. (2016). Reflexion bei angehenden Lehrkräften: Bedeutung und Förderung im Professionalisierungsprozess: Goethe-Universität in Frankfurt am Main.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.

Sach, M. & Korneck, F. (2006). Kooperation zwischen den verschiedenen Phasen der Lehrerbildung im Rhein-Main-Gebiet. Überblick und Beispiel einer gemeinsamen Seminarveranstaltung zu Unterrichtsminiaturen mit Videofeedback. In V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), *CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*. Berlin: Lehmanns Media.

Korthagen, F. (2002). Eine Reflexion über Reflexion. In F. Korthagen, J. Kessels, B. Koster, B. Lagerwerf & T. Wubbels (Hrsg.), Schulwirklichkeit und Lehrerbildung (S. 55-73). Hamburg: EB-Verlag.Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U. & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 55–68). Münster: Waxmann.

Schön, D. (1983). The reflective practitioner. New York: Basic Books.

Voss, T., Wagner, W., Klusmann, U., Trautwein, U. & Kunter, M. (2016). Changes in beginning teachers' classroom management knowledge and emotional exhaustion during the induction phase. Manuskript eingereicht zur Publikation.

Zeichner, K. M. & Liston, D. P. (2014). Reflective teaching: An introduction (2. Aufl.). London: Routledge.

Förderhinweis: "Level – Lehrerbildung vernetzt entwickeln" wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Christina Kobl Universität Regensburg
Oliver Tepner

Förderung der Reflexionskompetenz von Chemielehramtsstudierenden

Theoretischer Hintergrund

Systematisches Reflektieren der eigenen Planungen und Handlungen ist für eine Verbesserung des Unterrichts essenziell (Wyss, 2013). Eine Möglichkeit des systematischen Reflektierens stellt Korthagen (1999) in fünf Schritten mit Hilfe des ALACT-Modells dar.
Action → Looking back on the action → Awareness of essential aspects → Creating alternative methods of action → Trial (Realisierung von Handlungsalternativen)
Die letzte Phase (Trial) ist gleichzeitig auch die erste Phase (Action) des folgenden Kreislaufs. So entsteht ein Spiralmodell, mit dessen Hilfe der Reflexionsprozess immer weitergeführt werden kann (Admiraal & Wubbels, 2005).
Nach Hatton & Smith (1995) kann die Reflexionstiefe der Studierenden in vier Stufen eingeteilt werden, welche als Ebenen innerhalb der Entwicklung von Reflexionsfähigkeit verstanden werden. Auf der ersten Stufe, „descriptive writing“, werden lediglich Ereignisse beschrieben und nicht reflektiert. Die zweite Stufe, „descriptive reflection“, umfasst – basierend auf persönlichen Urteilen oder Literaturrecherche – die Identifikation von Ursachen möglicher Schwierigkeiten. Auf der dritten Stufe, „dialogic reflection“, ist eine Art von Diskurs möglich. Ursachen werden durch ein Abwägen des „Für und Wider“ betrachtet und so von der zweiten Stufe unterschieden. Die höchste und vierte Stufe der Reflexionstiefe, die „critical reflection“, umfasst die Begründung der Entscheidungen unter Einbezug von politisch-sozialen oder politischen Überlegungen. Auch die Ziele selbst sind Gegenstand der Reflexion. Die Reflexionsbreite lässt sich in Anlehnung an Wischmann (2012) in Wissen über Vermittlungsstrategien im Chemieunterricht und über Schülervoraussetzung bezüglich des Chemieunterrichts sowie Überzeugungen und Einstellungen zum Chemieunterricht und zur Selbstwirksamkeitserwartung als Chemielehrer unterteilen.
Um die Reflexionskompetenz maximal zu fördern, kann externes Feedback gegeben werden. Feedback wirkt laut Hattie und Timperley (2007) auf drei Ebenen. Diese sind die Ebene der Aufgabe, des Lernprozesses und der Selbstregulation. Auf jeder dieser drei Ebenen sollen drei lernrelevante Feedbackfragen beantwortet werden. Was ist mein Ziel? Wie geht es voran? Was kommt als nächstes? Die drei Feedbackebenen bauen aufeinander auf und begleiten den Lernenden auf dem Weg vom Novizen zum Experten. Die Herausforderung besteht darin, die zum jeweiligen Lernstand passende – oder darüber liegende – Stufe des Feedbacks auszuwählen. Die Begleitung des Lernprozesses und das Feedback erfolgen idealerweise in Form einer klaren Aufgabenstellung, über Problemlösestrategien hin zur Selbstregulation. Die dargestellten Aspekte zur Reflexionskompetenz sollen im Rahmen eines universitären Seminars umgesetzt werden.

Ziele der Arbeit

- Entwicklung eines universitären Seminarkonzepts zur Förderung der Reflexionskompetenz von Chemielehramtsstudierenden
- Entwicklung eines Tests zur Erfassung der Reflexionskompetenz von Chemielehramtsstudierenden
- Entwicklung und Evaluation eines Kodiermanuals zur Erfassung der Reflexionstiefe und -breite
- Vergleich des Zuwachses an Reflexionskompetenz bei Selbstreflexion vs. Feedback vs. Unterrichtsvideos

Hypothesen

H1: Durch das universitäre Seminar wird die Reflexionskompetenz der Studierenden gesteigert.

H2: Der Lernzuwachs bezüglich fachdidaktischen Wissen ist bei der Feedback-Reflexionsgruppe höher als bei den Vergleichsgruppen.

H3: Der Lernzuwachs bezüglich Reflexionskompetenz ist bei der Reflexionsgruppe höher als bei den Vergleichsgruppen.

H4: Der Lernzuwachs bezüglich der Reflexionskompetenz der Studierenden korreliert positiv mit ihren Zielorientierungen im Studium (H4a), ihren fachspezifischen Überzeugungen (H4b) und ihren Selbstwirksamkeitserwartungen (H4c).

Design und Methoden

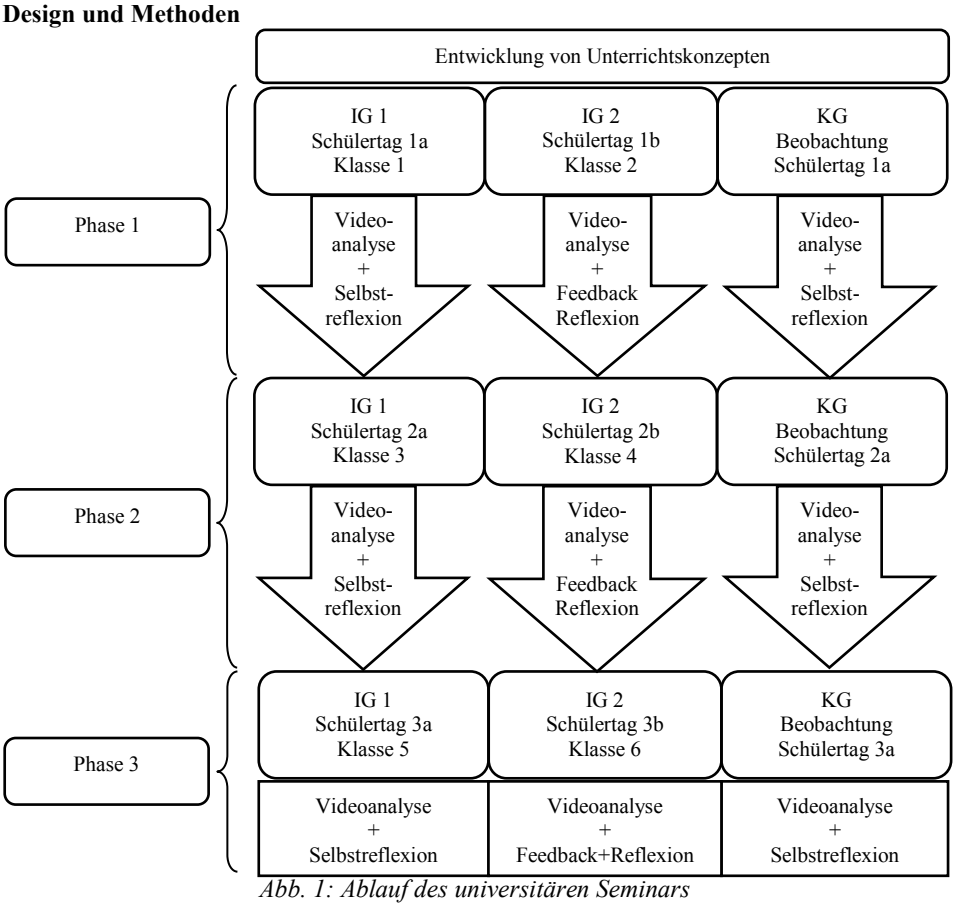


Abb. 1: Ablauf des universitären Seminars

Der Ablauf des universitären Seminars ist in Abbildung 1 dargestellt. Zu Beginn des Seminars findet eine Vorerhebung durch Paper-Pencil-Tests statt. Neben Reflexionswissen, fachdidaktischem Wissen und Fachwissen zum Thema Stofftrennung werden Zielorientierungen, fachspezifische Überzeugungen und Selbstwirksamkeits-erwartungen der Studierenden erhoben. In Anlehnung an der ALACT-Modell von Korthagen und an die Arbeit von Anthofer (2017) folgt das Seminar folgenden Schritten:

1. Lerngegenstand auswählen → 2. Pretests mit Schülern → 3. Planung der Unterrichtsstunde → 4. Durchführung der Stunde → 5. Posttests mit Schülern → 6. Analyse der videografierten Stunde → anschließend zweimalige Wiederholung der Schritte 3. bis 6.

Diese Art der Durchführung kann zu einer Verbesserung des fachdidaktischen Wissens (PCK) führen (Nilsson, 2013). Im Rahmen des Seminars erfolgt eine theoretische Einheit zur Planung von Unterricht und Reflexion. Im Anschluss daran entwickeln die Studierenden jeweils ein 40-minütiges Unterrichtskonzept zum Thema Stofftrennung.
Die von den Studierenden entwickelten Konzepte werden am Schülertag 1 erprobt. Der Schülertag findet mit einer achten bzw. neunten Jahrgangsstufe bayerischer Realschulen im Lehr-Lern-Labor der Chemiedidaktik der Universität Regensburg statt. Dabei wird der Anfangsunterricht Chemie im naturwissenschaftlich-technischen Zweig in der achten Jahrgangsstufe und im nicht-naturwissenschaftlich-technischen Zweig in der neunten Jahrgangsstufe erteilt. In Pretests werden kognitive Fähigkeiten, Fachwissen und das Fachinteresse der Schülerinnen und Schüler erfasst. Direkt nach jeder Stunde wird das jeweilige Fachwissen in Form eines Kurztests erhoben.
Alle Unterrichtseinheiten werden videografiert. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des studentischen Seminars werden in drei Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe analysiert die Stunde nur durch Selbstreflexion. Gruppe zwei erhält Feedback eines trainierten Mitarbeiters und reflektiert im Anschluss. Eine Kontrollgruppe beobachtet die Schülertage der ersten Gruppe, erhält die entsprechenden Videos und reflektiert im Anschluss die eigens geplanten Stunden, ohne den Unterricht selbst zu halten. Im Anschluss werden die Unterrichtskonzepte optimiert. Schülertag 2 verläuft analog zu Schülertag 1 und wird mit anderen Klassen durchgeführt. Es erfolgen erneut Videoanalyse und Reflexionen wie bereits beschrieben. Es wird erwartet, dass die Reflexionskompetenz über die drei Messzeitpunkte im Rahmen des Seminars in allen drei Gruppen steigt. Dies beinhaltet sowohl die Reflexionstiefe, als auch die Reflexionsbreite. In einer Nacherhebung am Ende des Seminars werden mit den Studierenden Posttests und nach Ablauf von ca. zwei Monaten Follow-Up-Tests durchgeführt.

Erste Ergebnisse

Bisher wurde ein Test zum Reflexionswissen entwickelt. Dieser setzt sich aus 21 Items mit jeweils fünf Antwortmöglichkeiten zusammen. Dabei wurde darauf geachtet, dass sowohl deklaratives als auch prozedurales und konditionales Wissen abgefragt werden. Im Rahmen der Pilotierung erreichte dieser Test, nach Verbleib von 12 Items, mit $\alpha = ,80$ eine gute Reliabilität. Der Lernzuwachs aller Studierenden war mit $t(17) = -7,21$, $p < .001$ und einer Effektstärke von $d = 2,33$ hochsignifikant.
Ebenso werden derzeit ein Kodiermanual entwickelt, um die schriftlichen Reflexionen der Studierenden bezüglich der Reflexionstiefe und -breite zu untersuchen.
Des Weiteren ist ein hoher Lernzuwachs im Fachwissen der Studierenden zu verzeichnen ($t(17) = -3,58$; $p = ,002$; $d = 0,82$). Der bereits aus einem Vorprojekt vorhandene CK-Test weist eine Reliabilität von $\alpha = ,74$ auf (Anthofer, 2017).
Es konnte an allen Schülertagen ein signifikanter Wissenszuwachs auf Seiten der Schülerinnen und Schüler verzeichnet werden ($-8,76 < t < -2,74$; $<.001 < p < .019$; $0,78 < d < 2,07$). Die Pilotierungsstudie liefert Hinweise, dass die verwendeten Tests geeignet sind. Vergleiche zwischen den drei Gruppen können mit der größeren Stichprobe nach der Hauptstudie gerechnet werden.

Ausblick

Im Sommersemester 2017 wurde die Pilotstudie durchgeführt. Im laufenden Wintersemester 17/18 wird die erste Hauptstudie durchgeführt, im Sommersemester 2018 die zweite.

Literatur

Admiraal, W. & Wubbels, T. (2005). Multiple voices, multiple realities, what truth? Student teachers' learning to reflect in different paradigms. *Teachers and Teaching: theory and practice 11* (3), S. 315–329.

Anthofer, S. (2017). *Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden* (Studien zum Physik- und Chemielernen). Berlin: Logos.

Hattie J. & Timperley H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77 (1), S. 81-112.

Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching & Teacher education, 11* (1), S. 33-49.

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

Nilsson, P. (2013). Paper NARST 2013, Puerto Rico.

Wischmann, F. (2015). *Mentoring im fachbezogenen Schulpraktikum. Analyse von Reflexionsgesprächen.* Dissertation., Universität Bremen: Bremen.

Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften.* Münster: Waxmann.

Stephanie Neppl Universität Regensburg
Karsten Rincke

Perspektivenübernahme trainieren – Entwicklung eines Seminarformats zur gezielten Sensibilisierung für Schülersichtweisen

Die Planung von Unterricht als eine wesentliche Aufgabe von Lehrkräften stellt für Studierende eine komplexe Herausforderung dar. Studierende erliegen bei der Erstellung von Lernumgebungen oft Machbarkeitsillusionen hinsichtlich der praktischen Umsetzung ihrer Überlegungen zu Unterrichtssituationen sowie der Antizipation von Sichtweisen der SchülerInnen auf den Lerngegenstand. Während Reflexion primär zu einer intensiven Auseinandersetzung mit vergangenen Handlungen beiträgt, sollen Studierende bereits bei ihrer Planung von Lernumgebungen für verschiedene Sichtweisen und Wahrnehmungen ihrer Absichten sensibilisiert werden. In einem neu entwickelten Seminarangebot werden sie daher gezielt in der gedanklichen Antizipation von Unterrichtsprozessen und der Perspektivenübernahme von SchülerInnen trainiert. Die Studierenden entwickeln dazu eine Lernumgebung, welche sie mit verschiedenen Akteuren wie Fachwissenschaftlern, Fachdidaktikern und Lehrkräften diskutieren. Anschließend erproben die Lehrkräfte stellvertretend für die Studierenden den Unterricht in ihren Schulklassen. Durch Feedback der SchülerInnen und der Lehrkräfte erhalten die Studierenden Rückmeldung zu ihren Überlegungen.

Theoretische Grundlagen zur Perspektivenübernahme

Den vielfältigen Forschungsbereichen zur Perspektivenübernahme ist gemein, dass sie sich auf verschiedene Ebenen der Wahrnehmung anderer in der Interaktion beziehet (Kenngott, 2012, S. 37). Als Basis für ein Verständnis von Perspektivenübernahme im Seminar werden vor allem Ausführungen zum symbolischen Interaktionismus nach Mead, zur Reflexionsfähigkeit nach Dewey und Erkenntnisse aus der Forschung zur Personenwahrnehmung herangezogen und in den schulischen Kontext übertragen.

Nach der Identitätstheorie des symbolischen Interaktionismus gelten inhaltlich zusammengefasst die drei Prämissen, dass i) Menschen gegenüber Dingen auf der Grundlage der Bedeutungen handeln, die diese Dinge für sie besitzen. Weiter entstehen ii) diese Bedeutungen der Dinge durch soziale Interaktion und können iii) durch interpretative Prozesse verändert werden. Dinge werden in diesem Zusammenhang nicht nur gegenständlich verstanden, sondern können auch weiter gefasst Gesten, Begriffe oder Handlungen einschließen. Weiterhin ist wichtig, dass innerhalb eines sozialen Kontextes mit dem Interaktionspartner ein gemeinsames Verständnis von Dingen angestrebt wird, indem begründete Erwartungen aufgestellt werden, welche Perspektive auf eine gemeinsame Situation eingenommen werden kann. Gleichzeitig hat auch der Interaktionspartner eine tragende Rolle für das Verständnis, indem er Rückmeldungen zu seinen Perspektiven gibt.

Bezüge zur Perspektivenübernahme entstehen aus der Reflexionsfähigkeit nach Dewey durch das Verständnis, dass Reflexion mit dem Willen beginnt, Inhalte zu durchdringen, indem weitere Informationen gesammelt werden. Zudem bringt Reflexion ein vorausschauendes Moment mit, wie es Roters (2012) beschreibt. Neben möglichen Strategien formuliert Dewey als persönliche Voraussetzungen für die Reflexionsfähigkeit *open-mindedness*, *whole-heartedness* und *responsibility* (Wyss, 2013).

Einen weiteren Einfluss auf die Perspektivenübernahme hat die Personenwahrnehmung, wie sie Steins (2014) beschreibt, nach der man sich der wahren Person nur annähern kann durch das Bild, welches man aufgrund von Informationen konstruiert. Beobachtungen von wahrnehmbaren Personenmerkmalen und Verhaltensweisen lassen Rückschlüsse auf die

Gedanken und Emotionen der Person zu. Doch auch diese Beobachtungen können durch persönliche Dispositionen gefärbt sein.
Die genannten Ansätze führen zu folgender Arbeitsdefinition der Perspektivenübernahme: *Perspektivenübernahme beschreibt das Hineinversetzen in die Wahrnehmung von Interaktionspartnern in sozialen Situationen als Subjekte mit eigenen, auch verschiedenen Sichtweisen und Handlungsabsichten oder -möglichkeiten sowie die Berücksichtigung dieser beim eigenen Interaktionsplan mit der Konsequenz eines interpersonellen Verstehens.* Als günstige Voraussetzungen für Perspektivenübernahme ergeben sich besonders aus den Überlegungen zur Reflexionsfähigkeit von Dewey die Bereitschaft, sich unvoreingenommen auf eine Situation einzulassen, das nachhaltige Interesse an der Sache und die Aufmerksamkeit für die Problemstellung sowie das Bedürfnis, die Konsequenzen des eignen Handelns zu prüfen und zu berücksichtigen.

Aufbau des Seminars und Umsetzung der Perspektivenübernahme

Die verschiedenen Phasen des Seminars sind in Abbildung 1 veranschaulicht. Während der ersten Wochen des Seminars entwickeln die Studierenden mit Unterstützung eines Fachwissenschaftlers und einer Fachdidaktikerin eine Lernumgebung zu einem aktuellen fachlichen Forschungsthema der Wolkenphysik. Nach dem fachlichen Austausch über die zugrundeliegenden physikalischen Phänomene liegt der Fokus während der Planungsarbeit auf der bewussten Antizipation von Schülersichtweisen. Im Rahmen einer eintägigen Lehrerfortbildung diskutieren die Studierenden ihre Unterrichtsvorschläge mit erfahrenen Lehrkräften. Die Erprobung der Lernumgebung in Schulklassen wird von den Lehrkräften übernommen. Gleichzeitig sind Hospitationen des Unterrichts möglich, um einen Eindruck zu erhalten, wie die Planungen konkret umgesetzt werden. Es folgen Aufnahmen von Schülerfeedbacks durch die Studierenden, um die Wahrnehmung der Lernumgebung zu erfahren und somit gezielt die Überlegungen zur Unterrichtsplanung reflektieren zu können. Begleitend zum Seminar fertigen die Studierenden ein persönliches Portfolio an, in welchem sie ihre Absichten zur Unterrichtssequenz dokumentieren.
Das neu entworfene Seminarformat folgt der Arbeitsdefinition von Perspektivenübernahme. Zunächst wird angestrebt, günstige Voraussetzungen für eine gelingende Perspektivenübernahme zu schaffen. Die Bereitschaft der Studierenden zur Unvoreingenommenheit soll im Seminar durch die Erarbeitung eines bisher in der Schulphysik der Sekundarstufe I kaum vorzufindenden Themenbereichs unterstützt werden. Das Thema der Lernumgebung ist die Physik der Entstehung von Wolken. Da vorgefertigte Materialien oder typische Herangehensweisen zu diesem Thema fehlen, müssen die Studierenden weitestgehend eigene Überlegungen anstellen. Gleichzeitig stellt das eher unbekannte Thema einen Anreiz dar und lenkt die Aufmerksamkeit auf die Problemstellung, da mögliche Schwierigkeiten oder Vorstellungen bei den SchülerInnen durch die eigene Bearbeitung bewusst werden können. Als weitere Öffnung der Sichtweise auf das Thema wird im Seminar für einen fachlichen Austausch mit einem Fachwissenschaftler zusammengearbeitet. Durch die Erprobung der Lernumgebung in realen Schulklassen und durch die Diskussion der Überlegungen mit den Lehrkräften im Rahmen einer Lehrerfortbildung liegt die Verantwortung für den Unterricht zu großen Anteilen auch bei

den Studierenden. Weiter arbeiten die Studierenden in Kleingruppen zusammen und erhalten durch die Seminarleiterin regelmäßig Phasen des Coachings, wie es Staub (2001) beschreibt, sodass auch dadurch ein gewisses Maß an Ernsthaftigkeit bei der Erstellung der Unterrichtsstunden gegeben ist.
Um während der Planungsphase der Frage „Wie erstelle und gestalte ich eine für SchülerInnen ansprechende Lernumgebung und welche beabsichtigten sowie unbeabsichtigten Erfahrungen und Eindrücke sammeln sie durch meine Lernumgebung?“ gerecht zu werden, werden verschiedene Zugänge im Seminar angeboten. Als Hilfe für die Sequenzierung der Lernumgebung wird die Basismodelltheorie verwendet (Wackermann, 2010; Krabbe, Zander & Fischer, 2015; Reyer, 2004). Deren Handlungskettenschritte werden im Seminar ausgearbeitet, indem neben dokumentierten Schülerfehlvorstellungen (Müller, Wodzinski & Hopf, 2011) besonders antizipierte Vorstellungen, Einstellungen und Kognitionen von SchülerInnen berücksichtigt werden. Weiterhin werden Erkenntnisse aus der Sprachwissenschaft zur Bedeutung von Sprachdimensionen (Koch & Oesterreicher, 1994) genutzt, um mögliche Einflüsse sprachlicher Repräsentationsformen auf die Wahrnehmung der SchülerInnen zu beachten.

Forschungsinteresse

Kenngott führt an, „Theorien der Perspektivenübernahme sind in der Regel gleichzeitig auch Identitätstheorien […] Mit der Fremdwahrnehmung verbunden ist der Rückbezug auf das wahrnehmende Selbst, das im Blick auf den/die Andere/n auch den Blick auf sich selbst formt“ (Kenngott, 2012, S. 43 f.). Es sollen daher in dieser Forschungsarbeit die Wirkungen des theoriegeleiteten Seminars auf die Studierenden untersucht werden. Von besonderem Interesse sind dabei, welche Bezüge die Studierenden des Seminars zwischen ihrem Studium, ihren erwarteten beruflichen Tätigkeiten und dem Seminar herstellen. Weiter soll erkundet werden, welche Auswirkungen bei Studierenden auf ihre weitere Studienplanung eine gezielte Auseinandersetzung im Seminar mit den Vorstellungen und Wahrnehmungen von SchülerInnen im Unterricht hat.

Methode

Die interessierende Erfahrung der Studierenden, die Perspektive der Studierenden auf ihr (Fach-)Studium und die Rückschlüsse der Studierenden auf ihr Studium und ihre spätere berufliche Tätigkeit, wird in einer qualitativen Interviewstudie erhoben.
Die Wahl der Interviewart basiert auf den Überlegungen von Wiedemann (1987) zur Auswahl qualitativer Interviews. Er schlägt vor, ein qualitatives Interview entsprechend der interessierenden Erfahrungsgestalt aufzubauen, und unterscheidet dabei nach unterschiedlichen Abstraktionsstufen hierarchisiert die Erfahrungsgestalten *Drama*, *Verlaufsstrukturen*, *Konzeptstrukturen und Geschehenstypen* sowie *mentales Modell*. Während das *Drama* als ursprüngliche Erfahrungsgestalt gesehen wird, geben *mentale Modelle* die umfassendste Wissensstruktur wieder, da sie mit subjektiven Theorien angereichert sind. Die Perspektive und die Rückschlüsse der Studierenden auf ihr (Fach-)Studium werden als mentales Modell erhoben. Durch das Interview sollen die jeweiligen *Inferenzstrukturen* aufgrund der persönlichen Vorstellungen und subjektiven Theorien der Studierenden aufgezeigt und mit *Szenarien* zur Begründung der jeweiligen Relationen erweitert werden. Diese Strukturen werden in Beschreibungen sowie in Erklärungen und Argumentationen formuliert, sodass mit den Studierenden ein fokussiertes Interview unterstützt durch einen Leitfaden geführt wird. Dadurch können durch gezielte Nachfragen Hintergrundannahmen der Studierenden expliziert werden.

Literatur

Abels, S. (2011). LehrerInnen als ”Reflective Practitioner”: Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Springer

Futter, K. & Staub, F. C. (2008). Unterrichtsvorbesprechungen als Lerngelegenheiten in der berufspraktischen Ausbildung. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 26 (2), 126-139

Kenngott, E.-M. (2012). Perspektivübernahme. Zwischen Moralphilosophie und Moralpädagogik. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Springer

Krabbe, H., Zander, S., & Fischer, H. E. (2015). Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht – Materialien zur Lehrerfortbildung. Münster: Waxmann

Koch, P., & Oesterreicher, W. (1994). Schriftlichkeit und Sprache. In H. Günther & L. Otto (Eds.), Schrift und Schriftlichkeit. Writing and its use. Ein interdisziplinäres Handbuch internationaler Forschung. An interdisciplinary handbook of international research (Vol. 10, p. 587 - 603). Berlin.

Müller, R., Wodzinski, R. & Gopf, M. (2011). Schülervorstellungen in der Physik – Festschrift für Hartmut Wiesner (3. unveränderte Auflage). Aulis Verlag Deubner

Reyer, E. (2004). Oberflächenmerkmale und Tiefenstruktur im Unterricht – exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe I (H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth, Eds.). Logos

Roters, B. (2012). Professionalisierung durch Reflexion in der Lehrerbildung. Waxmann Verlag

Staub, F. C. (2001). Fachspezifisch-pädagogisches Coaching: Theoriebezogene Unterrichtsentwicklung zur Förderung von Unterrichtsexpertise. Beiträge zur Lehrerbildung, 19 (2), 175-198

Steins, G. (2014). Sozialpsychologie des Schulalltags – Grundlagen und Anwendungen (2., substanziell überarbeitete Auflage). Pabst Science Publishers

Wackermann, R. (2010). Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer (H. Niedderer, H.Fischler & E. Sumfleth, Eds.). No. 75. Logos

Wiedemann, P. M. (1987). Entscheidungskriterien für die Auswahl qualitativer Interviewstrategien (Bd. 87 – 1). Berlin: Technische Universität Berlin

Wyss, C. (2013). Unterricht und Reflexion: Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften. Münster: Waxmann

Julia Brüggerhoff
Sarah Rau-Patschke
Stefan Rumann
Universität Duisburg-Essen

Der Übergang vom Sach- zum naturwissenschaftlichen Fachunterricht

Der Übergang vom Sachunterricht (SU) der Grundschule zum naturwissenschaftlichen Fachunterricht (FU) der Sekundarstufe I stellt für die Lernenden und Lehrenden der verschiedenen Schulstufen Anforderungen auf unterschiedlichen Ebenen dar (Ophuysen & Harazd, 2011). Sowohl der SU als auch der naturwissenschaftliche FU leisten einen Beitrag zur naturwissenschaftlichen Grundbildung (scientific literacy) (GDSU, 2013; MSW NRW, 2008). Allerdings ist der SU ein vielperspektivisches Fach, das den naturwissenschaftlichen Unterricht integriert (GDSU, 2013). Die Struktur des FU der Sekundarstufe I hingegen besteht je nach Schulform aus Fächerverbünden oder Einzelfachstrukturen (Möller, 2014). Darüber hinaus wird das Klassenlehrerprinzip, welches an der Grundschule vorherrscht, durch das Fachlehrerprinzip in der Sekundarstufe I abgelöst (Beck, 2002). Es zeigen sich zudem Unterschiede in der Unterrichtskultur: Der lebensweltlich und schülerorientierte SU der Grundschule verändert sich im Wechsel zur Sekundarstufe I zu einem eher lehrerorientierten und vermittelnden FU (vgl. Möller, 2014).
Die fachdidaktische Anforderung, der sich die Lehrkräfte des SU und FU stellen müssen, besteht in der Gestaltung eines Übergangs, der „Brüche in der Wissensgenese“ (Hempel, 2010) vermeidet. Ziel ist es, anschlussfähiges Wissen und einen kumulativen Wissensaufbau zu ermöglichen (GDSU, 2013; MSW NRW, 2008). Allerdings sind die SU-Curricula den Lehrkräften der Sekundarstufe I oft unbekannt, sodass Schwierigkeiten bei der Bestimmung von Kompetenzniveaus der Lernenden auftauchen (Hempel, 2010). Darüber hinaus besteht ein Unterschied im Ausbildungshintergrund der Lehrkräfte: Werden SU-Lehrkräfte als „fachliche Generalisten“ bezeichnet, so sind FU-Lehrkräfte eher „fachliche Spezialisten“ (Möller, Kleickmann, & Lange, 2013).
Der Gestaltung des Übergangs vom SU der Grundschule zum naturwissenschaftlichen FU wurde bisher vergleichsweise wenig Aufmerksamkeit entgegengebracht. Im Fokus der Forschung zur Übergangsgestaltung bzw. zum konkreten Einsatz von Gestaltungsmaßnahmen standen bisher hauptsächlich die Fächer Mathematik, Deutsch und Englisch. Für die Gestaltung des Übergangs vom SU zum naturwissenschaftlichen FU existieren nur wenige, fachspezifische Angebote. Dazu gehören unter anderem die Entwicklung und Implementation von Spiralcurricula (z. B. Möller, Hardy, Labudde, Leuchter, Steffensky, Aufschnaiter, & Wodzinski, 2016; Pahl, Peters, & Komorek, 2010). Welche Maßnahmen von den Sach- und Fachlehrkräften aber tatsächlich genutzt werden, ist bislang unbekannt.

Forschungsfragen:
- FF1: Welche Gestaltungsmaßnahmen nutzen Lehrkräfte der Grundschule und Sekundarstufe I von Gymnasien, um den Übergang vom Sach- zum Fachunterricht zu gestalten?
- FF2: Nutzen Grundschul- und Gymnasiallehrkräfte fachspezifische oder schulformbezogene Gestaltungsmaßnahmen, um den Übergang vom Sach- zum Fachunterricht zu gestalten?

Material & Methode
Die vorliegende Untersuchung ist Bestandteil eines Forschungsvorhabens des Graduiertenkollegs SuSe I (Übergänge Sachunterricht-Sekundarstufe I) am Institut für Sachunterricht an der Universität Duisburg-Essen. Die Forschungsintention des Graduiertenkollegs ist die

interdisziplinäre Thematisierung der Herausforderungen, die der Übergang vom SU der Grundschule zum FU der Sekundarstufe I mit sich bringt (Rau, Gryl, & Rumann, 2016).
Mithilfe von leitfadengestützten Interviews wurde eine Teilstichprobe von zehn Lehrkräften der Grundschule und zehn Lehrkräften des Gymnasiums (n = 20) zu ihren Gestaltungsmaßnahmen im Übergang vom SU zum FU befragt. Alle Lehrkräfte unterrichten in einer vierten Klasse SU bzw. in einer fünften Klasse eine Natur- oder Gesellschaftswissenschaft. Die Interviews wurden computergestützt mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) ausgewertet. Die Interkoder-Übereinstimmung ist bei zwei Kodiererinnen mit 80,94% (n = 2 Interviews) als gut zu bezeichnen.
Das Kategoriensystem besteht aus fünf Hauptkategorien, deduktiv aus der fachdidaktischen Literatur abgeleitet, die Aspekte einer fachunabhängigen Übergangsgestaltung beschreiben (Abb. 1). Diese werden durch 14 Subkategorien ausdifferenziert und durch 36 Gestaltungsmaßnahmen operationalisiert.

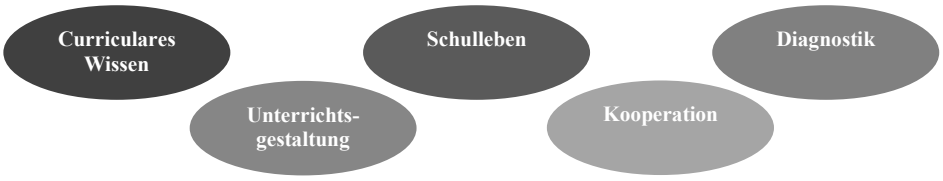


Abb. 1: Hauptkategorien des Kategoriensystems

Ergebnisse
Lehrkräfte beider Schulstufen nutzen eine Vielzahl fachunabhängiger/-übergreifender Maßnahmen zur Gestaltung des Übergangs (Abb. 2). Insbesondere Lehrkräfte des Gymnasiums nutzen fachunabhängige Gestaltungsmaßnahmen, die der Orientierung der Schülerinnen und Schüler (SuS) in der neuen Schule und mit den neuen Mitschülern dienen. Grundschullehrkräfte hingegen thematisieren den Übergang als Unterrichtsthema ohne konkreten Fachbezug und nutzen ihr Wissen über gemeinsame Inhalte und Arbeitsweisen der Sekundarstufe I, um die SuS fächerübergreifend auf den Übergang vorzubereiten. Hervorzuheben sind an dieser Stelle bereits existierende Kooperationen zwischen den Schulstufen, die insbesondere in Form von Erprobungsstufenkonferenzen stattfinden.

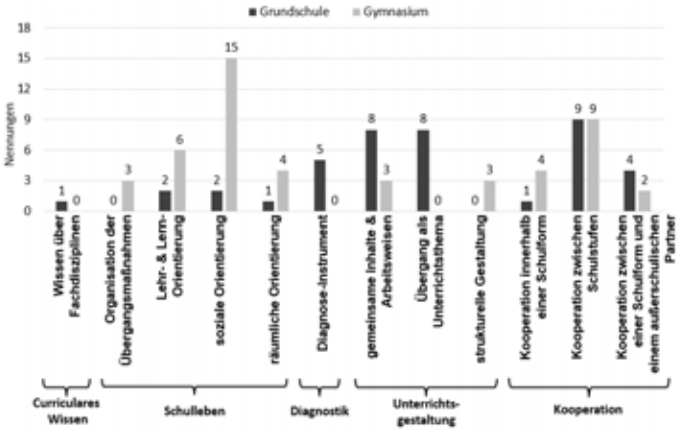


Abb. 2: Nennungen fachunabhängiger/-übergreifender Gestaltungsmaßnahmen auf Subkategorienebene

Mit Blick auf die fachspezifischen Maßnahmen zeigt sich folgendes Bild: Lehrkräfte der Grundschule und des Gymnasiums nutzen weniger Maßnahmen, um den Übergang vom SU zum FU fachspezifisch mitzugestalten (Abb. 3). Die Lehrkräfte beider Schulstufen besitzen nur marginales curriculares Wissen über die Fachdisziplinen des SU bzw. FU. Insbesondere die Lehrkräfte der Grundschule behandeln die ihnen bekannten gemeinsamen fachspezifischen Inhalte- und Arbeitsweisen im SU, um den Übergang zum FU mitzugestalten. Gymnasiallehrkräfte nutzen im Vergleich dazu weniger fachspezifische Maßnahmen. Insbesondere die Lehr- und Lernorientierung scheint in diesem Kontext einen wichtigen Aspekt für die Gymnasiallehrkräfte darzustellen. Fachspezifische Kooperationen zwischen den Schulstufen, die den SU bzw. FU fokussieren, nutzen nur die befragten Grundschullehrkräfte. Vorwiegend handelt es sich dabei um schulstufenübergreifende Besuche an Nachbarschulen im Kontext sogenannter MINT-Tage.

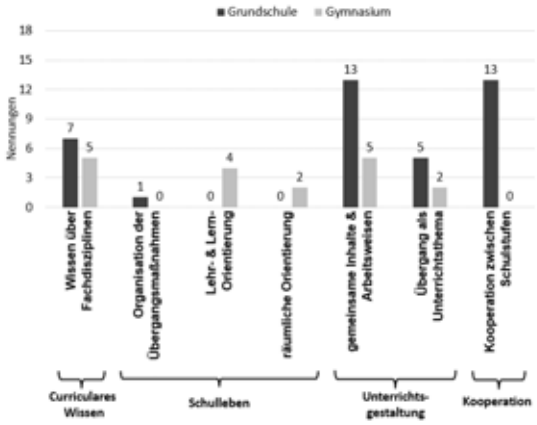


Abb. 3: Nennungen fachspezifischer (SU/FU) Gestaltungsmaßnahmen auf Subkategorienebene

Zusätzlich zu den Gestaltungsmaßnahmen wurden die Lehrkräfte auch zu ihrem Fort- und Weiterbildungsbedarf befragt. Die Lehrkräfte beider Schulstufen äußern vor allen Dingen in den Subkategorien „Wissen über Fachdisziplinen“, „Lehr- & Lern-Orientierung“, „Diagnose-Instrument“, „gemeinsame Inhalte & Arbeitsweisen“, „Übergang als Unterrichtsthema“ und „Kooperation zwischen Schulstufen“ konkreten Aus- und Fortbildungsbedarf.

Diskussion & Fazit

Grundschullehrkräfte tendieren eher dazu, ihr Wissen über die Inhalte der Sekundarstufe I zu nutzen, um den Übergang fachlich vorzubereiten. Gymnasiallehrkräfte nutzen hingegen eher fachunabhängige/-übergreifende Gestaltungsmaßnahmen aufgrund der umfassenden strukturellen Veränderungen, die mit dem Übergang einhergehen. Sowohl Grundschul- als auch Gymnasiallehrkräfte möchten die Anschlussfähigkeit zwischen den Schulstufen sichern, es fehlt ihnen dazu aber an umfassendem curricularen Wissen.

Limitiert wird die Studie dadurch, dass lediglich Handlungswissen erhoben wurde, nicht aber die Performanz der Lehrkräfte. Inwieweit die genannten Gestaltungsmaßnahmen tatsächlich eingesetzt werden, kann nicht mit Gewissheit gesagt werden. Außerdem geben die Ergebnisse keine Hinweise auf die Wirksamkeit/Effektivität von Gestaltungsmaßnahmen.

Zukünftig ist es daher sinnvoll, Informationsmaterial zu Curricula und Unterricht der unterschiedlichen Schulstufen zu entwickeln sowie den Ausbau und die Implementation von schulstufenübergreifenden Curricula zu unterstützen. Darüber hinaus ist die Implementation von schulstufenübergreifenden Kooperationen (z. B. gemeinsame Fortbildungen) sinnvoll.

Literatur

Beck, G. (2002). *Den Übergang gestalten: Wege vom 4. ins 5. Schuljahr.* Seelze-Velber: Kallmeyer.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (2., vollst. überarb. u. erw. Aufl.). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Hempel, M. (2010). Zur Anschlussfähigkeit der Sachfächer an den Sachunterricht – eine Erkundungsstudie. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (S. 75-82). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW) (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I (G8) in Nordrhein-Westfalen. Biologie.* Frechen: Ritterbach Verlag.

Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht – Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20*(1), 33-43.

Möller, K., Hardy, I., Labudde, P., Leuchter, M., Steffensky, M., Aufschnaiter, C. von, & Wodzinski, R. (2016). Einführung in das Symposium; Stufenübergreifendes Lernen von Naturwissenschaften fördern: Durch abgestimmte Lernmaterialien und begleitende Fortbildungen. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015* (S. 241-242). Universität Regensburg.

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.

Ophuysen, van S. & Harazd, B. (2011). *Der Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule-Gestaltung, Beratung, Diagnostik.* Abgerufen von Publikation des Programms SINUS an Grundschulen: http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_OpHar.pdf [6.10.2017].

Pahl, E.-M., Peters, S., & Komorek, M. (2010). *energie.bildung – Physik im Kontext „Energiebildung“.* Abgerufen von PhyDid B - Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung: http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/166/174 [6.10.2017].

Rau, S., Rumann, S., & Gryl, I. (2016). *Das Graduiertenkolleg. Übergänge Sachunterricht –Sekundarstufe I. Poster anlässlich des Tags der Lehrerbildung und Bildungsforschung.* Abgerufen von https://www.uni-due.de/imperia/md/images/isu2/poster_suse1.pdf [6.10.2017].

Christopher Kurth [1]Universität Kassel
Rita Wodzinski

Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten zu diagnostizieren Erste Ergebnisse am Beispiel des Hooke'schen Gesetzes

Die Diagnose von möglichen Schülerfehlern und Lernschwierigkeiten bei der Bearbeitung von Experimenten stellt eine „Voraussetzung für angemessene Unterrichtsgestaltung und gezielte individuelle Förderungen" (Artelt & Gräsel, 2009, S. 157) dar und wird deshalb von angehenden Physiklehrkräften erwartet (Gramzow et al., 2013, S. 23).

Zur Frage, mit welchen Schwierigkeiten beim Experimentieren zu rechnen ist, liegen einige Studien vor. Neben zahlreichen Untersuchungen zu themenspezifischen Präkonzepten existiert eine Reihe von Erkenntnissen zu allgemeinen Lernschwierigkeiten beim Experimentieren (vgl. Hammann et al, 2006; Hopf, 2007; de Jong & van Joolingen, 1998). Vereinzelt liegen auch Ergebnisse zu Schwierigkeiten bei speziellen Experimenten vor. So konnte Kechel (2016) 39 verschiedene Schwierigkeiten bei der Bearbeitung eines Experiments zum Hooke'schen Gesetz herausarbeiten. Dabei liegt eine Schwierigkeit dann vor, wenn Lernende „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" (Kechel, 2016, S. 57).

Draude (2016) untersuchte, inwiefern es Lehrkräften gelingt, Schwierigkeiten bei dem von Kechel untersuchten Experiment zu diagnostizieren, wobei er zwischen prädiktiver und handlungsbegleitender Diagnosekompetenz unterscheidet. Prädiktive Diagnosekompetenz ist dabei die Fähigkeit, auf Grundlage der Aufgabe mögliche Schwierigkeiten vorherzusagen, wohingegen handlungsbegleitende Diagnose das Diagnostizieren von Schwierigkeiten während des Lernprozesses meint.

Als zentrale Ergebnisse arbeitete Draude heraus, dass es den 25 untersuchten Lehrkräften unabhängig von der Lehrerfahrung teils große Probleme bereitete, Schwierigkeiten im Vorfeld einzuschätzen und prozessbegleitend zu erkennen. Aus diesem Grund scheint die explizite Förderung der Diagnosekompetenz bereits in der Lehramtsausbildung sinnvoll.

Studien zur Förderung der Diagnosekompetenz im zuvor beschriebenen Sinne liegen nur in geringem Umfang vor (vgl. Fischer & Sjuts, 2011; Girulat et al., 2013; Rogalla & Vogt, 2008), was zum Teil daran liegt, dass die diagnostische Kompetenz in den meisten Publikationen auf die Urteilsgenauigkeit bei der Einschätzung eines Personenmerkmals reduziert wird (Praetorius et al., 2012, S. 116). Aus diesem Grund wird anknüpfend an die Arbeiten von Draude und Kechel der Frage nachgegangen, wie die Fähigkeit, Schülerschwierigkeiten prädiktiv zu diagnostizieren, gefördert werden kann. Im Hinblick auf die Gestaltung von Lerngelegenheiten im Studium ist besonders interessant, welche Rolle die Durchführung von Experimenten und das eigene Durchlaufen des Lernprozesses auf die Diagnose hat.

Forschungsfragen und Design

Anhand von Interviews mit Studierenden, die sich mindestens im vierten Fachsemester befinden, wird zunächst erhoben, welche Ursachen ge- bzw. misslungene prädiktive

Diagnosen haben, um darauf aufbauend Fördermöglichkeiten zu entwickeln. Dabei liegt der gleiche Experimentierauftrag zu Grunde, der auch schon von Kechel (2016) und Draude (2016) verwendet wurde. Konkret werden dabei die folgenden Fragen beantwortet:

(FF1) Inwiefern unterscheiden sich die Diagnosen von Lehrkräften und Studierenden?
(FF2) Welche Schwierigkeiten haben Studierende bei der Bearbeitung des Experimentierauftrags?
(FF3) Welchen Einfluss hat die Durchführung des Experiments durch die Studierenden auf die prädiktive Diagnose von Schülerschwierigkeiten?
(FF4) Welche Situationen während der Bearbeitung der Experimentieraufgabe werden von den Studierenden als Schwierigkeit angesehen?

Das Interview besteht aus fünf Phasen (Abb. 1). In der ersten Phase machen sich die Studierenden mit der Aufgabenstellung vertraut. Dabei steht das Experimentiermaterial noch nicht zur Verfügung. Im Anschluss folgt die erste prädiktive Diagnose, in der die Studierenden Schwierigkeiten benennen, die sie bei der Bearbeitung des Auftrags durch Schülerinnen und Schüler erwarten. Nachdem sie in der dritten Phase den Versuch selbst durchgeführt haben, überprüfen sie ihre zuvor benannten Schwierigkeiten und nehmen ggf. Ergänzungen oder Änderungen vor. In der letzten Interviewphase werden den Studierenden Situationen aus Schülerexperimentierphasen präsentiert, welche dahingehend beurteilt werden sollen, ob eine Schwierigkeit vorliegt oder nicht.[1]

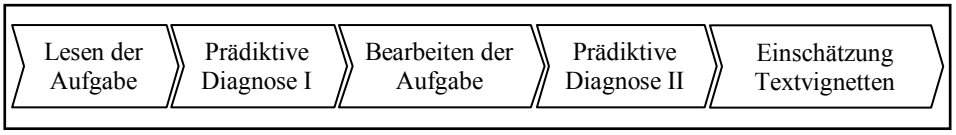


Abb. 1: Ablauf des Interviews

Ergebnisse

Im Folgenden sind erste Ergebnisse jeweils in Bezug auf die Forschungsfragen formuliert.
Forschungsfrage 1: Entgegen der Erwartung sind die Diagnosen der untersuchten Studierenden wenigstens so differenziert wie die der von Draude untersuchten Lehrkräfte. Während der Anteil an Personen, die mindestens eine Schwierigkeit in einer Experimentierphase diagnostizieren, pro Phase ähnlich groß sind, diagnostizieren Studierende im Schnitt mehr Schwierigkeiten (Abb. 2).

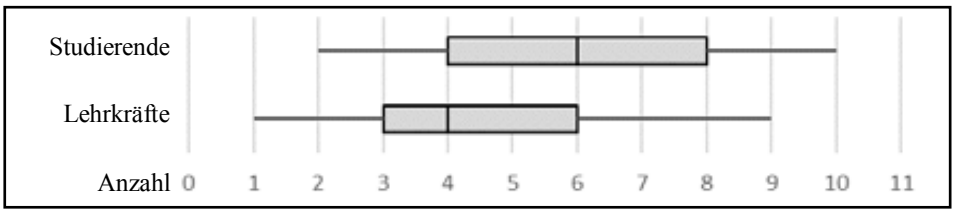


Abb. 2: Anzahl diagnostizierter Schwierigkeiten von Studierenden und Lehrkräften

Außerdem ist hervorzuheben, dass etwa 88 % der Studierenden mindestens eine der Schwierigkeiten „fehlende Kenntnis des Hooke'schen Gesetzes", „fehlendes Verständnis des Hooke'schen Gesetzes" oder „fehlerhafte Übertragung des Hooke'schen Gesetzes auf Massen" benennen, während der Anteil bei den Lehrkräften lediglich 24 % beträgt.

[1] Eine detailliert P127_Kurth e Beschreibung des Interviewablaufs und der Auswertungsmethoden findet sich in Kurth & Wodzinski (2017).

Forschungsfrage 2: Durch die Analyse der Experimentiervideos konnten zahlreiche Schwierigkeiten identifiziert werden, welche die Studierenden bei der Bearbeitung des Experimentierauftrags haben. Insbesondere verwendete nur einer von neun Studierenden alle bekannten Massen zur Bestimmung der unbekannten Masse. Bei sieben Studierenden traten Schwierigkeiten bei der Dokumentation, wie z. B. fehlende Versuchsdurchführungen oder Rechenwege, auf. Ebenso häufig wurden Schwierigkeiten beim genauen Messen beobachtet. Zum Beispiel wurden Gegenstände während der Messung berührt oder der Zollstock ungenau angehalten und abgelesen. Des Weiteren traten bei den Studierenden viele individuelle Schwierigkeiten auf, die bereits Kechel (2016) bei Schülern beobachten konnte. Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass Schwierigkeiten der Studierenden eine gelungene Diagnose behindern.

Forschungsfrage 3: Der Erwartung entsprechend benennen sieben der neun Studierenden nach der Durchführung des Versuchs Schwierigkeiten, die sie zuvor nicht benannt haben. Als Begründung geben sie an, dass ihnen diese während der Durchführung bewusstgeworden sind. Entgegen der Erwartung verwerfen sechs von neun Studierenden nach der Durchführung des Versuchs Schwierigkeiten, die sie zuvor diagnostiziert haben. Als Begründung geben sie an, dass sie diese Schwierigkeiten selbst nicht hatten. Eine ausführlichere Auseinandersetzung mit dem Experiment in Form der Durchführung führt demnach nicht automatisch zu einer besseren Diagnose von Schülerschwierigkeiten.

Forschungsfrage 4: Insgesamt erweist sich die Definition einer Schwierigkeit mittels Teilzielen als sinnvoll, da im Schnitt 75 % der Studierenden in Situationen Schwierigkeiten erkennen, in denen ein Teilziel nicht erreicht wurde. Ausnahmen bilden hierbei Situationen, in denen Ungenauigkeiten bei der Messung erkennbar sind, wie z. B. die Markierung der Nulllage der Feder mit dem Finger oder das Messen der Ausgangsfederlänge, während diese auf dem Tisch liegt. Diese Ergebnisse wurden lediglich aus der endgültigen Einschätzung der Studierenden gewonnen. Da die Studierenden die Situationen differenziert einschätzen und eine Situation in Abhängigkeit verschiedener Bedingungen, z.B. ob sich die Schülerinnen und Schüler über die Ungenauigkeit der Markierung mit dem Finger im Klaren sind, unterschiedlich einschätzen, bedarf diese Phase noch einer detaillierten Auswertung. In Verbindung mit Forschungsfrage 2 kann jedoch an dieser Stelle schon festgehalten werden, dass nur wenige der Schwierigkeiten der Studierenden während der Versuchsdurchführung von diesen nicht als solche wahrgenommen werden.

Ausblick

Das zuvor beschriebene Interview wird mit weiteren Studierenden durchgeführt, um die Ergebnisse der ersten drei Forschungsfragen auf eine breitere Datenbasis zu stellen und Zusammenhänge zwischen den Diagnosen und Schwierigkeiten der Studierenden detaillierter herausarbeiten zu können. Zudem werden die Eischätzungen der Situationen in der letzten Interviewphase unter Berücksichtigung der speziellen Argumentationen der Studierenden nochmals ausgewertet. Im nächsten Schritt werden die Schülerschwierigkeiten bei zwei weiteren Experimenten analog zum Vorgehen von Kechel (2016) erhoben, um das Kategoriensystem der Schwierigkeiten zu verallgemeinern. Auf Grundlage des dabei gewonnenen Videomaterials und unter Berücksichtigung der Erkenntnisse zu den vier oben beschriebenen Forschungsfragen werden Möglichkeiten entwickelt, die Diagnosekompetenz von Studierenden zu fördern. Zuletzt werden diese Möglichkeiten erprobt und ihre Wirksamkeit evaluiert.

Literatur

de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. Review of Educational Research, 68 (2), S. 179–201.

Draude, M. (2016). Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 212).

Fischer, A.; Sjuts, J. (2011). Entwicklung von Diagnose- und Förderkompetenz im Fach Mathematik. SEMINAR - Lehrerbildung und Schule 4, S. 31–47.

Girulat, A.; Nührenbörger, M. & Wember, F. (2013). Fachdidaktisch fundierte Reflexion von Diagnose und individueller Förderung im Unterrichtskontext - am Beispiel des Faches Mathematik unter Berücksichtigung sonderpädagogischer Förderung. In: Hußmann, S. & Selter, C. (Hg.): Diagnose und individuelle Förderung in der MINT-Lehrerbildung. Das Projekt dortMINT. Münster: Waxmann, S. 150–166.

Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 59 (5), S. 292–299.

Hopf, M. (2007). Problemorientierte Schülerexperimente. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 68).

Kechel, J.-H. (2016). Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 214).

Kurth, C. & Wodzinski, R. (in Vorbereitung). Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten zu diagnostizieren. Vorstellung eines Promotionsvorhabens. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Rogalla, M. & Vogt, F. (2008). Förderung adaptiver Lehrkompetenz: eine Interventionsstudie. Unterrichtswissenschaft 36 (1), S. 17–36.

Nadine Boele Universität Regensburg
Oliver Tepner

Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Chemielehrkräften

Zusammenfassung
Die Grundlage einer guten Erklärung ist das Erkennen des Bedarfs und möglicher Anknüpfungspunkte einer Erklärung. Während entsprechende Lehrerkompetenzen zur professionellen Unterrichtswahrnehmung in der Mathematik, im Sachunterricht der Grundschule und in der Physik bereits Gegenstand der Forschung sind, liegen derzeit weder Forschungs- noch Fortbildungskonzepte für die Chemie vor. Im Rahmen des Projekts sollen die Kompetenz der professionellen Unterrichtswahrnehmung im Chemieunterricht erforscht und eine videobasierte Lehrerfortbildung zur Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung bei Chemielehrkräften entwickelt werden. Dazu werden videobasierte Unterrichtsvignetten als Messinstrument für die professionelle Unterrichtswahrnehmung in einem Prä-Posttestdesign eingesetzt. In den Vignetten werden Unterrichtssituationen dargestellt, in denen Lernschwierigkeiten und mögliche Unterstützungsversuche thematisiert und identifiziert werden sollen.

Hintergrund
Sämtliches Wissen basiert auf der persönlichen Wahrnehmung und wie das Wahrgenommene verarbeitet wird, indem verschiedene Sachverhalte miteinander verglichen und Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede herausgestellt werden (Mandl, Friedrich & Hron, 1988). Die Grundlage für das Wissen über Schülerdenkweisen und deren Probleme stellt demnach die entsprechende Wahrnehmung dar. Unterschiedliche Lehrkräfte nehmen in gleichen Situationen unterschiedliche Aspekte wahr, da Wissen auf Basis des subjektiv Wahrgenommenen konstruiert wird (Gibson, 1979). Jede Person richtet ihre Aufmerksamkeit auf verschiedene Aspekte u. a. basierend auf ihrem Professionswissen (Goodwin, 1994).
Eine wichtige Aufgabe von Lehrerinnen und Lehrern ist es, die Schülerinnen und Schüler dazu anzuregen, sich aktiv mit neuem und bereits vorhandenem Wissen auseinanderzusetzen und sie dabei zu unterstützen (Kunter & Voss, 2011). Im naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutet das insbesondere, dass die bereits vorhandene Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler differenziert, integriert und umstrukturiert werden, sodass wissenschaftliche Vorstellungen entstehen (Schneider, Vamvakoussi & van Dooren, 2012).
Dabei ist es von besonderer Bedeutung, das Lernen als Lehrkraft zu begleiten und die Lernprozesse und -entwicklungen zu überwachen (Helmke & Weinert, 1997; Seidel et al., 2006; Seidel & Shavelson, 2007). Durch Instruktionen, welche auf die Denkweisen der Schülerinnen und Schülern ausgerichtet sind, lässt sich die Schülerleistung steigern (Bobis et al., 2005; Carpenter, Fennema, Peterson, Chiang & Loef, 1989; Fennema et al., 1996; Jacobs, Franke, Carpenter, Levi & Battey, 2007).
Es ist also notwendig, dass Lehrkräfte die Denkweisen, Strategien und Leistungen der Schülerinnen und Schüler kennen und aktiv in die Unterrichtsgestaltung einbeziehen (Meschede, Steffensky, Wolters & Möller, 2015). Das stellt jedoch eine große Herausforderung dar, zumal Lehrerinnen und Lehrer im Unterricht mit einer Vielzahl an komplexen und unorganisierten Situationen konfrontiert werden (Bromme, 1997; Sherin, Jacobs & Philipp, 2011). Um die Denkweisen der Schülerinnen und Schüler zu erkennen, müssen Lehrkräfte also ihre Aufmerksamkeit auf lernrelevante Unterrichtssituationen lenken

und gleichzeitig die für die Lernunterstützung irrelevanten Aspekte ausblenden (selective attention) (van Es & Sherin, 2002).
Anschließend an die gezielte Wahrnehmung werden die beobachteten Ereignisse auf Grundlage des Professionswissens verarbeitet, interpretiert und es wird entsprechend gehandelt (Knowledge based reasoning) (van Es & Sherin, 2002). Diese beiden Prozesse, Wahrnehmung und Interpretation, umfassen die Kompetenz der professionellen Unterrichtswahrnehmung. Andere Wissenschaftler ergänzen das Konzept von van Es und Sherin um die Entscheidungen über Handlungsmöglichkeiten (Jacobs, Lamb & Philipp, 2010; Jacobs, Lamb, Philipp & Schappelle, 2011; Kaiser, Busse, Hoth, König & Blömeke, 2015; Sherin et al., 2011). Diese Erweiterung findet man auch im PID-Modell (perceiving particular events in an instructional setting, interpreting the perceived activities in the classroom, decision-making) (Kaiser et al., 2015).

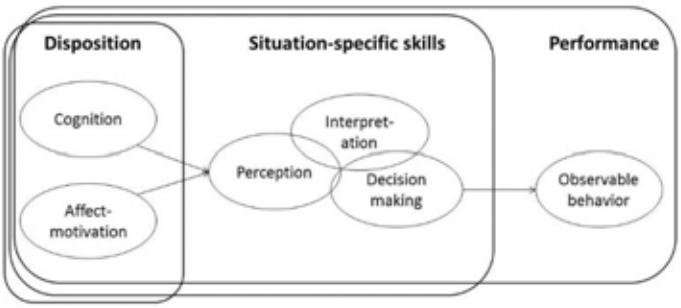


Abb. 1: PID-Modell (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015)

In diesem Modell wird die Lücke zwischen der latenten Disposition und der manifesten Performanz durch situationsspezifische Fähigkeiten, welche sich aus der Wahrnehmung, der Interpretation und der Entscheidungsfindung zusammensetzen, geschlossen. Diese Aspekte entsprechen den Prozessen der professionellen Unterrichtswahrnehmung und können als Indikatoren für die Anwendung des Professionswissens erachtet werden.

Fragestellungen

- Kann das entwickelte Messinstrument die Kompetenz der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Chemielehrkräften objektiv, valide und reliabel erfassen?
- Wird die Kompetenz der professionellen Unterrichtswahrnehmung durch die entwickelte Lehrerfortbildung verbessert?
- Sind Expertenlehrkräfte im Unterrichtsfach Chemie hinsichtlich der professionellen Unterrichtswahrnehmung kompetenter als Novizenlehrkräfte?
- Ist die professionelle Unterrichtswahrnehmung themenspezifisch?

Methode

Ziel des Projekts ist es, eine Lehrerfortbildung zu entwickeln, welche die Kompetenz der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Chemielehrkräften verbessern soll. Um diese Kompetenz zu messen, wird derzeit ein Messinstrument entwickelt. Dazu werden ähnlich wie in dem Projekt ViU (Holodynski et al., 2017; Sunder, Todorova & Möller, 2015) Videoausschnitte von Chemieunterrichtsstunden ausgewählt, die sich für die professionelle Unterrichtswahrnehmung eignen. Anhand der Videoausschnitte wird ein Fragebogen entwickelt, in dem Fragen zur professionellen Unterrichtswahrnehmung beantwortet werden. Dabei werden sowohl geschlossene als auch offene Items verwendet. Mit den offenen Items soll herausgefunden werden, was die Lehrkräfte tatsächlich wahrnehmen und wie das Beobachtete beschrieben wird. Die geschlossenen Items hingegen lenken die Antworten der

Lehrkräfte auf bestimmte Situationen und dienen sowohl dazu, herauszufinden, ob sie wichtige Situationen im Unterricht wahrnehmen als auch, ob sie diese richtig interpretieren. Des Weiteren werden die Videoausschnitte an bestimmten Situationen beendet, an denen die Lehrkräfte, ausgehend von der beobachteten Situation, angeben sollen, wie sie an dieser Stelle fortfahren würden. Mithilfe dieses Messinstruments wird die Kompetenz der professionellen Unterrichtswahrnehmung von Chemielehrkräften in einem Prä-Posttestdesign zu Beginn und am Ende der Fortbildung gemessen, um herauszufinden, ob eine Verbesserung zu beobachten ist.
Als Kontrollvariablen werden motivationale Variablen sowie das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen zu den für die Unterrichtsvideos relevanten Inhalten erhoben. Der Wissenstest wird vorher und nachher durchgeführt, um den Lernzuwachs zu messen. Die Tests werden an einer Gruppe von Lehrerinnen und Lehrern durchgeführt, welche an der Fortbildung zur Verbesserung der professionellen Unterrichtswahrnehmung teilnehmen. Um zu überprüfen, ob eine Verbesserung tatsächlich auf die Fortbildung zurückzuführen ist, werden die Tests zusätzlich in einer Kontrollgruppe eingesetzt, welche keine entsprechende Fortbildung besucht (Kontrollgruppendesign).
Die Videos für das Messinstrument werden derzeit aufgenommen. Dafür werden in zwei Klassen jeweils 4 bzw. 5 Schulstunden zu den Unterrichtsreihen „Atombau“ und „chemische Reaktion“ videografiert. Aus diesen Videos werden entsprechende Ausschnitte ausgewählt, die für das Messinstrument und ggf. für die Fortbildung verwendet werden. In der folgenden Übersicht ist das Forschungsdesign dargestellt.

1. Messzeitpunkt
- Messung der professionellen Unterrichtswahrnehmung
- Wissenstests (Fachwissen und fachdidaktisches Wissen zu den Themen „Atombau“ und „chemische Reaktion“

Stichprobe:
- Lehrkräfte mit mind. 5 Jahren Berufserfahrung (Lehrkräfte der Interventions- und Kontrollgruppe)
- Studierende und Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst

↓

Fortbildung
Videobasierte Lehrerfortbildung zur Verbesserung der professionellen Unterrichtswahrnehmung

↓

2. Messzeitpunkt
- Messung der professionellen Unterrichtswahrnehmung
- Wissenstests (Fachwissen und fachdidaktisches Wissen zu den Themen „Atombau“ und „chemische Reaktion“

Stichprobe:
- Teilnehmer der Fortbildung (Interventionsgruppe)
- Lehrkräfte, welche die Fortbildung nicht besuchen (Kontrollgruppe)

Ausblick
Derzeit werden die Videos zu den Themen „Atombau“ und „chemische Reaktion“ erstellt. Anschließend werden diese ausgewertet und Ausschnitte gewählt, welche in den Online-Fragebogen implementiert oder in der Lehrerfortbildung eingesetzt werden.

Literatur

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie, 223* (1), 3–13. https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194

Bobis, J., Clarke, B., Clarke, D., Thomas, G., Wright, B., Young-Loveridge, J. et al. (2005). Supporting teachers in the development of young children's mathematical thinking: Three large scale cases. *Mathematics Education Research Journal, 16* (3), 27–57.

Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. *Psychologie des Unterrichts und der Schule, 3,* 177–212.

Carpenter, T. P., Fennema, E., Peterson, P. L., Chiang, C.-P. & Loef, M. (1989). Using knowledge of children's mathematics thinking in classroom teaching: An experimental study. *American Educational Research Journal, 26* (4), 499–531.

Fennema, E., Carpenter, T. P., Franke, M. L., Levi, L., Jacobs, V. R. & Empson, S. B. (1996). A longitudinal study of learning to use children's thinking in mathematics instruction. *Journal for Research in Mathematics Education,* 403–434.

Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.

Goodwin, C. (1994). Professional Vision. *American Anthropologist, 96* (3), 606–633. https://doi.org/10.1525/aa.1994.96.3.02a00100

Helmke, A. & Weinert, F. E. (1997). Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung: Ergebnisse aus dem SCHOLASTIK-Projekt. *Entwicklung im Grundschulalter* (s 241), 251.

Holodynski, M., Steffensky, M., Gold, B., Hellermann, C., Sunder, C., Fiebranz, A. et al. (2017). Lernrelevante Situationen im Unterricht beschreiben und interpretieren. In: *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals* (S. 283–302). Springer.

Jacobs, V. R., Franke, M. L., Carpenter, T. P., Levi, L. & Battey, D. (2007). Professional development focused on children's algebraic reasoning in elementary school. *Journal for Research in Mathematics Education,* 258–288.

Jacobs, V. R., Lamb, L. L.-C. & Philipp, R. A. (2010). Professional Noticing of Children's Mathematical Thinking. *Journal for Research in Mathematics Education, 41* (2), 169–202.

Jacobs, V. R., Lamb, L. L.-C., Philipp, R. A. & Schappelle, B. P. (2011). Deciding how to respond on the basis of children's understandings. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Hrsg.), *Mathematics teacher noticing. Seeing through teachers' eyes* (Studies in mathematical thinking and learning, S. 97–116). New York: Routledge.

Kaiser, G., Busse, A., Hoth, J., König, J. & Blömeke, S. (2015). About the complexities of video-based assessments: Theoretical and methodological approaches to overcoming shortcomings of research on teachers' competence. *International Journal of Science and Mathematics Education, 13* (2), 369–387.

Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV. Eine multikriteriale Analyse. In: *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster [u.a.]: Waxmann.

Mandl, H., Friedrich, H. F. & Hron, A. (1988). Theoretische Ansätze zum Wissenserwerb. In H. Aebli, H. Mandl & H. Spada (Hrsg.), *Wissenspsychologie* (S. 123–160). München: Psychologie Verlags Union.

Meschede, N., Steffensky, M., Wolters, M. & Möller, K. (2015). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung. *Unterrichtswissenschaft, 43* (4), 317–335.

Schneider, M., Vamvakoussi, X. & van Dooren, W. (2012). Conceptual change. *Encyclopedia of the Sciences of Learning,* 735–738.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M. et al. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik, 52* (6), 799–821.

Seidel, T. & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of educational research, 77* (4), 454–499.

Sherin, M. G., Jacobs, V. R. & Philipp, R. A. (2011). Situating the study of teacher noticing. In M. G. Sherin, V. R. Jacobs & R. A. Philipp (Hrsg.), *Mathematics teacher noticing. Seeing through teachers' eyes* (Studies in mathematical thinking and learning, S. 3–13). New York: Routledge.

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

Van Es, E. A. & Sherin, M. G. (2002). Learning to Notice: Scaffolding New Teachers' Interpretations of Classroom Interactions. *Journal of Information Technology for Teacher Education, 10* (4), 571–596.

Victoria Enzmann Universität Regensburg
Arno Pfitzner
Oliver Tepner

Entwicklung einer Lehrerfortbildung zur experimentellen Kompetenz

Motivation und theoretischer Hintergrund

Laut Müller et al. (2010) sind es die Bildungsprozesse der dritten Lehrerbildungsphase, deren Wirksamkeit empirisch am besten belegt sind. In erster Linie sollen Fortbildungen für Qualitätssicherung und Verbesserung des Unterrichtes und für die Weiterentwicklung der Handlungskompetenzen von Lehrkräften sorgen.

Die gewünschten Inhalte von Chemielehrkräften bezüglich Fortbildungsveranstaltungen betreffen vor allem neue Experimente, Unterrichtskonzepte, fachliche Hintergründe und methodische Themen, wobei bei Gymnasiallehrkräften Themen zur Sekundarstufe II bevorzugt werden (Daus et al., 2004; Neu & Melle, 1998; Pietzner, Scheuer & Daus, 2004; Schmidt & Neu, 2004). Generell sind Gymnasiallehrkräfte auch Themen gegenüber aufgeschlossen, die nicht direkt im Lehrplan stehen, wobei eine Mischung von Fachdidaktik und Fachwissenschaft bevorzugt wird (Ropohl, Schönau & Parchmann, 2016; Schmidt & Neu, 2004). Generell werden Fortbildungen von Lehrkräften für notwendig erachtet (Gräsel, Pröbstel, Freienberg & Parchmann, 2006; Schmidt & Neu, 2004). Ausgewählte günstige Faktoren betreffen vor allem die längere Dauer von Fortbildungen, Wechsel von Theorie-, Praxis- und Reflexionsphasen, hoher Unterrichtsbezug und Teilnahme von mehreren Lehrkräften einer Schule (Aldorf, 2016; Ansorge-Grein, 2010; Fischer, 2013; Fischler, 2015; Müller et al., 2010; Rosenshine, 1979; Trendel, Wackermann & Fischer, 2007).

Die experimentelle Kompetenz von Schülerinnen und Schülern wurde schon mehrfach auf unterschiedliche Weise untersucht (Eickhorst, Dickmann, Schecker, Theyssen & Neumann, 2015; Hammann, 2004; Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt, 2003; Schreiber, 2012). In dieser Studie liegt der Fokus auf der experimentellen Kompetenz von Lehrkräften. Motivation und theoretischer Hintergrund hierzu sind nachzulesen bei Enzmann, Pfitzner und Tepner (2017).

Konzeption der Fortbildung

Die Fortbildung wurde als zweitägige Veranstaltung für Chemielehrkräfte des Gymnasiums geplant. Die beiden Tage liegen etwa zwei Wochen auseinander. Es wurde explizit auf eine Mischung aus Fachdidaktik und Fachwissenschaft, sowie unterrichtsnahen und innovativen Themen geplant. Einige Fortbildungen werden auch als schulinterne Fortbildung für ein Kollegium einer Schule durchgeführt.

Am ersten ganztägigen Fortbildungstermin werden Schülerexperimente im Unterricht insbesondere mit Fokus auf Erkenntnisgewinnungsprozesse besprochen und einige mögliche Experimente hierzu vorgestellt und von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern getestet. Fachdidaktischer Schwerpunkt sind Unterrichtsinhalte der Elektrochemie und deren (praktische) Vermittlung für Mittel- und Oberstufe des Gymnasiums. Fachwissenschaftlich werden Themen der Photokatalyse und der Photoelektrochemie an beiden Fortbildungstagen theoretisch und praktisch mit potentiellen Schülerexperimenten besprochen.

Erste Publikationen beschreiben photochemische Themen für den Schulunterricht, insbesondere Experimente. Viele davon wurden in fachdidaktischen Zeitschriften

veröffentlicht (Kisch, 2011; Tausch, 2011; Tausch, 2015; Griebler, 2005; Griebler & Gesenhues, 2005; Heffen, Krämer, Meuter & Tausch; 2015; Ibanez, Mena-Brito & Fregoso-Infante, 2005). Eine dauerhafte Implementierung bedarf allerdings weiterer Maßnahmen, wobei eine Fortbildungsveranstaltung mit anschließender Unterstützung für den Unterricht aussichtsreich erscheint. Darüber hinaus sind die Photokatalyse und die Photoelektrochemie aktuelle Forschungsthemen mit ersten kommerziellen Anwendungen.

Fragestellungen

F1: Inwiefern lässt sich das Fachwissen der Lehrkräfte im Bereich Photokatalyse und Photoelektrochemie im Rahmen einer zweitägigen Fortbildung fördern?

H1: Lehrkräfte, die an der Fortbildung teilgenommen haben, verfügen über höheres Fachwissen in den entsprechenden Themenfeldern als vor der Fortbildung.

F2: Inwiefern kann die experimentelle Kompetenz von Lehrkräften durch eine zweitägige Fortbildung gesteigert werden?

H2: Lehrkräfte, die an einer zweitägigen Fortbildung mit Schwerpunkt Erkenntnisgewinnungsprozesse teilgenommen haben, …

H2a: … weisen ein höheres experimentell-fachdidaktisches Wissen auf als vorher.

H2b: … ändern ihre Einstellung zu mehr Orientierung auf Erkenntnisgewinnung.

H2c: … weisen nachher größere praktische Fertigkeiten und höhere spontane Performanz bei Erkenntnisgewinnungsprozessen auf.

F3: Welche Faktoren korrelieren mit der Ausleihe der Experimentierboxen/der Anwendung der Fortbildungsinhalte?

H3: Lehrkräfte, die an der zweitägigen Fortbildung teilgenommen haben, zeigen positive Korrelationen zwischen der Angabe zur Ausleihe der Experimentierboxen/Anwendung der Fortbildungsinhalte mit aktueller Motivation zum Einsatz der Fortbildungsinhalte, subjektivem Lernerfolg am Ende der Fortbildung, Lernerfolg im experimentell-fachdidaktischen Wissen und im Fachwissen sowie Veränderung der Einstellung hinsichtlich der Orientierung auf Erkenntnisgewinnung.

Studiendesign und Methoden

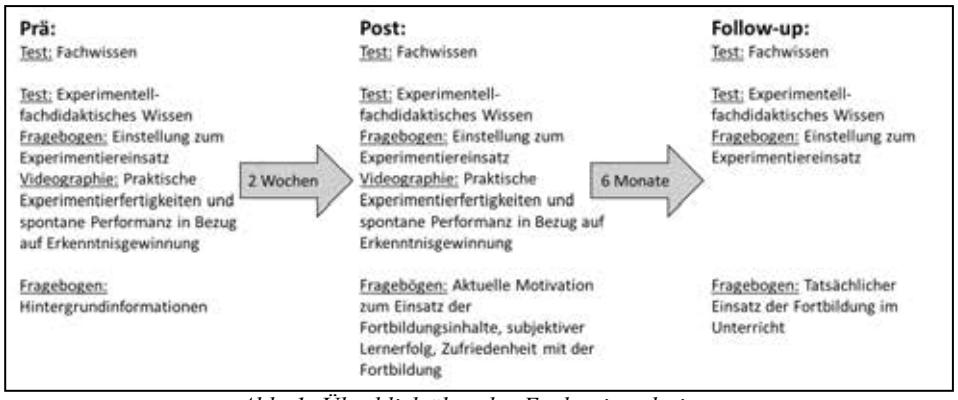


Abb. 1: Überblick über das Evaluationsdesign.

Zur Untersuchung der Wirksamkeit der Lehrerfortbildung wird hypothesenprüfend im Prä-Post-(Follow-up)-Testdesign vorgegangen (siehe Abb. 1). Die Stichprobe umfasst Chemielehrkräfte des Gymnasiums in Bayern mit Unterrichtsfach Chemie, die sich für die kostenlose Fortbildung angemeldet haben. Zeitlich wie thematisch wird der Ablauf

standardisiert. Die Fortbildungen finden an bayerischen Universitäten oder an Schulen direkt statt. Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden verschiedene Evaluationsinstrumente eingesetzt, siehe Abbildung 1.

Informationen über die zur Beantwortung der Forschungsfragen eingesetzten Instrumente können bei den Autoren erfragt oder nachgelesen werden bei Enzmann et al. (2017).

Ergebnisse der Pilotierung

An der Pilotierung im Herbst 2016 nahmen vier bayerische Gymnasiallehrkräfte teil. Die Fortbildung umfasste hierbei noch einen ganzen Fortbildungstag und zwei halbe Nachmittage, wobei zwischen den Terminen je zwei Wochen lagen.

Hypothese 1: Die Lehrkräfte erreichten im Post-Fachwissenstest 14 % mehr richtige Antworten als im Vortest. Die Pilotierung gibt somit erste Hinweise darauf, dass die Hypothese angenommen werden kann.

Hypothese 2a-c: Die Lehrkräfte erreichten im experimentell-fachdidaktischen Posttest 6,5 % mehr richtige Antworten als im Vortest. Die Einstellung zum erkenntnisgewinnungsorientierten Einsatz von Experimenten im Unterricht unterscheidet sich zwischen Vor- und Nachfragebogen nicht. Die Videoanalyse der Experimentierphasen, der praktischen Experimentierfähigkeit und der spontanen Performanz von Teilaspekten zur Erkenntnisgewinnung ist noch nicht abgeschlossen. Zur Fragestellung zwei lassen sich somit noch keine Aussagen treffen.

Hypothese 3: Ein Follow-Up wurde für die Pilotierung nicht erhoben. Somit kann zur Fragestellung 3 keine Aussage gemacht werden.

Des Weiteren wurden verschiedene Items von den Lehrkräften bewertet von 1 „sehr unzutreffend“ bis 5 „sehr zutreffend“ (entsprechende negativ formulierte Items wurden rekodiert). Im Folgenden sind die Mittelwerte angegeben:
Aktuelle Motivation zum Einsatz der Fortbildung im Unterricht: 4,47;
Zufriedenheit mit der Fortbildung: 4,67;
Subjektiver Lernerfolg: 4,85.
Diese Werte zeigen, dass die Fortbildung sehr positiv beurteilt wurde.

Abgesehen von der zeitlichen Modifikation hin zu zwei ganztägigen Fortbildungsterminen und der Überarbeitung des selbsterstellten Fachwissenstests wurden keine Veränderungen von Pilotierung zu Hauptstudie vorgenommen. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl werden die Ergebnisse rein deskriptiv berichtet und sollen allenfalls als Hinweise auf eine mögliche Wirksamkeit der Lehrerfortbildung gewertet werden. Die positiven Ergebnisse scheinen sich im Rahmen der derzeit laufenden Hauptstudie zu bestätigen.

Ausblick

Aktuell findet die Hauptstudie nach dem oben angegebenen Design statt und wird quantitativ ausgewertet. Das Kodiermanual zur Beantwortung der Forschungsfrage 2 wird derzeit anhand von Videos aus der Präpilotierung mit Studierenden und der Pilotierung mit Gymnasiallehrkräften erstellt und überarbeitet. Erste Ergebnisse werden im Sommer 2018 vorliegen.

Literaturverzeichnis

Aldorf, A.-M. (2016). *Lehrerkooperation und die Effektivität von Lehrerfortbildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Ansorge-Grein, K. (2010). *Qualität und Qualitätsmanagement in der universitären naturwissenschaftlichen Lehrerfortbildung*. Dissertation, Goethe-Universität. Frankfurt am Main.

Daus, J., Pietzner, V., Höner, K., Scheuer, R., Melle, I., Neu, C. et al. (2004). Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern. *CHEMKON, 11* (2), 79-85.

Eickhorst, B., Dickmann, M., Schecker, H., Theyssen, H. & Neumann, K. (2015). Messung experimenteller Kompetenz im Large-Scale: Bewertung experimenteller Aufgaben. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 169-171). Kiel: IPN.

Enzmann, V., Pfitzner, A. & Tepner, O. (2017). Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (Bd. 37, 760–763). Regensburg.

Fischer, B. (2013). Fort- und Weiterbildung für Lehrkräfte an Schulen. Ein Leitbild als Grundlage für das hochschulinterne Qualitätsmanagement von universitären Angeboten. *Hochschulwesen. Wissenschaft und Praxis, 61* (5), 169-174.

Fischler, H. (2015). Aus- und Fortbildung von Physiklehrkräften. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (Springer-Lehrbuch, 3. Aufl., S. 681-704). Berlin: Springer Spektrum.

Gräsel, C., Pröbstel, C., Freienberg, J. & Parchmann, I. (2006). Anregungen zur Kooperation von Lehrkräften im Rahmen von Fortbildungen. In M. Prenzel, L. Allolio-Näcke & Prenzel-Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 310-332). Münster: Waxmann.

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

Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt. (2003). *Zur systematischen Entwicklung experimenteller Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht. "Naturwissenschaftliches Arbeiten" Modul 2*. Dresden: Polydruck Dresden.

Müller, F. H., Eichenberger, A., Lüders, M. & Mayr, J. (2010). Prolog: Die Entdeckung der dritten Phase der Lehrerbildung. In F. H. Müller (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 9-16). Münster: Waxmann.

Neu, C. & Melle, I. (1998). Die Fortbildung von Chemielehrerinnen und -lehrern. *CHEMKON, 5* (4), 181-186.

Pietzner, V., Scheuer, R. & Daus, J. (2004). Fragebogenstudie zum Fortbildungsverhalten von Chemielehrerinnen und -lehrern. In H. J. Bader (Hrsg.), *Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern* (Frankfurter Beiträge zur Didaktik der Chemie, Bd. 3, 1. Aufl., S. 13-54). Frankfurt am Main: Schutt.

Ropohl, M., Schönau, K. & Parchmann, I. (2016). Welche Wünsche und Erwartungen haben Lehrkräfte an aktuelle Forschung als Gegenstand von Fortbildungsveranstaltungen? *CHEMKON, 23* (1), 25-33.

Rosenshine, B. (1979). Content, time and direct instruction. In P. Peterson & H. Walberg (Hrsg.), *Research on Teaching: Concepts, findings and implications* (S. 28-56). Berkeley: McCutchan.

Schmidt, S. & Neu, C. (2004). Interviewstudie zum Fortbildungsverhalten von Chemielehrerinnen und -lehrern. In H. J. Bader (Hrsg.), *Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern* (Frankfurter Beiträge zur Didaktik der Chemie, Bd. 3, 1. Aufl., S. 55-108). Frankfurt am Main: Schutt.

Schreiber, N. (2012). *Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 139). Berlin: Logos.

Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 13,* 9-31.

Volker Brüggemann
Volkhard Nordmeier
Freie Universität Berlin

Naturwissenschaftliches Denken im Lehramtsstudium - Computeradaptive Leistungsmessung -

Das Projekt ValiDiS

Das Projekt ValiDiS (Kompetenzmodellierung und -erfassung: Validierungsstudie zum wissenschaftlichen Denken im naturwissenschaftlichen Studium) hat das Ziel, die Entwicklung *naturwissenschaftlichen Denkens* bei Lehramtsstudierenden zu untersuchen. Es schließt an das Projekt Ko-WADiS (Hartmann et al. 2015) an. *Naturwissenschaftliches Denken* wird dabei als eine Kompetenz aufgefasst, die sich in Untersuchungs- und Modellierungsprozessen beobachten lässt (Straube 2016). Aufgeteilt werden diese Prozesse in sieben Handlungsfacetten, die sich aus der Kombination von Kompetenzmodellen zu Erkenntnisgewinnungsprozessen (Mayer 2007) sowie zur Arbeit mit Modellen (Upmeier zu Belzen und Krüger 2010) ergeben. Um diese Kompetenz zu messen, wurde im Projekt Ko-WADiS ein papierbasierter Multiple-Choice-Leistungstest entwickelt.

Das Ko-WADiS-Testinstrument befindet sich nun im Prozess der weiteren Validierung: Im Längsschnitt wird *naturwissenschaftliches Denken* über Studienverläufe hinweg (eindimensional) erfasst, wobei eine EAP/PV Reliabilität von .65 erreicht wird[1]. Vorläufig liegen nur Ergebnisse von Vergleichen verschiedener Kohorten im Querschnitt vor, da die Längsschnitt-Beobachtung nicht abgeschlossen ist. Hier zeigen sich erwartungskonform ansteigende Leistungen der Studierendengruppen in höheren Semestern. Ebenfalls kann man theoretischen Annahmen entsprechende Unterschiede zwischen bekannten Gruppen erkennen. Aufgrund dieser Datenlage wird davon ausgegangen, dass die Auslegung der Messwerte im Sinne eines Kompetenzmaßes valide ist (Straube 2016). Zusätzlich erscheint der Test in laufenden Interventionsstudien als sensitiv genug, um Kompetenzverläufe im Rahmen von einzelnen Lehrveranstaltungen aufzulösen.

Damit erscheint ein Einsatz in der Lehrevaluation als vielversprechend: Im Rahmen von kompetenzorientierten Studiengängen ist es wünschenswert, Lehrveranstaltungen nicht nur im Hinblick auf ihre strukturelle Güte, sondern auch auf die erreichte Kompetenzförderung hin zu untersuchen. Mit dem vorliegenden Instrument besteht die Chance, dies in den Naturwissenschaften (bezogen auf die Förderung von wissenschaftlichen Denkweisen) fächerübergreifend zu tun.

Aktuelle Herausforderungen

Beim angedachten Einsatz des Tests in Evaluationsszenarien ergibt sich aber eine praktische Hürde: Momentan absolvieren die Proband*innen den Test mit einer Gesamtlänge von 21 Items pro Heft in ca. 35 Minuten. Bei einer Lehrevaluation würde mit einer entsprechenden Vorbereitung sowie zweifacher Durchführung für eine Prä-Post-Messung mindestens ein ganzer Veranstaltungstermin in Anspruch genommen werden. Es ist daher für eine angestrebte Anwendung in solchen Situationen wünschenswert, die Testdauer zu verkürzen.

[1] Anm.: Dieser Wert ist den üblichen ‚Faustregeln' nach zwar als schlecht einzuordnen, ordnet sich aber in die Ergebnisse anderer Kompetenztests im Bereich *Erkenntnisgewinnung* ein (vgl. Wellnitz 2012; Woitkowski 2015).

Im Hinblick auf die noch zu optimierende Reliabilität erscheint eine Kürzung des Instruments zunächst als kritisch. Zudem wird vermutet, dass die Konzentration/Motivation gegen Ende der Erhebungen stark nachlässt (diese wurde im Längsschnitt nicht erhoben, es handelt sich lediglich um Beobachtungen der Testleiter*innen). Es ist also anzunehmen, dass die Items am Ende einer Erhebung weniger messgenaue Daten liefern. Da die Items je nach Fragebogenversion in der Reihenfolge vertauscht sind, würde sich ein solcher Effekt nicht anhand von ausgewählten, schlechteren Items zeigen: Es wird vermutet, dass er sich in einer sinkenden Reliabilität des gesamten Instrumentes niederschlägt. Zusätzlich scheinen die Proband*innen trotz allem bemüht, den Test vollständig zu beenden. Daher führt auch der Einbezug von Ratewahrscheinlichkeiten im Auswertungsmodell nicht zu einer Lösung dieses Problems. Sollte die geschilderte Vermutung stimmen, so könnte eine Verbesserung der Testeffizienz zu einer Steigerung der Reliabilität führen.

Adaptive Testverfahren

Eine Idee zur Steigerung der Testeffizienz ist die Nutzung adaptiver Verfahren (Weiss 1982). Um deren mögliche Vorteile gegenüber linearer Verfahren zu verdeutlichen, sollen nun beide Konzepte kurz skizziert werden.

In *linearen Testverfahren*, z. B. in Papierform, wird allen Teilnehmenden eine konstante Anzahl von Items in einer festen Reihenfolge präsentiert. Dabei ergibt sich eine besondere Eigenschaft, sofern das Instrument auf der Item-Response-Theory basiert: Im Itempool gibt es Aufgaben mit einer breiten Spanne an Schwierigkeiten und in der Gruppe der befragten Personen eine breite Verteilung an Fähigkeitsausprägungen. Gelöste Aufgaben geben aber nur eine verwertbare Information über Probandenfähigkeiten, wenn sie von ihrer Schwierigkeit zur Fähigkeit der Proband*innen passen. Um in einer Befragung alle Teilnehmenden genau beurteilen zu können, muss also jeder Fragebogen genug Items der verschiedensten Schwierigkeiten enthalten. Im Umkehrschluss folgt dann aber auch, dass ausnahmslos alle Proband*innen zahlreiche Aufgaben lösen, die nicht auf sie passen und nur wenig Information liefern.

Adaptive Testverfahren können diesen Umstand umgehen (SARI et al. 2016). Während der Testanwendung wird, nachdem erste Items bearbeitet wurden, die Fähigkeit des/der Probanden/in individuell von einem Algorithmus geschätzt. Dies geschieht auf der Grundlage zuvor festgesetzter Item-Kennwerte und den bisher gegebenen Antworten. Die geschätzte Personenfähigkeit wird verwendet, um im Folgenden optimal zu den jeweiligen Proband*innen passende Aufgaben auszuwählen (Frey 2012). Durch mehrfache Wiederholung dieses Vorgangs kann der Test die Schätzung und Item-Auswahl verfeinern und somit adaptiv auf den/die einzelne/n Probanden/in reagieren. Vergleichende Studien zeigen, dass adaptive Testverfahren gegenüber linearen Instrumenten die Testeffizienz deutlich erhöhen können (vgl. z. B. Weiss 1982).

Wie häufig die erwähnte Schätzung durchgeführt wird, ist von Test zu Test unterschiedlich. „Echte“ adaptive Tests führen sie nach jeder Aufgabe durch. Demgegenüber gibt es aber auch Multistage-Tests (MSTs) (Hendrickson 2007). Hier werden die Schätzungen immer zwischen Blöcken aus Aufgaben durchgeführt, den sogenannten Testlets. Die einzelnen Testlets werden so konstruiert, dass sie Aufgaben gleicher Schwierigkeit aus allen Inhaltsbereichen abdecken. Die Testlets fungieren also als eine Auswahl verschieden schwerer Versionen des gesamten Instruments.

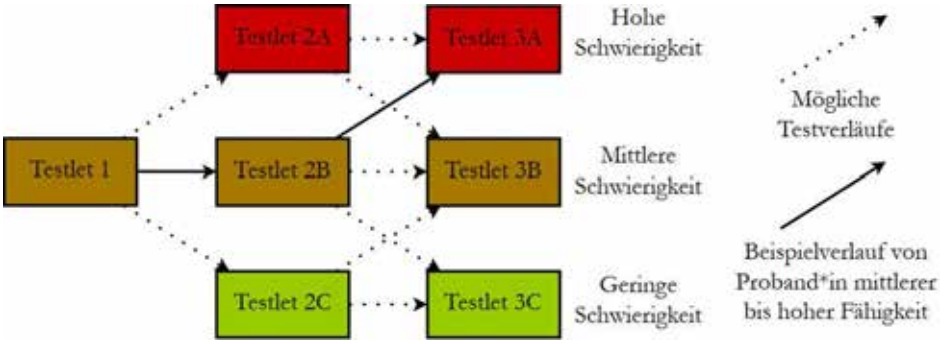


Abbildung 1: Adaptiver Multi-Stage-Test im 1-3-3 Design (Zheng und Chang 2014)

Vorhaben: Implementation eines adaptiven Testverfahrens
Wie oben beschrieben, steht dem regelhaften Einsatz des Ko-WADiS-Instruments (z. B. im Rahmen von Lehrevaluationen) derzeit noch die Testdauer im Wege. Zudem besteht die Hoffnung, dass eine Erhöhung der Testeffizienz in Kombination mit einer Verkürzung der Testdauer die Reliabilität des Instruments verbessern kann. Aus diesem Grund ist geplant, aus dem bestehenden Instrument eine adaptive Version zu entwickeln.

Im Rahmen des Projekts ValiDiS werden derzeit erneut Modellrechnungen mit den gesammelten Daten durchgeführt, um auf Grundlage der bestmöglichen Personenschätzer die Itemkennwerte festzusetzen. Die erneute Modellierung ist vorgesehen, da bisher stets Gruppenschätzungen durchgeführt und keine einzelnen Proband*innen in den Fokus genommen wurden. Danach wird eine Itemselektion erfolgen, um die Testlets zusammenzustellen. Aktuell ist ein dreistufiges Design mit drei Schwierigkeitsbereichen geplant (1-3-3-Design, siehe Abbildung 1). Alle Proband*innen würden somit nur je 15 Items anstelle der bisherigen 21 bearbeiten.

Ausblick
Die grundlegende Testadaption soll bis Ende 2017 abgeschlossen sein. Danach folgt eine erste Pilotierungsphase zum Ende des Wintersemesters 2017/18, in der auf die Optimierung technischer Aspekte fokussiert wird: Weboberfläche, Algorithmus sowie die Erstellung einer automatisierten Datenbank. In einer zweiten Phase sollen dann im Sommersemester 2018 die einzelnen Testlets optimiert werden.

Der Pilotierung werden später vergleichende Studien zwischen der adaptiven und der papierbasierten Version des Tests folgen, um Unterschiede in Testeffizienz und Messgenauigkeit zwischen den beiden Formaten zu untersuchen.

Literaturverzeichnis

Frey, Andreas (2012): Adaptives Testen. In: Helfried Moosbrugger und Augustin Kelava (Hg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Berlin/Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 275–293.

Hartmann, Stefan; Mathesius, Sabrina; Stiller, Jurik; Straube, Philipp; Krüger, Dirk; Upmeier zu Belzen, Annette (2015): Kompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Teil des Professionswissens zukünftiger Lehrkräfte: Das Projekt Ko-WADiS. In: Koch-Priewe, Anne Köker, Jürgen Seifried und Eveleine Wuttke (Hg.): Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 39–58, zuletzt geprüft am 10.03.2016.

Hendrickson, Amy (2007): An NCME Instructional Module on Multistage Testing. In: *Educational Measurement: Issues and Practice* 26 (2). Online verfügbar unter http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1745-3992.2007.00093.x/asset/j.1745-3992.2007.00093.x.pdf?v=1&t=j63j9ui7&s=dc089570fc06bbf1a511a6a118ac93bf691861d9, zuletzt geprüft am 08.08.2017.

Mayer, Jürgen (2007): Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: Dirk Krüger und Helmut Vogt (Hg.): Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch), zuletzt geprüft am 26.09.2017.

SARI, Halil Ibrahim; YAHSI-SARI, Hasibe; Corinne HUGGINS-MANLEY, Anne (2016): Computer Adaptive Multistage Testing. Practical Issues, Challenges and Principles. In: *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, S. 388. DOI: 10.21031/epod.280183.

Straube, Philipp (2016): Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-)Studierenden im Fach Physik. Berlin: Logos (Studien zum Physik. und Chemielernen, 209), zuletzt geprüft am 30.08.2016.

Upmeier zu Belzen, Annette; Krüger, Dirk (2010): Modellkompetenz im Biologieunterricht. Model competence in biology teaching. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 16, S. 41–58, zuletzt geprüft am 10.03.2016.

Weiss, David J. (1982): Improving Measurement Quality and Efficiency with Adaptive Testing. In: *Applied Psychological Measurement* 6 (4), S. 473–492. DOI: 10.1177/014662168200600408.

Wellnitz, Nicole (2012): Kompetenzstruktur und -niveaus von Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Zugl.: Kassel, Univ., Diss., 2012. Berlin: Logos-Verl. (Biologie lernen und lehren, 2).

Woitkowski, David (2015): Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung. Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2015. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 185).

Zheng, Yi; Chang, hua-hua (2014): Multistage testing, on-the-fly multistage testing, and beyond. In: Ying Cheng und hua-hua Chang (Hg.): Advancing methodologies to support both summative and formative assessments (Chinese American Educational Research and Development Association book series).

Anna B. Bauer Universität Paderborn
Peter Reinhold
Marc D. Sacher

Operationalisierung der experimentellen Kompetenz (Physik-)Studierender

Ausgangslage und Ziele

Laborpraktika naturwissenschaftlicher Studiengänge zielen darauf ab, dass Studierende das Experimentieren und hier insbesondere die wissenschaftliche Erkenntnismethodik erlernen. Allerdings besteht Konsens darüber, dass die mit dem Experimentieren verbundenen Zielsetzungen, sowohl im schulischen als auch im universitären Bereich, in den bestehenden Organisations- und Lernumgebungsstrukturen häufig nicht in zufriedenstellendem Maße erreicht werden (Welzel, 1998).

Vor diesem Hintergrund finden sich in der Literatur verschiedene theoriebasierte Neukonzeptionen von Laborpraktika. Dabei werden zum einen adressatenspezifische Ansätze realisiert, um Nebenfachstudierende bei der Bewältigung der Experimentieraufgaben zu unterstützen und das Interesse der Studierenden zu erhöhen (Theyßen, 2001; Plückers, Stummer & Heinke, 2016). Zum anderen werden Laborpraktika kompetenzorientiert neugestaltet, um die Diskrepanz zwischen den Zielen und der Praxis zu verringern (Sacher, 2015).

Die Wirkung dieser Konzepte wird meist auf struktureller Ebene mit Fragebögen (z.B. Rehfeldt & Nordmeier, 2016) evaluiert, die als Dimensionen die Zufriedenheit der Lernenden mit der Betreuung und Organisation oder selbsteingeschätzte Lernzuwächse umfassen. Außerdem werden Fachwissenstests oder -methodentests (z.B. KoWadis, Straube, 2016) genutzt. In der Chemie werden in Laborpraktika z.B. für die beobachtbaren experimentellen Fähigkeiten Lab Skills Tests bestehend aus hands-on Experimenten und ergänzenden paper-pencil-Fachwissenstests eingesetzt (Platova, 2017). Diese Testinstrumente ermöglichen allerdings keine tiefergehende Prozessevaluation, sondern testen meist einzelne Indikatoren für das erfolgreiche Bewältigen von Experimenten. An dieser Stelle setzt das hier vorgestellte Projekt an. Es sollen Instrumente für physikalische Praktika entwickelt werden, die eine valide Erhebung der Performanz der Studierenden ermöglichen, um so aus den gezeigten Experimentierhandlungen Rückschlüsse auf das Niveau der zugrundeliegenden Kompetenzen ziehen zu können. Dies würde eine differenzierte Wirkungsanalyse unterschiedlicher Praktikumskonzepte möglich, um z.B. Implikationen für Neukonzeptionierungen ableiten zu können.

Theoretische Grundlagen der Modellierung

Die Erhebung experimenteller Kompetenz Physikstudierender am Ende des Anfängerlaborpraktikums soll mit Hilfe videografierter hands-on Experimente geschehen. Hierfür wird ein Kompetenzstrukturmodell auf universitärem Niveau benötigt. Dieses wurde zunächst ausgehend von institutionellen und empirisch motivierten Zielsetzungen sowie schulbezogenen Modellen experimenteller Kompetenz entwickelt. Die Struktur experimenteller Kompetenz ist für den Schulbereich schon breit erforscht worden (Übersicht: Emden, 2011). Diese Modelle sind strukturell adaptierbar, jedoch weisen sie innerhalb der einzelnen Facetten meist eine für universitäres Experimentieren zu geringe Differenzierung auf. Auch für die prozessorientierte Testung experimenteller Kompetenz auf Schulebene liegen schon verschiedene Instrumente, wie hands-on Experimente (Schreiber, 2012; Meier 2016), Simulationen (Schecker et. al., 2016) und paper-pencil-Tests (Wellnitz et. al., 2017), vor.

Auf Hochschulniveau wurde die experimentelle Kompetenz bisher vor allem auf struktureller Ebene untersucht. So wurde das naturwissenschaftliche Denken von Lehramtsstudierenden im Rahmen des KoWadis-Projektes (Straube, 2016) mit einem paper-pencil Test erhoben. Ziel von KoWadis ist es, Aussagen zum Fachmethodenwissen von Lehramtsstudierenden unterschiedlicher naturwissenschaftlicher Studiengänge tätigen zu können. Weiterhin wurde zum Beispiel für das Fach Chemie untersucht, welche Experimentierstrategien Studierende beim Experimentieren anwenden (Arndt, 2016).
Aussagen zur qualitativen Ausprägung der experimentellen Kompetenz wurden im Rahmen von Schulleistungsstudien näher erforscht (Gut, 2012). Die Qualität des Experimentierens auf Hochschulniveau wurde von Heidrich (2017) bei Studierenden verschiedener Fachsemester untersucht. Dort wurde ein Performanztest zum Inhaltsfeld Optik entwickelt und die Qualität des Experimentierens über die übergeordneten Gütemaße Richtigkeit, Strukturiertheit und Zielorientiertheit modelliert, die die experimentellen Facetten abbilden.
Vor diesem Hintergrund wurde, um Aussagen zur Qualität experimenteller Kompetenz von Fachstudierenden tätigen zu können, im Rahmen des Projektes durch eine qualitative Inhaltsanalyse schulischer und universitärer Experimentieranleitungen zunächst eine Abgrenzung zwischen schulischem und universitärem Experimentieren vorgenommen. Als Unterschiede konnten für das universitäre Experimentieren eine höhere fachinhaltliche und technische Komplexität gezeigt werden. Weiterhin wird von Studierenden eine höhere Differenziertheit in Argumentationen und Handlungen gefordert.
Ein Instrument, das qualitative Aussagen zu einzelnen Handlungen beim Experimentieren bzw. zur der Differenziertheit der Argumentationen innerhalb des Gesamtprozesses erlaubt, fehlt bisher noch. Zum fachlichen Argumentieren beim Experimentieren existieren nur wenige Forschungsarbeiten. Sie untersuchen neben der strukturellen Ebene (Kind, Kind, Hofstein & Wilson, 2011) auch Auswirkungen der Lernumgebungen (Katchevich, Mamlok-Naaman & Hofstein, 2014) sowie den Einfluss personaler Faktoren (Ludwig, 2017) auf die Qualität des Argumentierens mit Fokus auf schulischen Unterricht.

Entwicklung der Testaufgaben

Als erster Schritt zur Entwicklung eines solchen Instruments wurden Testaufgaben in mehreren Schritten entwickelt. Zunächst wurde eine qualitative Inhaltsanalyse universitärer Versuchsanleitungen (zehn Universitäten) durchgeführt, da in Deutschland kein einheitliches Curriculum für Laborpraktika existiert. Für die Inhaltsanalyse wurden die Aspekte Physikalisches Phänomen, Messmethode, Messgeräte, Materialien und Versuchsaufbau, Auswertungsmethode und Aufgaben zur Analyse des Vorgehens bzw. der Messergebnisse als Kategorien genutzt.
Basierend auf diesen Ergebnissen wurden die Aufgaben so konstruiert, dass die Studierenden mit allen Aspekten von Experimentieraufgaben (Kategorien der Inhaltsanalyse) schon gearbeitet haben. Mit diesem Vorgehen soll neben der curricularen Passung des Instruments auch sichergestellt werden, dass ein Vergleich zwischen Universitäten möglich ist. Weiterhin wird das für den Versuch notwendige Fachwissen in Form eines Textes vorgegeben. Dies soll zum einen mögliche Bodeneffekte bei Studierenden mit mangelndem Fachwissen verhindern und zum anderen soll damit versucht werden, das Fachwissen als Einflussfaktor auf die Experimentierqualität konstant zu halten.
Die Aufgaben sind als open-ended investigation (Glaesser et. al., 2009) konzipiert worden. Studierende können bei der Bearbeitung scheitern und erhalten keine zusätzlichen Hilfestellungen. Bei der Konstruktion der Aufgaben wurde eine einheitliche Formulierung der Aufgaben über alle Inhaltsbereiche angestrebt. Dies wurde realisiert, indem die Aufgaben entlang der Facetten des entwickelten Kompetenzstrukturmodells (Planen, Aufbauen und Testen, Durchführen, Auswerten) formuliert sind und lediglich die

Fragestellungen[1] der Experimentieraufgaben variiert werden. Als inhaltliche Schwerpunkte werden zunächst die zwei Themenfelder Thermodynamik und Elektrodynamik getestet.
Um Unterschiede in der Tiefe der Argumentation bzw. hinsichtlich der gezeigten Performanz erheben zu können, wird eine Unterscheidung bei der Operationalisierung der experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten vorgenommen. Die normativ abgeleiteten Facetten können grob in drei Kategorien eingeteilt werden. Beispielsweise stellen die Mehrheit der Planungsfacetten kognitive Vorgänge dar, die sich nicht direkt in Performanz zeigen. Diese Aspekte der experimentellen Kompetenz sollen daher produktorientiert erhoben werden, während die Facetten der Durchführung als anhand der Performanz rekonstruierbar angenommen werden. Diese Performanzaspekte sollen durch konkrete Handlungsaufforderungen in der Aufgabe ausgelöst und videografiert werden. Die Studierenden werden in der Aufgabe zudem aufgefordert ihr Vorgehen schriftlich zu begründen (Sander, 2000), damit möglichst umfangreiche Argumentationszusammenhänge erhoben werden können.

Vorstudie

Das Ziel der Vorstudie im Wintersemester 2017/18 ist das deskriptive Anreichern der normativ abgeleiteten Facetten experimenteller Kompetenz, sodass neben der Aufgabenerprobung auch die Generierung von Handlungsbeschreibungen im Fokus steht. Dafür wurden mehrere Aufgaben konstruiert, die anhand Probanden unterschiedlicher Fähigkeitsniveaus (8–10 Studierende, die das Anfängerlaborpraktikum gerade beendet haben, sowie vier Experten (Doktoranden und Postdocs der Experimentalphysik)) in einer kumulativen Vorstudie erprobt und optimiert werden sollen. Während des Experimentierens werden die Probanden gefilmt und im Anschluss daran interviewt (stimulated recall), um einen tieferen Einblick in ihre Entscheidungen während des Experimentierens zu erhalten. Die kumulative Vorstudie findet in Blöcken à zwei Wochen statt. Danach werden die Videos ausgewertet, die Aufgabenstellungen optimiert und im nächsten Durchgang erneut eingesetzt bis eine Sättigung eintritt. Auf Basis des Videomaterials sollen Handlungsbeschreibungen und ein Kategoriensystem gebildet werden, mit dem die studentische Performanz kriterial analysiert werden kann.
Neben der Performanz werden Kontrollvariablen wie die Personendaten und die experimentellen Vorerfahrungen sowie das Fach- und -methodenwissen erhoben. Für die Erhebung der Personendaten, Vorerfahrungen und des Fachmethodenwissens werden selbstentwickelte Instrumente benutzt. Das Fachwissen wird mit Hilfe von concept maps erhoben. Die Instrumente sollen im Rahmen der Vorstudie getestet und ggf. überarbeitet werden. Die Auswertung soll mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse erfolgen. Mit fortschreitender Vorstudie sollen neben den Aufgaben auch das Kategoriensystem und das Kodiermanual optimiert werden. Weiterhin soll die Auswertungsmethodik für die Gesamtdaten festgelegt werden.
In der nachfolgenden Hauptstudie werden Studierende am Ende des Anfängerpraktikums untersucht. Auf Basis der mit Hilfe des Kategoriensystems analysierten Performanz sollen durch qualitative Gruppierung der Probandenfähigkeit mit Hilfe einer typenbildendenden Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2014) Niveaustufen gebildet werden. Die erhaltenen qualitativen Abstufungen sollen über ein Expertenrating abgesichert werden, damit im Anschluss eine normative Niveaubildung durchgeführt werden kann.

[1] Die Fragestellung wird bei allen Aufgaben vorgegeben, da erst auf Dissertationsniveau das Auffinden untersuchbarer Fragestellungen verlangt wird.

Literatur

Arndt, K. (2016): Experimentierkompetenz erfassen. Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie: Dissertation. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 202).

Emden, M. (2011): Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 118).

Glaesser, J., Gott, R., Roberts, R. & Cooper, B. (2009): The roles of substantive and procedural understanding in open-ended science investigations: Using fuzzy set qualitative comparative analysis to compare two different tasks. In: Research in Science Education 39 (4), S. 595–624.

Gut, C. (2012): Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiertests. Univ., Diss.-Basel, 2012. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physik- und Chemielernen, 134).

Heidrich, J. (2017): Erfassung von Experimentierkompetenz im universitären Kontext. Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests zum Themenbereich Optik. Kiel. Online verf.: http://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00007080/DissHeidrich.pdf.

Katchevich, D.; Mamlok-Naaman, R.; Hofstein, A. (2014): The characteristics of open-ended inquiry-type chemistry experiments that enable argumentative discourse. In: Journal of Educational 2 (2), S. 74–99.

Kind, P. M.; Kind, V.; Hofstein, A.; Wilson, J. (2011): Peer Argumentation in the School Science Laboratory-Exploring effects of task features. In: International Journal of Science Education 33 (18), S. 2527–2558.

Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse Methoden, Praxis, Computerunterstützung (2. Aufl.). Weinheim Beltz Juventa.

Ludwig, T. (2017): Argumentieren beim Experimentieren. Die Bedeutung personaler und situationaler Faktoren. Online verf.: https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/19085/ludwig.pdf?sequence=6.

Meier, M. (2016): Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern. Berlin: Logos Berlin (BIOLOGIE lernen und lehren, 13).

Platova, E. (2017): Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, Bd. 225).

Plückers, K., Stummer, T. & Heinke, H. (2017). „Was treibt dich an?“ - Förderung von Interesse von Medizinstudierenden im Physikpraktikum. In: C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 198ff).

Rehfeldt, D.; Nordmeier, V. (2016): Skalen zur Messung von Praktikumsqualität: Konfirmatorische Analyse der Struktur und Konstrukte. Didaktik der Physik: Frühjahrstagung, Hannover.

Sacher, M. D.; Probst, H. M.; Reinhold P. J.; Schaper, N. (2015): Entwicklung eines kompetenzorientierten physikalischen Laborpraktikums, in: Hartz, Stefanie; Marx, Sabine (Hrsg.): Leitkonzepte der Hochschuldidaktik Theorie – Praxis – Empirie. Reihe Blickpunkt Hochschuldidaktik, W. Bertelsmann Verlag, S. 128-136.

Sander, F. (2000): Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum. Univ., Diss.-Bremen, 1999. Berlin: Logos-Verl. (Studien zum Physiklernen, 13).

Schecker, H.; Neumann, K.; Theyßen, H.; Eickhorst, B.; Dickmann, M. (2016): Stufen experimenteller Kompetenz. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 22 (1), S. 197–213

Schreiber, N. (2012): Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, 139).

Straube, P. (2016): Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik. Dissertation. Logos Verlag Berlin

Theyßen, H., Schumacher, D. (2001): Physikpraktikum für Medizinstudierende - Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums. Düsseldorf.

Wellnitz, N.; Hecht, M.; Heitmann, P.; Kauertz, A.; Mayer, J.; Sumfleth, E.; Walpuski, M. (2017): Modellierung des Kompetenzteilbereichs naturwissenschaftliche Untersuchungen. In: Z Erziehungswiss 88 (3), S. 397ff.

Welzel, M.; Haller, K. et al. (1998): Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft* 4 (1), S. 29–44.

Autorenverzeichnis

Abels, Simone, Prof. Dr.
Leuphana Universität Lüneburg
INUC- Didaktik der Naturwissenschaften
Scharnhorststraße 1
21335 Lüneburg
Deutschland
simone.abels@leuphana.de

194, 210

Akman , Perihan
Universität Paderborn
Didaktik der Chemie
Warburgerstraße 100
33098 Paderborn
Deutschland
perihan.akman@upb.de

691

Alberding, Hennes
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
hennes.alberding@uol.de

667

Aleksov, Robert
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physk
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
robert.aleksov@uni-due.de

262

Appelhans, Yasmin, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Biologie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
appelhans@ipn.uni-kiel.de

598, 605

Aretz, Sarah
CERN
Universität Potsdam
Postbox C09610
1211 Geneva 23
Schweiz
Sarah.aretz@cern.ch

90

Arnold, Julia, Dr.
IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Biologie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
arnold@ipn.uni-kiel.de

546

Aufschnaiter, Claudia von, Prof. Dr.
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Deutschland

372

Averbeck, Daniel
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
d.averbeck@uni-due.de

491

Banerji, Amitabh, Juniorprof. Dr.
Universität zu Köln
Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
a.banerji@uni-koeln.de

675

Bartels, Hauke
Universität Bremen
IDN Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 2
28359 Bremen
Deutschland
hauke.bartels@uni-bremen.de

162

Bartosch, Ilse, Dr.
Universität Wien
Experimentelle Grundausbildung,
Hochschuldidaktik
Boltzmanngasse 5
1090 Wien
Österreich
ilse.bartosch@univie.ac.at

274

Bauer, Anna
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
annabb@mail.upb.de

919

Baumann, Thomas
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie 2
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
thomas.baumann@tu-dortmund.de

757

Bechstein, Stefan
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik (1A)
Sommerfeldstr. 14 (MBP2-004)
52074 Aachen
Deutschland
s-bechstein@t-online.de

807

Beeken, Marco, Prof. Dr.
Universität Osnabrück
Didaktik der Chemie
Barbarastraße 7
49069 Osnabrück
Deustchland
mbeeken@uos.de

138, 452

Behle, Julia
Universität Frankfurt
Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt
Deutschland
Anchan@gmx.de

384

Behrends, Laura
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
muth@physik.uni-frankfurt.de

851

Benbetka, Mahdi, Dr.
Pädagogische Hochschule Algier
Didaktik der Physik
Fréres Salami 66 Kouba Algier
16000 Algier
Alderien
ben.betkamahdi@yahoo.fr

308

Berger, Roland, Prof. Dr.
Universität Osnabrück
Didaktik der Physik
Barbarastraße 7
49076 Osnabrück
Deutschland
r.berger@uos.de

316

Bernholt, Sascha, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olsahausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
bernholt@ipn.uni-kiel.de

416

Bittorf, Robert
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften
Am kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
bittorf@idn.uni-hannover.de

487

Bliesmer, Kai
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
kai.bliesmer@uni-oldenburg.de

304, 636

Boch, Florian
Technische Universität München

843

Boele, Nadine
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
nadine.boele@googlemail.com

907

Bohn, Marcus
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
bohn@ph-heidelberg.de

190

Bolte, Claus, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
claus.bolte@fu-berlin.de

718, 780

Borowski, Andreas, Prof. Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
andreas.borowski@uni-potsdam.de

90, 875, 879, 142, 46, 479

Boubakri, Christine
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
Christine.boubakri@uni-due.de

258

Boyer, Lina
Universität Duisburg-Essen
Physikdidaktik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
lina.boyer@uni-due.de

811

Brämer, Martin
Freie Universität Berlin

523

Brandenburger, Martina, Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Abteilung Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
martina.brandenburger@ph-freiburg.de

174

Breuer, Judith
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
breuerj@campus.uni-paderborn.de

671

Brüggemann, Volker
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
volker.brueggemann@fu-berlin.de

915

Brüggerhoff, Julia
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
julia.brueggerhoff@stud.uni-due.de

899

Bub, Frederik
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle (Saale)
Deutschland
frederik.bub@physik.uni-halle.de

297

Budke, Michael
Universität Osnabrück
Didaktik der Chemie
Barbarastraße 07
49069 Osnabrück
Deutschland
mbudke@uos.de

452

Burde, Jan-Philipp
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
burde@physik.uni-frankfurt.de

122, 772

Büsch, Leonard
RWTH Aachen
Otto-Blumenthal-Straße 20
52074 Aachen
Deutschland
buesch@physik.rwth-aachen.de

364

Buschhüter, David
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Straße 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
buschhue@uni-potsdam.de

879, 90

Caspari, Ira
Universität Giessen
Didaktik der Chemie
Heinrich Buff Ring 17
35392 Giessen
Deutschland
Ira.Caspari@didaktik.Chemie.uni-giessen.de

507

Cauet, Eva, Dr.
Universität Koblenz-Landau
AG Physikdidaktik udn Techniklehre
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
cauet@uni-landau.de

815, 293

Celik, Kübra Nur
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
kuebra.celik@uni-due.de

134

Danial, Lilian
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
daniallq@hu-berlin.de

730

Delaney, Seamus, Dr.
Fachhochschule Nordwestschweiz
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik
Steinentorstrasse 30
4051 Basel
Schweiz
seamus.delaney@fhnw.ch

400

Detemple, Ralf, Dr.
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
detemple@physik.rwth-aachen.de

601

Di Fuccia, David-Samuel, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Chemie
Heinrich-Plett-Str. 40
34109 Kassel
Deutschland
difuccia@uni-kassel.de

98, 106

Dickmann, Thomas
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
thomas.dickmann@uni-due.de

503

Digel, Susanne
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik
DFG-Graduiertenkolleg Upgrade
Thomas-Nast-Str. 44
76829 Landau
Deutschland
digel@uni-landau.de

289

Dohrmann, René
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
rdohrmann@zedat.fu-berlin.de

515

Dörschelln, Jennifer
Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
j.doerschelln@uni-koeln.de

675

Düker, Peter
Universität Hildesheim
Institut für Biologie und Chemie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
dueker@uni-hildesheim.de

444

Ebel, Maren
Univeristät Koblenz-Landau
Graduiertenkolleg Unterrichtsprozesse
Thomas-Nast-Str. 44
76829 Landau
Deutschland
ebel@uni-landau.de

222

Eckhardt, Marc, Dr.
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN)
Didaktik der Biologie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
eckhardt@ipn.uni-kiel.de

578, 570

Eilert, Karsten
IPN Kiel
Chemiedidaktik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
eilert@ipn.uni-kiel.de

628

Elert, Thomas
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
thomas.elert@uni-due.de

495

Elmer, Michael
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Michael.Elmer@chemie.uni-regensburg.de

855

Engelmann, Philipp
FSU Jena
AG Chemiedidaktik
August-Bebel-Str. 2
7743 Jena
Deutschland
philipp.engelmann@uni-jena.de

82

Engl, Alexander
Universität Koblenz-Landau, Campus Landau
Chemiedidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
engl@uni-landau.de

420

Enkrott, Patrick
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
enkrott@uni-potsdam.de

879

Enzingmüller, Carolin
IPN Kiel & Kiel Science Outreach Campus

594

Enzmann, Victoria
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstr. 31
93053 Regensburg
Deutschland
Victoria.Enzmann@ur.de

911

Erb, Roger, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

352, 799, 851, 356

Erlebach, Ralf
Bergische Universität Wuppertal
Didaktik der Technik
Gaußstr. 20
42119 Wuppertal
Deutschland
ralf.erlebach@uni-wuppertal.de

695

Ermel, Dorothee
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
dorothee.ermel@fu-berlin.de

835

Fechner, Sabine, Prof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Chemie
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
sabine.fechner@upb.de

285, 691, 768

Feser, Markus Sebastian
Universtität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
markus.sebastian.feser@uni-hamburg.de

218

Finger, Alexander
Universität Halle

230

Fischer, Hans E., Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
hans.fischer@uni-due.de

94, 258, 262, 312

Flechsig, Anette
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 519
69120 Heidelberg
Deutschland

154

Fleischer, Timo
Technische Universität München
Professur für Fachdidaktik Life Sciences
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland
timo.fleischer@tum.de

542

Förster, Frederike
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
frederike.foerster@rub.de

94

Fortus, David
Weizmann Institute of Science

266

Frank, Carolin, Prof. Dr.
Bergische Universität Wuppertal
Didaktik der Technik
Gaußstr. 20
42119 Wuppertal
Deutschland
cfrank@uni-wuppertal.de

695

Franz, Torsten, Dr.
Technische Universität Braunschweig
Physik und Physikdidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
torsten.franz@tu-braunschweig.de

687

Fraß, Stephan
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut (IA)
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
frass@physik.rwth-aachen.de

827

Freckmann, Janine
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
janine.freckmann@uni-oldenburg.de

226

Frevert, Mareike, Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Chemie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
mfrevert@uni-kassel.de

106, 98

Friedrichs, Gernot
IPN

483

Friege, Gunnar, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
AG Physikdidaktik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
friege@idmp.uni-hannover.de

652

Galow, Philipp
Freie Universität Berlin
Sachunterricht
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
p.galow@fu-berlin.de

324

Garrecht, Carola
IPN
Didaktik der Biologie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
garrecht@ipn.uni-kiel.de

578

Gigl, Florian
Universität Koblenz-Landau
AG Physikdidaktik und Techniklehre
Thomas-Nast-Straße 44
76829 Landau
Deutschland
gigl@uni-landau.de

293

Gimbel, Katharina
Universität Kassel
Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
katharina.gimbel@uni-kassel.de

102, 98

Girwidz, Raimund, Prof. Dr.
LMU München
Didaktik der Physik
Theresienstr. 37
80333 München
Deutschland
girwidz@lmu.de

558, 566

Gneist, Nadja
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

776

Godau, Céline
Universität Osnabrück
Didaktik der Physik
Barbarastraße 7
49076 Osnabrück
Deutschland
celine.godau@t-online.de

316

Gorr, Claudia
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Str. 9 - 11
26129 Oldenburg
claudia.gorr1@uni-oldenburg.de

648

Graf, Soenke
Pädagogische Hochschule
Fakultät 3 - Fach Physik
Marstallstr. 7
69117 Heidelberg
Deutschland
lowfox@mailbox.org

178

Graulich, Nicole, Juniorprof. Dr.
Justus-Liebig Universität Giessen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff Ring 17
35392 Giessen
Deutschland
nicole.graulich@didaktik.chemie.uni-giessen.de

507, 238

Grimm, Hanna
WWU Münster
Didaktik des Sachunterrichts
Leonardocampus 11
48149 Münster
Deutschland
hanna.grimm@uni-muenster.de

320

Gröger, Martin, Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin-Schrödinger Straße 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
groeber@rhrk.uni-kl.de

784, 787, 795

Gromadecki-Thiele, Ulrike, Dr.
CFvW Gymnasium Barmstedt
Ede-Menzler-Weg 6
25355 Barmstedt
Deutschland
ugromadecki@web.de

336

Groß, Jorge, Prof. Dr.
Universität Bamberg
Didaktik der Naturwissenschaften
Markusplatz 3 (Noddack-Haus)
96047 Bamberg
Deutschland
jorge.gross@uni-bamberg.de

74, 539

Groß, Katharina, Juniorprof. Dr.
Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
katharina.gross@uni-koeln.de

733

Gut, Christoph, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Zürich
Lagerstrasse, 2
8090 Zürich
Schweiz
christoph.gut@phzh.ch

348

Haag, Guido
Universität Koblenz-Landau
InB, AG Physikdidaktik und
Techniklehre
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
ghaag@uni-landau.de

847

Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Prof. Dr.
Universität Graz
Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
claudia.haagen@uni-graz.at

118, 50, 772

Haase, Sebastian, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
sebastian.haase@fu-berlin.de

835

Habig, Sebastian, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sebastian.habig@uni-due.de

765, 683

Hägele, Jörn J.
JLU Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Str. 21C
35394 Gießen
Deutschland
Joern.J.Haegele@didaktik.physik.uni-giessen.de

372, 368

Halar, Alberto Marcos
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
halaralbertom@stud.ph-ludwigsburg.de

380

Halkia, Krystallia, Prof.Dr.
National and Kapodistrian University of Athens
Faculty of Primary Education
Navarinou 13A
10680 Athens
Greece
kxalkia@primedu.uoa.gr

644

Hamacher, John
RWTH Aachen
AG Physikalische Praktika
Otto-Blumenthalstr. 20
52074 Aachen
Deutschland
hamacher@physik.rwth-aachen.de

344

Hänze, Martin, Prof. Dr.
Universität Kassel
Institut für Psychologie
Holländische Straße 36-38
34109 Kassel
Deutschland
haenze@uni-kassel.de

316

Harms, Ute, Prof. Dr.
IPN
Didaktik der Biologie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
harms@ipn.uni-kiel.de

578, 570

Härtig, Hendrik, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
hendrik.haertig@uni-due.de

554, 811, 262, 312

Hasselbrink, Eckart, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Physikalische Chemie
Universitätsstraße 5
45141 Essen
Deutschland
eckart.hasselbrink@uni-duisburg-essen.de

491

Hauerstein, Marie-Therese
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
marie-therese.hauerstein@uni-due.de

130

Hauff-Achleitner, Andrea
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
andrea.achleitner@univie.ac.at

270

Haverkamp, Henrike
Uni Oldenburg

659

Heck, Volker, Dr.
Universität Siegen

784

Hedtrich, Sebastian
Justus-Liebig-Universität Gießen
Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
Sebastian.Hedtrich@didaktik.chemie.uni-giessen.de

238

Heeg, Julian
Leibniz Universität Hannover
IDN
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
julian.heeg@lehrerbildung.uni-hannover.de

711

Heidinger, Christine, Mag.
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Biologie
Porzellangasse 4/2
1090 Wien
Österreich
christine.heidinger@univie.ac.at

210

Heinke, Heidrun, Prof. Dr.
RWTH-Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
heinke@physik.rwth-aachen.de

364, 601, 827, 392, 344, 831

Heinze, Aiso, Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Mathematik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
heinze@ipn.uni-kiel.de

582, 663

Heinze, Jana
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
Jana.Heinze@ur.de

863

Herzog, Stefanie
IPN
Didaktik der Chemie

663

Heusler, Stefan, Prof. Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
stefan.heusler@uni-muenster.de

511

Hild, Pitt
Pädagogische Hochschule Zürich
Zentrum für Didaktik der Naturwissenschaften
Lagerstrasse, 2
8090 Zürich
Schweiz
pitt.hild@phzh.ch

348

Hofer, Elisabeth
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4/2
1090 Wien
Österreich
e.hofer@univie.ac.at

70

Hoff, Elena von
Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung für Fachdidaktik Chemie
Tammannstr. 4
37077 Göttingen
Deutschland
evonhof@gwdg.de

617, 625

Höffler, Tim, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
hoeffler@ipn.uni-kiel.de

570, 574, 590

Hoffmann, Clemens
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Str. 2
7745 Jena
Deutschland
c.hoffmann@uni-jena.de

78

Höft, Lars
IPN an der Universität Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
hoeft@ipn.uni-kiel.de

416

Holmeier, Monika, Dr.
Pädagogische Hochschule FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Steinentorstrasse 30
4051 Basel
Schweiz
monika.holmeier@fhnw.ch

396

Holst, Friedrich
Universität Osnabrück
Didaktik der Chemie
friedrich.holst@osnanet.de

138

Holzapfel, Marisa
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
marisa.holzapfel@uni-due.de

278

Hopf, Martin, Prof. Dr.
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
martin.hopf@univie.ac.at

50, 118, 270, 388, 745, 772, 182

Horn, Martin Erik, Dr.
HWR Berlin
FB I (Fach # 63)
Badensche Str. 52
10825 Berlin
Germany
e_hornm@doz.hwr-berlin.de

703

Horz, Holger, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Psychologie
Horz@psych.uni-frankfurt.de

356

Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

33, 58, 214, 218

Hoyer, Christoph
Ludwig Maximilians Universität
Didaktik der Physik
Theresienstraße 37
80333 München
Deutschland
christoph.hoyer@physik.uni-
muenchen.de

566

Hütz, Simon
RWTH Aachen
1. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
huetz@physik.rwth-aachen.de

831

Jackowski, Andreas
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
andreas.jackowski@uni-due.de

499

Jaeger, Dennis
Technische Universität Braunschweig
Physik und Physikdidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
dennis.jaeger@tu-braunschweig.de

687

Jannack, Verena
verenajannack@web.de

154

Janssen, Sönke
Leibniz Universität Hannover
AG Physikdidaktik
Welfengarten 1
30167 Hannover
sjanssen@idmp.uni-hannover.de

652

John, Tilmann
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
tilmann.john@ph-ludwigsburg.de

150

Joswig, Ann-Kathrin
RWTH Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
joswig@physik.rwth-aachen.de

707

Joußen, Norman
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut (IA)
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
joussen@physik.rwth-aachen.de

827

Kammermeyer, Gisela, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau
Institut für Bildung im Kindes- und Jugendalter
August-Croissant-Str. 5
76829 Landau
Deutschland
kammermeyer@uni-landau.de

222

Kampschulte, Lorenz, Dr.
IPN
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
lorenz.kampschulte@gmail.com

594, 628, 554, 663

Kauertz, Alexander, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau
InB, AG Physikdidaktik und Techniklehre
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
kauertz@uni-landau.de

222, 289, 293, 847, 815

Kehne, Franziska
Universität Paderborn
Didaktik der Chemie
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
franziska.kehne@upb.de

285

Keller, Melanie, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
keller@ipn.uni-kiel.de

114, 242

Keller, Stefan, Prof. Dr.
Fachhochschule Nordwestschweiz
Englischdidaktik
Clarastraße 57
4058 Basel
Schweiz
stefan.keller@fhnw.ch

605

Kempin, Maren
Universität Bremen
IDN - Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
maren.kempin@uni-bremen.de

867

Kirstein, Dennis
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
dennis.kirstein@uni-due.de

765

Kirstein, Jürgen, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
juergen.kirstein@physik.fu-berlin.de

835

Klempin, Christiane
Freie Universität Berlin

535

Klinghammer, Jens
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle (Saale)
Deutschland
klinghammer.jens@freenet.de

158

Knemeyer, Jens-Peter, Dr.
Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium
Mannheim
Luisenstr. 27
68199 Mannheim
Deutschland
jpknemeyer@gmail.com

476, 154

Kobl, Christina
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Christina.Mathes@chemie.uni-regensburg.de

891

Koch, Alexander
Fachhochschule Nordwestschweiz
Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik
Steinentorstrasse 30
4051 Basel
Schweiz
alexander.koch@fhnw.ch

186, 400

Koenen, Jenna, Dr.
Universität Hamburg
Projekt ProfaLe Qualitätsoffensive Lehrerbildung
Max-Brauer-Allee 58-60
22765 Hamburg
Deutschland
jenna.koenen@uni-hamburg.de

730, 839

Köhler, Christine
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
koehler@ipn.uni-kiel.de

574

Koliander, Brigitte, DI Mag.
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie
Porzellangasse 4/2
1090 Wien
Österreich
brigitte.koliander@univie.ac.at

210

Köller, Olaf, Prof. Dr.
IPN
Erziehungswissenschaft
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
koeller@ipn.uni-kiel.de

570

Kometz, Andreas, Prof. Dr.
Universität Erlangen-Nürnberg
Drp. Fachdidaktiken / Didaktik der Chemie
Regensburgerstr. 160
90478 Nürnberg
Deutschland
andreas.kometz@fau.de

749, 753

Kometz, Anja
SBS Herzogenaurach-Höchstadt
a.d.Aisch
Friedrich-Weiler-Platz 2
91074 Herzogenaurach
Deutschland
anja@kometz.com

753

Komor, Ines
Universität Duisburg-Essen
Chemiedidaktik
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
ines.komor@t-online.de

803, 683

Komorek, Michael, Prof. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
michael.komorek@uni-oldenburg.de

632, 226, 448, 527, 636, 304, 640, 648

Könneker, Carsten, Prof. Dr. phil. Dipl.-Phys.
Karlsruher Institut für Technologie
Institut für Germanistik
(Wissenschaftskommunikation und
Wissenschaftsforschung)
Englerstraße 2
76131 Karlsruhe
Deutschland
carsten.koenneker@kit.edu

605

Korneck, Friederike, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
korneck@em.uni-frankfurt.de

66, 54, 887, 62

Korner, Marianne, Dr.
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien Wien
Österreich
marianne.korner@univie.ac.at

745

Kosler, Thorsten, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Tirol
Zentrum für Fachdidaktik
Pastorstraße 7
A-6020 Innsbruck
Österreich
thorsten.kosler@ph-tirol.ac.at

332

Köster, Hilde, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Sachunterricht
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
hilde.koester@fu-berlin.de

523, 324

Krabbe, Heiko, Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Fakultät für Physik und Anstronomie
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
heiko.krabbe@rub.de

94, 258, 262, 312

Krajcik, Joseph
henning.krake@uni-due.de

266

Krake, Henning
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
kremer@ipn.uni-kiel.de

737

Kremer, Kerstin, Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Biologie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
kremer@ipn.uni-kiel.de

598

Krey, Olaf, Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle (Saale)
Deutschland
olaf.krey@physik.uni-halle.de

464, 158, 297

Kriehuber, Eva, Dr.
Technische Universität München
TUM School of Education
Marsstraße 20-22
80335 München
Deutschland
eva.kriehuber@tum.de

843

Krüger, Marvin
Goethe-Universität Frankfurt/M
Institut für Didaktik der Physik
Max von Laue-Str. 1
60438 Frankfurt/M.
D
krueger@physik.uni-frankfurt.de

54, 62, 66, 887

Krupinski, Jennifer
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
jennifer.krupinski@uni-due.de

859

Kubsch, Marcus
IPN - Kiel
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
kubsch@ipn.uni-kiel.de

266

Kuhn, Jochen, Prof. Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
Fachbereich Physik
Erwin-Schrödinger-Straße
67663 Kaiserslautern
Deutschland
kuhn@physik.uni-kl.de

376

Kulgemeyer, Christoph, Dr.
Universität Bremen
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften, Abt.
Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28334 Bremen
Deutschland
Kulgemeyer@physik.uni-bremen.de

46, 162, 867, 875

Kurth, Christopher
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
kurth@physik.uni-kassel.de

903

Labudde, Peter, Prof. Dr.
Fachhochschule Nordwestschweiz
Pädagogische Hochschule
Steinentorstrasse 30
4051 Basel
Schweiz
peter.labudde@fhnw.ch

174

Laukenmann, Matthias, Prof. Dr.
PH Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
laukenmann@ph-ludwigsburg.de

380, 146

Laumann, Daniel
Westfälische Wilhems-Universität
Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
daniel.laumann@uni-muenster.de

511, 230

Leiß, Fabian
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
D
leiss@physik.rwth-aachen.de

601

Lembens, Anja, Prof. Dr.
Universität Wien
Plattform für Didaktik der
Naturwissenschaften
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
anja.lembens@univie.ac.at

432, 70

Liepertz, Sven, Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
liepertz@uni-potsdam.de

142

Lindmeier, Anke, Prof. Dr.
IPN
Didaktik der Mathematik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
lindmeier@ipn.uni-kiel.de

554, 663

Löffler, Patrick, Dr.
Universität Koblenz-Landau
InB, AG Physikdidaktik und
Techniklehre
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
loeffler@uni-landau.de

222, 293, 847

Lühken, Arnim, Prof. Dr.
Goethe Universität Frankfurt a.M.
Didaktik der Chemie
Max-von-Laue-Straße 7
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
luehken@chemie.uni-frankfurt.de

722, 741

Lüthjohann, Frank
IPN
Didkatik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
luethjohann@ipn.uni-kiel.de

663

MacCabe, Kelly
Fachhochschule Nordwestschweiz

400

Mahler, Daniela, Dr.
IPN -Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturw
Didaktik der Biologie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
mahler@ipn.uni-kiel.de

546

Manthey, Johann
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2
57076 Siegen
Deutschland
johann.manthey@uni-siegen.de

795

Markic, Silvija, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Naturwissenschaftlicher Sachunterricht
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
markic@ph-ludwigsburg.de

246

Marmé, Nicole, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
marme@ph-heidelberg.de

476, 154

Marohn, Annette, Prof. Dr.
Westfälische-Wilhelms Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Fliednerstraße 21
48155 Münster
Deutschland
a.marohn@uni-muenster.de

198

Massolt, Joost
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24-25
14476 Potsdam
Deutschland
massolt@uni-potsdam.de

479

Maurer, Christian, Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Physik

1

May, Annemarie
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
annemarie.may@tu-dortmund.de

761

Mayer, Jürgen, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
jmayer@uni-kassel.de

102, 98

Mehrtens, Tobias
Freie Universität Berlin
Didaktik des Sachunterrichts
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
D
mehlll@zedat.fu-berlin.de

523

Melle, Insa, Prof. Dr.
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
insa.melle@tu-dortmund.de

206, 250, 254, 757, 761

Menthe, Jürgen, Prof. Dr.
Universität Hildesheim
Institut für Biologie und Chemie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
menthe@uni-hildesheim.de

444

Meßinger-Koppelt, Jenny, Dr.
Joachim Herz Stiftung
Bereich Naturwissenschaften
Langenhorner Chaussee 384
22419 Hamburg
Deutschland
jenny.koppelt@web.de

539, 562

Metzger, Susanne, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule der FHNW
Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Steinentorstrasse 30
4051 Basel
Schweiz
susanne.metzger@fhnw.ch

348

Mey, Ingo, Dr.
Georg-August-Universität Göttingen
Institut für Organische und
Biomolekulare Chemie
Tammannstraße 2
37077 Göttingen
Deutschland
imey@gwdg.de

625, 617

Michelsen, Claus, Prof. Dr.
University of Southern Denmark
Science Education
Campusvej 55
5230 Odense
Dänemark
cmich@imada.sdu.dk

648

Michna, Dagmar
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
dagmar.michna@tu-dortmund.de

254

Mikelskis, Helmut, Prof. Dr.
Am Hörchersberg 22
79117 Freiburg
Deutschland
h.mikelskis@web.de

468

Mikelskis-Seifert, Silke, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Physik
Am Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
s.mikelskis@web.de

166, 170, 174

Milsch, Nele
Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung Fachdidaktik Chemie
Tammannstraße 4
37077 Göttingen
Deutschland
nmilsch@gwdg.de

625, 617, 679

Milster, Julia-Josefine
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
julia.j.milster@fu-berlin.de

714

Möller, Kornelia, Prof. Dr.
WWU Münster
Didaktik des Sachunterrichts
Leonardocampus 11
48149 Münster
Deutschland

320

Mühling, Andreas, Prof. Dr.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel,
Institut für Informatik
Didaktik der Informatik
Christian-Albrechts-Platz 4
24118 Kiel
Deutschland
andreas.muehling@informatik.uni-kiel.de

546

Müller, Andreas, Prof Dr
Universite de Geneve
Institut Universitaire pour la Formation
des Enseignants
Schweiz
andreas.mueller@unige.ch

376

Müller, Marc, Dr.
Bergische Universtität Wuppertal
Physik und ihre Didaktik
Gaußstraße 20
42119 Wuppertal
Deutschland
m.mueller@uni-wuppertal.de

281

Müller, Marion
Universität Osnabrück
Didaktik der Physik
Barbarastraße 7
49076 Osnabrück
Deutschland
marion.schulte85@gmx.de

316

Müller, Rainer, Prof. Dr.
Technische Universität Braunschweig
Physik und Physikdidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
rainer.mueller@tu-bs.de

687

Muth, Laura
Universität Frankfurt
Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt
Deutschland
Muth@Physik.uni-frankfurt.de

352, 851

Nehring, Andreas, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
nehring@idn.uni-hannover.de

202

Neppl, Stephanie
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
stephanie.neppl@ur.de

895

Nerdel, Claudia, Prof. Dr.
Technische Universität München
School Of Education
Arcisstraße 21
80333 München
Deutschland
claudia.nerdel@tum.de

542, 843

Neumann, Irene, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Mathematik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
ineumann@ipn.uni-kiel.de

582, 519, 531, 570

Neumann, Knut, Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
neumann@ipn.uni-kiel.de

5, 570, 586, 114, 242, 266

Niebuhr, Birte
IPN

663

Nienaber, Ann-Kathrin
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
ann-kathrin.nienaber@tu-dortmund.de

250

Nordine, Jeffrey, Prof. Dr.
IPN Kiel
nordine@ipn.uni-kiel.de

266

Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

460, 515, 714, 915, 535, 835

Nowak, Anna
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
anna.nowak@uni-potsdam.de

142

Oettle, Michaela
Pädagogische Hochschule Freiburg
Didaktik der Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
Michaela.Oettle@ph-freiburg.de

170

Opfermann, Maria, Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Institut für Erziehungswissenschaft
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
Maria.Opfermann@rub.de

503, 312

Ostermann, Anje
IPN
Didaktik der Mathematik
Olshausenstraße 64
24118 Kiel
Deutschland
ostermann@ipn.uni-kiel.de

554

Parchmann, Ilka, Prof. Dr.
IPN Kiel
Chemiedidaktik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
parchmann@ipn.uni-kiel.de

628, 594, 663, 574, 519, 590, 613, 605, 570

Paul, Jürgen, Dr.
Universität Bamberg
Didaktik der Naturwissenschaften
Markusplatz 3 (Noddack-Haus)
96047 Bamberg
Deutschland
juergen.paul@uni-bamberg.de

74

Pauly, Annabel
Goethe-Universität Frankfurt a. M.
Didaktik der Chemie
Max-von-Laue-Str. 7
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
a.pauly@chemie.uni-frankfurt.de

741

Peetz, Michael
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
michael.peetz@uni-oldenburg.de

436

Petersen, Stefan, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
petersen@ipn.uni-kiel.de

586, 114, 242

Pfitzner, Arno
Universität Regensburg

911

Pietzner, Verena, Prof. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
verena.pietzner@uni-oldenburg.de

404, 428, 436, 667

Plotz, Thomas, Mag.
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der Physik
Porzellangasse 4/2
1090 Wien
Österreich
thomas.plotz@univie.ac.at

388, 210

Pönicke, Hanno
IPN

613

Pospiech, Gesche, Prof. Dr.
Technische Universität Dresden
Professur für Didaktik der Physik
Recknagel-Bau, Haeckelstraße 3
1069 Dresden
Deutschland
g.pospiech@tu-dresden.de

776

Priemer, Burkhard, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
priemer@physik.hu-berlin.de

86, 336, 519, 531

Pupkowski, Vanessa
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
vanessa.pupkowski@uni-due.de

424

Rabe, Thorid, Prof. Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle (Saale)
Deutschland
thorid.rabe@physik.uni-halle.de

464, 158, 297

Rajendran, Nelson
Universität Erlangen-Nürnberg
Rainer-Werner-Fassbender-FOS
Jäger-von-Fall-Str. 9b
85562 Hohenbrunn
Deutschland
nelson@rajendran.de

749

Rau-Patschke, Sarah
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sarah.rau@uni-due.de

859, 899

Rehfeldt, Daniel
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
rehfeldt.daniel@gmail.com

535

Reinhold, Peter, Prof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
preinhol@mail.upb.de

360, 726, 919, 671

Reiter, Katrin
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
katrin.reiter@univie.ac.at

432

Retelsdorf, Jan, Prof.
IPN Kiel
Erziehungswissenschaft
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
jretelsdorf@ipn.uni-kiel.de

590

Richtberg, Stefan
Ludwig-Maximilians-Universität München
Didaktik der Physik
Theresienstraße 37
80333 München
Deutschland
Stefan.Richtberg@lmu.de

558, 562

Richter, Chris
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Deutschland
christiane.richter@uni-oldenburg.de

648

Riese, Josef, Prof. Dr.
RWTH Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
riese@physik.rwth-aachen.de

46, 707, 807, 871, 875

Rincke, Karsten, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 31
93053 Regensbrug
Deutschland
Karsten.Rincke@ur.de

2, 863, 895

Risch, Björn, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau, Campus Landau
Chemiedidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
risch@uni-landau.de

420

Röben, Peter
Universität Oldenburg

659, 632

Robisch, Christin, Dr.
WWU Münster
Didaktik des Sachunterrichts
Leonardocampus 11
48149 Münster
Deutschland

320

Rodriguez, Maren
Goethe Universität Frankfurt a.M.
Didaktik der Chemie
Max-von-Laue-Straße 7
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
rodriguez@chemie.uni-frankfurt.de

722

Roetger, Rebekka
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
roetger@physik.uni-kassel.de

110, 98

Roggenkämper, Dennis
Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung für Fachdidaktik Chemie
Tammannstraße 4
37077 Göttingen
Deutschland
droggen@gwdg.de

679

Ropohl, Mathias, Prof. Dr.
IPN
Didaktik der Chemie
Olashausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
mathias_ropohl@web.de

483, 554

Roskam, Annika
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
annika.roskam@uni-oldenburg.de

636, 304

Rost, Marvin
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung
Chemie
Brook-Taylor-Straße 2
12489 Berlin
Deutschland
marvin.rost@hu-berlin.de

440

Rott, Lisa
Westfälische-Wilhelms Universität
Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Fliednerstraße 21
48149 Münster
Deutschland
l.rott@uni-muenster.de

198

Rubitzko, Thomas, Dr.
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
D-71634 Ludwigsburg
Deutschland
rubitzko@ph-ludwigsburg.de

146

Rumann, Stefan, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
stefan.rumann@uni-due.de

499, 503, 883, 859, 899

Rüschenpöhler, Lilith
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Chemiedidaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
rueschenpoehler@ph-ludwigsburg.de

246

Sacher, Marc D., Dr.
Universität Paderborn
Paderborner Physik Praktikum
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
Marc.Sacher@physik.upb.de

919

Sajons, Christin
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
christin.sajons@uol.de

448, 640, 648

Salinga, Christian, Dr.
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
salinga@physik.rwth-aachen.de

392

Sattelkau, Christine
IPN Kiel
Chemiedidaktik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
sattelkau@ipn.uni-kiel.de

605

Sauer, Ingolf
Joachim Herz Stiftung

562

Schad, Vanessa
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik
Fortstrasse 7
76829 Landau
Deutschland
schad@uni-landau.de

815

Schäfer geb. Fried, Susan
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
susan.fried@physik.uni-wuerzburg.de

839

Schäfer, Simon
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Newtonstr. 14
12489 Berlin
Deutschland
schaefersd@gmail.com

408

Schanze, Sascha, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften
Am kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
schanze@idn.uni-hannover.de

487, 539, 550, 711

Schecker, Horst, Prof. Dr.
Universität Bremen
IDN - Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
schecker@physik.uni-bremen.de

38, 791, 867

Scheid, Jochen, Dr.
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
scheid@uni-landau.de

289, 847, 815

Schild, Nikola
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
nikola.schild@fu-berlin.de

460

Schlake, Thomas
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
thomas.schlake@uni-due.de

312

Schlüter, Ann-Kathrin
Technische Universität Dortmund
Didaktik der Chemie II
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
bert.schlueter@rub.de

206

Schmeling, Sascha, Dr.
CERN
C09510
1211 Geneva 23
Schweiz
Sascha.Schmeling@cern.ch

90, 376

Schmidt, Florian
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
a1102862@unet.univie.ac.at

745

Schmitz, Lisa
Universität Paderborn
Didaktik der Chemie
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
lisa.schmitz@upb.de

768

Scholz, Rüdiger, Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Quantenoptik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
r.scholz@iqo.uni-hannover.de

609

Schorn, Bernadette, Dr.
RWTH Aachen
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
schorn@physik.rwth-aachen.de

392

Schrader, Nicole
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr.3
14195 Berlin
Deutschland
n.schrader@fu-berlin.de

780

Schreiber, Nico, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
nico.schreiber@uni-due.de

819, 46

Schröder, Jan
RWTH Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
jkschroeder@physik.rwth-aachen.de

871

Schröder, Laura
Ruhr-Universität Bochum
Lehrstuhl für Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
laura.schroeder@rub.de

340

Schulz, Johannes
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstraße 15
12489 Berlin
Deutschland
schulzj@physik.hu-berlin.de

86

Schulze Heuling, Lydia, Prof. Dr.
Europa-Universität Flensburg
lydia.schulzeheuling@uni-flensburg.de

42

Schumacher, Andrea, Dr.
Universität zu Köln
Institut für Chemie und ihre Didaktik
Herbert-Lewin-Str.2
50931 Köln
Deutschland
andrea.schumacher@uni-koeln.de

733

Schumacher, Markus
Universität Freiburg

170

Schüßler, Katrin, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Chemiedidaktik
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
katrin.schuessler@uni-due.de

683

Schwanewedel, Julia, Prof. Dr.
IPN
Didaktik der Biologie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
schwanewedel@ipn.uni-kiel.de

554

Schwarzer, Stefan, Dr.
IPN Kiel
Chemiedidaktik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
schwarzer@ipn.uni-kiel.de

621, 613

Schwedler, Stefanie, Dr.
Universität Bielefeld
Fakultät für Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
Deutschland
stefanie.schwedler@uni-bielefeld.de

472

Schwichow, Martin, Jun. Prof. Dr.
PH Freiburg
martin.schwichow@ph-freiburg.de

166

Semmler, Luzie
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
luzie.semmler@uni-oldenburg.de

404

Sevian, Hannah, Prof. Dr.
University of Boston Massachussets
College of Science and Mathematics
ISC-3730
2125 Boston
United States
Hannah.Sevian@umb.edu

507

Simon, Florian
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
Postfach 51 01 19
1314 Dresden
Deutschland
f.simon@hzdr.de

776

Simon, Marcel
FSU Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 02
7743 Jena
Deutschland
m.simon@uni-jena.de

823

Smoor, Steffen
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl von Ossietzky Str. 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
steffen.smoor@uni-oldenburg.de

527

Sommer, Katrin, Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
katrin.sommer@rub.de

328, 340, 456

Sorge, Stefan
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN)
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
sorge@ipn.uni-kiel.de

114, 519, 531

Spatz, Verena, Juniorprof. Dr.
TU Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
verena.spatz@physik.tu-darmstadt.de

182, 772, 50

Staacks, Sebastian
RWTH Aachen

831

Stachelscheid, Karin, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
karin.stachelscheid@uni-due.de

278

Stäcker, Jenny
IPN
Chemiedidaktik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
staecker@ipn.uni-kiel.de

483

Stahl, Achim, Prof. Dr.
RWTH Aachen University
DIII. Physikalisches Institut B
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen

807

Stamer, Insa
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
stamer@ipn.uni-kiel.de

613

Stampfer, Christoph, Prof. Dr.
RWTH Aachen
II. Physikalisches Institut 2A
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
stampfer@physik.rwth-aachen.de

831

Starauschek, Erich, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
starauschek@ph-ludwigsburg.de

146, 150

Stavrou, Dimitrios, Prof.Dr.
University of Crete
Faculty of Education
74100 Gallos, Rethymnon
Greece
dstavrou@edc.uoc.gr

644

Steegh, Anneke
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24098 Kiel
Schleswig-Holstein
steegh@ipn.uni-kiel.de

590

Steffensky, Mirjam, Prof. Dr.
IPN
Chemiedidaktik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
steffensky@ipn.uni-kiel.de

483

Stegemann, Sandra
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sandra.stegemann@uni-due.de

883

Steger, Jan
Freie Universität Berlin
Didaktik des Sachunterrichts
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
D
steger@zedat.fu-berlin.de

523

Stender, Anita, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
anita.stender@uni-due.de

811

Stiefs, Dirk, Dr.
Uni Oldenburg
Arbeitsgruppe Technische Bildung
Ammerländer Herrstr. 114
26129 Oldenburg
D
Dirk.Stiefs@dlr.de

640, 659

Streller, Sabine, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Takustr. 3
14195 Berlin
Deutschland
sabine.streller@fu-berlin.de

699

Striligka, Anastasia
Universität Oldenburg
Institut für Physik
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
anastasia93@live.com

644

Strippel, Christian Georg
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
christian.strippel@rub.de

328

Strunk, Nadezda
Universität Hamburg
ProfaLe, Physikdidaktik
Max-Brauer-Allee 58-60
22765 Hamburg
Deutschland
nadezda.strunk@uni-hamburg.de

214

Sumfleth, Elke, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Chemiedidaktik
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
elke.sumfleth@uni-due.de

424, 491, 803, 683

Szogs, Michael
Goethe-Universität Frankfurt/M
Institut für Didaktik der Physik
Max von Laue-Str. 1
60438 Frankfurt/M.
D
Szogs@Physik.uni-frankfurt.de

887, 62, 66

Tandetzke, Rita
Universität Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Chemie
Regensburger Straße 160
90478 Nürnberg
Deutschland
rita.tandetzke@fau.de

753

Tardent, Josiane
Pädagogische Hochschule Zürich
Lagerstrasse, 2
8090 Zürich
Schweiz
josiane.tardent@phzh.ch

348

Teichrew, Albert
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
ateichrew@gmail.com

799

Tepner, Oliver, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
tempel@ph-heidelberg.de

855, 891, 907, 911

Theyßen, Heike, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
Deutschland
Oliver.Tepner@ur.de

819

Thiessenhusen, Marc
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Straße 2
57068 Siegen
thiessenhusen@chemie-bio.uni-siegen.de

784, 787

Thode, Dirk
Universität Bremen
IDN – Abt. Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
dirk.thode@uni-bremen.de

791

Thyssen, Christoph, Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
Fachdidaktik Biologie
Erwin-Schrödinger-Straße
67663 Kaiserslautern
Deutschland
thyssen@rhrk.uni-kl.de

230

Tiemann, Rüdiger, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Newtonstr. 14
12489 Berlin
Deutschland
ruediger.tiemann[at]chemie.hu-berlin.de

440, 839, 730

Toschka, Christina
Ruhr-Universität Bochum
Lehrstuhl für Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 150
44780 Bochum
Deutschland
christina.toschka@rub.de

456

Treagust, David, Prof. Dr.
Curtin University Perth
STEM Education Research Group
(formerly SMEC)
WA 6845 Perth
Australia
D.Treagust@curtin.edu.au

19

Trefzger, Thomas, Prof. Dr.
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
970741 Würzburg
Deutschland
thomas.trefzger@physik.uni-wuerzburg.de

408, 412

Treiber, Eva
IPN Kiel
Didaktik der Mathematik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
treiber@ipn.uni-kiel.de

582

Treisch, Florian
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
florian.treisch@physik.uni-wuerzburg.de

412

Trinenberg, Eva
RWTH Aachen

344

Ullrich, Mark, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Psychologie
m.ullrich@psych.uni-frankfurt.de

356

Ulrich, Nina
Leibniz Universität Hannover
IDN Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
ulrich@idn.uni-hannover.de

550

Varnai, Agnes Szabone, Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland

360

Viefers, Rasmus
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45117 Essen
Deutschland
rasmus.viefers@uni-due.de

819

Vogelsang, Christoph, Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
christoph.vogelsang@upb.de

230, 875, 671, 871, 46

Vorholzer, Andreas, Jun.-Prof. Dr.
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
Andreas.Vorholzer@didaktik.physik.uni-giessen.de

368, 372

Vorst, Helena van, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
helena.vanvorst@uni-due.de

126, 130, 803

Waitz, Thomas, Prof. Dr.
Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung für Fachdidaktik Chemie
Tammannstraße 4
37077 Göttingen
Deutschland
twaitz@gwdg.de

617, 679, 625

Walkowiak, Malte
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
walkowiak@idn.uni-hannover.de

202

Walpuski, Maik, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
maik.walpuski@uni-due.de

27, 134, 495, 737, 765, 278, 424

Weber, Jeremias, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Strasse 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
jeremias.weber@physik.uni-frankfurt.de

356

Weinrich, Melissa, Dr
University of Boston Massachussets
College of Science and Mathematics
ISC-3730
2125 Boston
United States
Melissa.Weinrich@umb.edu

507

Weisermann, Maria
IPN Kiel
Chemiedidaktik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
weisermann@ipn.uni-kiel.de

621

Weltner, Klaus, Prof. Dr. Dr.

Speicherstr.39
60327 Frankfurt am Main
Deutschland
weltner@em.uni-frankfurt.de

301

Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Fakultät III - Fach Physik
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
welzel@ph-heidelberg.de

178, 190

Wenzel, Franziska C.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Psychologie
wenzel@psych.uni-frankfurt.de

356

Wenzel, Michael
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
wenzel@physik.uni-frankfurt.de

234

Weß, Raphael
Humboldt-Universität zu Berlin
ProMINT-Kolleg
Zum Großen Windkanal 6
12489 Berlin
Deutschland
raphael.wess@hu-berlin.de

531

Weßnigk, Susanne, Jun. Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
wessnigk@idmp.uni-hannover.de

609, 655

Weusmann, Birgit
Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg
AG Biologiedidaktik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
birgit.weusmann@uni-oldenburg.de

531

Wilhelm, Thomas, Prof. Dr.
Universität Frankfurt
Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt
Deutschland
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

772, 50, 122, 234, 384

Wilken, Marc
IPN

663

Winkelmann, Jan, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
winkelmann@physik.uni-frankfurt.de

356

Winkelmann, Micha
Leibniz Universität Hannover
AG Physikdidaktik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
winkelmann@idmp.uni-hannover.de

655

Wirth, Rabea
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
rabea.wirth@uni-oldenburg.de

428

Wodzinski, Rita, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
wodzinski@physik.uni-kassel.de

110, 903, 98

Woest, Volker, Prof. Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Str. 2
7743 Jena
Deutschland
volker.woest@uni-jena.de

78, 82, 823

Wöhlke, Anna Carina
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Max-Brauer-Allee 60
22765 Hamburg
Deutschland
carina.woehlke@uni-hamburg.de

58

Woithe, Julia
CERN
TU Kaiserslautern
Schweiz
julia.woithe@cern.ch

376

Woitkowski, David, Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
david.woitkowski@upb.de

726

Wulff, Peter
IPN Kiel
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
Peter_Wulff@gmx.de

242, 586

Ziepprecht, Kathrin, Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
k.ziepprecht@uni-kassel.de

98, 102

Zuleta, Monica, Dr.
Universität Medellin

784

Die 44. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2017 an der Universität Regensburg ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen“ 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