

21ST CENTURY SKILLS FÜR STUDIERENDE DES GRUNDSCHULLEHRAMTS

Ein Projekt zur nachhaltigen Implementierung zukunftsrelevanter
Kompetenzen in die naturwissenschaftliche Bildung angehender
Grundschullehrkräfte

Bewerbung um ein Fellowship des Stifterverbands für Innovationen in der
Hochschullehre

eingereicht von Dr. Steffen Wagner
Berlin, 12. Juli 2019

1 ANTRAG

1.1 PROBLEMBESCHREIBUNG UND AUSGANGSLAGE

Im Zuge der Digitalisierung und Globalisierung haben sich die Anforderungen an Menschen für eine Teilhabe an der Gesellschaft und Arbeitswelt in den vergangenen 30 Jahren stark verändert und werden dies auch zukünftig tun (Dengler & Matthes, 2015). Um diese Anforderungen zu bewältigen, werden an die Mitglieder der Gesellschaft andere Kompetenzerwartungen gestellt (werden), die sich unter den Begriffen *Future Skills* oder *21st Century Skills* zusammenfassen lassen (Ananiadou & Claro, 2009; Kirchherr, Klier, Lehmann-Brauns & Winde, 2018). Dazu gehören grundlegende nicht-digitale Fähigkeiten (z.B. Problemlösen, kollaboratives Arbeiten), grundlegende digitale Fähigkeiten (z.B. Data Literacy, Digital Learning) sowie hochspezifische Kompetenzen (KI¹, UX-Design², Umgang mit Big Data). Vor allem im MINT-Bereich³ besteht bereits heute ein großer Bedarf an entsprechend ausgebildeten Personen (Jang, 2016).

An die Institution Schule ergeben sich damit veränderte Anforderungen. Die Schule ist bei Kindern und Jugendlichen wesentlich für die Entwicklung dieser Kompetenzen verantwortlich, und zwar von Anfang an, also bereits im Primarbereich. Dort werden es vor allem die zukünftigen Grundschullehrkräfte sein, die eine solche Entwicklungsarbeit zu leisten haben. Um zukunftsrelevante Fähigkeiten vermitteln zu können, aber auch um in einem sich verändernden Arbeitsumfeld selbstwirksam zu agieren, müssen sie selbst über diese Kompetenzen verfügen. Eine Lehrkraft ohne die Fähigkeit zu kollaborativem Arbeiten, ohne die Fähigkeit Probleme zu lösen und ohne Kenntnisse über den Umgang mit Daten und über digitales Lernen wird in der Schule von morgen nicht wirksam sein können. Die Studierenden müssen erfahren, dass kollaboratives Arbeiten, Problemlösen und digitales Lernen funktioniert und sich lohnt. Nur so können sie später selbst als Lehrkräfte diese Kompetenzen überzeugend auch an andere weitervermitteln.

Der elementare Rahmen, in dem sich angehende Grundschullehrkräfte entsprechend qualifizieren, ist die hochschulische Lehrkräftebildung. Die Implementierung von *Future Skills* wird in diesem Rahmen jedoch bislang nicht systematisch umgesetzt. In den Veranstaltungen der naturwissenschaftlichen bzw. sachunterrichtlichen Fächer für Studierende des Grundschullehramts werden diese zukunftsrelevanten Fähigkeiten kaum adressiert, obwohl es gerade in diesen Fächern besonders wichtig wäre. Somit fehlt ein zentraler Baustein in der Bildungskette, mit dem heute das Fundament für die gesellschaftliche Teilhabe der Generationen von Schülerinnen und Schülern von morgen gelegt werden muss.

Für eine erfolgreiche Implementierung sind geeignete Testfelder und praktische Erfahrungen an dieser Schlüsselstelle notwendig – in der Bildung zukünftiger Grundschullehrkräfte im MINT-Bereich mit besonderer Berücksichtigung von digitalen und nicht-digitalen *Future Skills*. Bestehende Inhalte, wie fachliche, pädagogische und fachdidaktische Kompetenzen müssen um diese Konzepte ergänzt werden. Ein solches Testfeld soll mit diesem Antrag geschaffen werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den basalen digitalen und nicht-digitalen Fähigkeiten. Insbesondere die Physik ist für ein solches Vorhaben in

¹KI = Abk. für Künstliche Intelligenz

²UX = Abk. für User Experience

³MINT = Abk. für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik

hohem Maße geeignet, da physikalische Denkweisen von Problemlöseprozessen gekennzeichnet sind, der Umgang mit Daten beim Experimentieren im Vordergrund steht und physikalische Arbeitsweisen in der Regel kollaborativ sind. Die Expertise in diesem Bereich ist vorhanden, da in der vergangenen Dekade verstärkt fachdidaktische Forschungen und konzeptuelle Entwicklungen dazu im MINT-Bereich stattgefunden haben (Chalkiadaki, 2018; Griffin & Care, 2015; Hesse, Care, Buder, Sassenberg & Griffin, 2015, u.v.m.).

Expertise

Die AG Didaktik der Physik der Humboldt-Universität zu Berlin verfügt über die notwendige Expertise im Problemlösen (z.B. Priemer et al., 2019), argumentativen und kritischen Umgang mit Daten (Kok, Priemer, Musold & Masnick, 2019; Ludwig, Priemer & Lewalter, 2019), in der Nutzung von Modellen (Wagner, 2018), im problemorientierten und offenen Experimentieren (Grusche & Wagner, 2016; Priemer, 2011) sowie im digitalen Messen und Experimentieren (Boczianowski, 2018). Die vom Antragsteller zusammen mit Prof. Burkhard Priemer entwickelte fachphysikalische Bildung für das Grundschullehramt (Vorlesung „Ausgewählte Themen der Physik“) wurde 2018 mit dem Ars-Legendi-Fakultätenpreis Physik ausgezeichnet. Weiterhin ist das ProMINT-Kolleg der HU Berlin, in dem die Fachdidaktiken des MINT-Bereichs sowie des Sachunterrichts zusammenarbeiten, Mitglied im Entwicklungsverbund „Die Zukunft des MINT-Lernens“ der Deutsche Telekom Stiftung, in dem mit Blick auf Future Skills und digitale Kompetenzen ein intensiver Austausch über sowie eine koordinierte Entwicklung von Lernumgebungen in einem Zusammenschluss von fünf Hochschulen stattfinden.

Mit den entsprechenden Netzwerken der HU Berlin, den Kapazitäten der AG Didaktik der Physik sowie mit den studienorganisatorischen Rahmenbedingungen sind die strukturellen Voraussetzungen vorhanden, um ein entsprechendes Testfeld umsetzbar zu machen. Dazu gehören die Entwicklung, Erprobung und Beforschung einer Veranstaltung, in dem Studierende des Lehramts an Grundschulen zukunftsrelevante Kompetenzen erwerben können. Aufbauend auf diese Ressourcen kann und soll die Implementierung von Future Skills in die Lehrkräftebildung an der HU Berlin verstetigt werden und über die Zielgruppe der Studierenden des Grundschullehramts hinausführen, bis zu einer zukünftigen Umsetzung in Schulen.

1.2 ZIEL

Ziel des Projekts ist die Entwicklung, Erprobung und Evaluation einem Projektseminar, in dem etwa 25 Studierende des Grundschullehramts mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt Kompetenzen im kollaborativen Problemlösen und unter Nutzung digitaler Medien und Daten selbst aufbauen. So werden die zukünftigen Lehrkräfte in einem ersten Schritt auf die Schule der Zukunft vorbereitet. Die Veranstaltung wird nach dem Ansatz des Design-Based-Research evidenzbasiert (weiter-)entwickelt.

1.3 PERSÖNLICHE MOTIVATION

In meiner bisherigen Tätigkeit wurden durch mich mehrfach erfolgreich neue Lehrkonzepte entwickelt, die mittlerweile fest in die Studienstruktur eingebunden sind. Neben

der bereits genannten Mitarbeit an der Konzeption und Durchführung der Lehrveranstaltung „Ausgewählte Themen der Physik“ habe ich vollständig neue Veranstaltungen entwickelt und mehrfach durchgeführt, wie ein eigenes physikalisches Experimentierpraktikum für Studierende des Grundschullehramts. Darüber hinaus sind von mir Formate wie eine Inverted-Classroom-Umgebung für eine Physikdidaktik-Vorlesung sowie digitale Formate (Wikis, Moodle-Kurse und Lernvideos) mitkonzipiert und umgesetzt worden. Schließlich erhielt ich als Studierender durch die HU Berlin eine Förderung für die Ausrichtung eines Projektstudiums zur Kulturgeschichte der Elektrizität. Diese persönlichen Ressourcen möchte ich gern für die Implementierung einer zukunftsorientierten Lehrveranstaltung einsetzen.

Es ist meine persönliche Überzeugung, dass Future Skills eine viel größere Bedeutung in der universitären und schulischen Lehre erhalten müssen, damit SchülerInnen und Lehrkräfte den zukünftigen gesellschaftlichen Herausforderungen gewachsen sind. Auf Basis theoretischer Grundlagen und eigener Erfahrungen möchte ich daher konkrete Lernangebote in diesem Feld entwickeln. Durch das Fellowship erhoffe ich mir einen intensiven Austausch auch über Fachgrenzen hinweg, eine Bereicherung durch neue Ideen für andere und für mich selbst sowie eine Entwicklung nachhaltiger Netzwerke.

1.4 IMPLEMENTATION, KONKRETE UMSETZUNG UND VERSTETIGUNG

Das Vorhaben wird im Rahmen des Moduls *Fachwissenschaftliche Vertiefung Physik* ab dem Sommersemester 2020 in einem Projektseminar mit 2 SWS für etwa 25 Studierende des Masterstudiengangs Lehramt an Grundschulen an der Humboldt-Universität zu Berlin im Sommersemester 2020 umgesetzt. Das Seminar ist eine Wahlpflichtveranstaltung für Studierende mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt und wird mit 5 Leistungspunkten akkreditiert.

In dem Projektseminar werden grundlegende nicht-digitale Kompetenzen in Form von kollaborativem Problemlösen sowie digitale Kompetenzen in Form von Data Literacy und Digital Learning adressiert. Bei der Auswahl des fachlichen Inhalts bzw. konkret des zu lösenden Problems dient eine von mir betreute Untersuchung als Grundlage, in der qualitativ fachliche Interessen von Studierenden des Grundschullehramts erhoben wurden (Ziesler, 2019, Masterarbeit im Druck). Ein besonderes Interesse der Studierenden besteht an der Erde als astronomisches Objekt, insbesondere an ihrer historischen und modernen Vermessung. Für viele Menschen beispielsweise ist die Kugelgestalt der Erde eine Selbstverständlichkeit. Andere ziehen sie in Zweifel. Vor dem Hintergrund von gegenwärtig im Internet kursierenden alternativen Fakten zur Gestalt und Größe der Erde wie z.B. der „flat-earth-Vorstellung“ ist dieses Interessenfeld aktuell und interessant. Die Problemstellung ist knapp, aber empirisch nicht ohne weiteres zu belegen:

„Weisen Sie die Kugelgestalt der Erde nach und bestimmen Sie ihre Größe.“

Eine prinzipielle Zugänglichkeit des Problems ist gewährleistet (Wagenschein, 1955), allerdings gehören zu dessen Lösung mehrere Beobachtungen, Datenerhebungen, Auswertungen, Fachwissen und Experimente, die die Fähigkeiten und Kenntnisse der Studierenden zunächst übersteigen. Dieser Nachweis ist für die Zielgruppe damit ein Soll-Zustand, der vom Ist-Zustand derart abweicht, dass er nicht mit eingeübten Routinen erreicht werden

kann und stellt damit per Definition ein Problem dar (Hesse et al., 2015). Eine individuelle Problemlösung ist in Anbetracht der zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich, sodass das Problem nur kollaborativ gelöst werden kann. Die notwendige technische Ausstattung ist in der umfangreichen Gerätesammlung der AG Didaktik der Physik vorhanden. Kurze Impulsreferate von Experten dienen zu Beginn der Veranstaltung als Ideengeber, etwa zu (kollaborativen) Problemlösestrategien für die Studierenden und auch zum erfolgreichen Einsatz von ePortfolios für die reflektierte Dokumentation des eigenen Lern- und Problemlöseprozesses. Sie geben aber explizit keinen Lösungsweg vor. Die Expertise stammt dabei vorwiegend aus den Netzwerken der HU Berlin und der eigenen Arbeitsgruppe, aber auch von fachfremden Personen.

Die Umsetzung sowie ein theoretischer Rahmen Beforschung basiert auf umfangreichen Forschungsarbeiten (auch aus der AG Didaktik der Physik der HU Berlin), etwa zum Problemlösen (z.B. Priemer et al., 2019), zum Collaborative Learning (Dillenbourg, 1999) und - als Synthese - zum kollaborativen Problemlösen (Hesse et al., 2015). In letzterem werden einzelne Teilkompetenzen und Schritte in verschiedenen Dimensionen aufgeschlüsselt und sogar für eine Beforschung in Lehr-Lern-Kontexten operationalisiert. Daher eignet sich dieses Rahmenkonzept für den in diesem Vorhaben angedachten Zweck in besonderem Maße.

Wie in vielen unserer Veranstaltungen kommen digitale Medien (z.B. Tablets, Smartboard, Computer, Wikis, Moodle, Mahara) zum Einsatz, um einerseits das Lernen effektiver zu gestalten und andererseits die Entwicklung digitaler Kompetenzen zu fördern. In dem Vorhaben werden ePortfolios für die individuelle Dokumentation des Problemlösefortschritts genutzt, sowie ein gemeinsamer Blog als kollektive Dokumentation des Ergebnisses. Beides ist mit den an der HU verfügbaren digitalen Plattformen Mahara und Moodle möglich. Die entsprechend notwendigen Geräte wie Tablets und Laptops sind ebenfalls vorhanden.

Es wird erwartet, dass die Studierenden in dem Projekt Kompetenzen im kollaborativen Problemlösen aufbauen und auf neue Problem transferieren können. Dies wird in der Modulabschluss getestet, indem ein fremder Problemlöseprozess von den Studierenden auf Basis der erworbenen Kompetenzen bewertet wird und alternative Vorgehensweisen aufgezeigt werden können.

Nach einer Evaluation des Vorhabens (siehe Abschnitt *Evaluation*) wird im folgenden Jahr erneut ein Problem aus dem Interessenfeld der Studierenden generiert. Daraus bietet sich ebenfalls ein Problem mit einem starken Gegenwartsbezug und einem Schwerpunkt auf Nachhaltigkeit an:

„Entwickeln Sie für den Hausgebrauch ein geeignetes Verfahren zum Filtern von Mikroplastik!“

Nach zweimaliger Durchführung, Evaluation und Überarbeitung wird das Projekt in dem betreffenden Modul für Studierende des Grundschullehrramts verstetigt.

1.5 EVALUATION

Zur Einschätzung des Potenzials und für die Weiterentwicklung des Projekts soll eine Evaluation auf Basis des Design-Based-Research-Ansatzes (DBR, Wilhelm & Hopf, 2014) mit

Mixed-Method-Verfahren nach der ersten und zweiten Durchführung erfolgen. Die in der Physikdidaktik weitverbreitete Methode des DBR sieht vor, in einem zyklischen Prozess aus Entwicklung, Umsetzung, Evaluation und Überarbeitung Lerneinheiten zu entwickeln. Praktische Probleme werden auch hier als Ausgangspunkt gewählt. Der DBR-Ansatz erfordert damit mindestens eine, ebenfalls evaluierte Wiederholung der Umsetzung einer entwickelten Lernumgebung, wie sie in den Abschnitten *konkrete Umsetzung* und *Arbeitsprogramm* bereits berücksichtigt wird.

Durch meine Dissertation auf dem Gebiet der Fachdidaktik Physik sowie durch die Betreuung mehrerer Masterarbeiten und Forschungsprojekte besitze ich fundierte Kenntnisse in der Anwendung entsprechender Mixed-Method-Verfahren. Darüber hinaus ist die Entwicklung und Bewertung von Lernumgebungen zentraler Forschungsbereich der AG Didaktik der Physik an der Humboldt-Universität, vor allem im Bezug auf den Umgang mit Daten und dem problemorientierten Experimentieren.

Die Grundlage der Evaluation bilden die digitalen Produkte der Studierenden, die durch einzelne Interviews ergänzt werden. Als theoretischer Rahmen für die Analyse bietet sich wie bereits erwähnt das Konzept von Hesse et al. (2015) an, in dem der gesamte Prozess nach kollaborativen und inhaltlichen Teilkompetenzen gegliedert ist und Anhaltspunkte für den Entwicklungsstand jeder einzelnen Teilkompetenz aufgezeigt werden. Die Erhebung und Auswertung der Daten erfolgt im Rahmen einer Masterarbeit an der AG Didaktik der Physik.

1.6 VERNETZUNG UND TRANSFER

Vernetzung

Die Umsetzung und Übertragbarkeit wird durch die Vernetzung innerhalb der HU sowie mit anderen Institutionen begünstigt. Die AG Didaktik der Physik ist als Mitglied im interdisziplinären Zentrum für Bildungsforschung (IZBF) direkt an eine zentrale, strukturelle Bildungsforschungseinrichtung mit einer Expertise im Bereich der Lernforschung angebunden. Das ProMINT-Graduiertenkolleg der HU Berlin wirkt als einer von fünf Hochschulstandorten am Entwicklungsverbund „Die Zukunft des MINT-Lernens“ mit. Seit Juni 2019 nimmt die AG Didaktik der Physik am Förderprogramm BolognaLAB teil, einem durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Netzwerk zur zukunftsorientierten Gestaltung digitaler Hochschullehre.

Als Mitglied in der Grundschulkommission sowie im Sachunterrichtsausschuss der Grundschulkommission der HU Berlin können strukturelle, inhaltliche und studienorganisatorische Fragen des geplanten Projekts direkt koordiniert werden. Für eine mögliche Übertragung auf den Bereich Schule (siehe Abschnitt *Transfer*) stehen das eigene Schülerlabor der AG Didaktik der Physik sowie ein Netzwerk von Partnerschulen zur Verfügung.

Transfer

Kollaboratives, datenbasiertes Problemlösen muss vor allem auf das Feld „Schule“ übertragen werden. Dies kann initiativ einerseits durch die zahlreichen Partnerschulen der HU erfolgen, mit denen die AG Didaktik der Physik eng zusammenarbeitet, aber auch durch die

teilnehmenden Studierenden des Grundschullehramts selbst, wenn diese positive Erfahrungen mit dem entwickelten Konzept verbinden. Hier ist der Zeitpunkt des Moduls in der Studienendphase ein Vorteil, da so die Erfahrungen dann in zeitlicher Nähe zum Praxisfeld des Referendariats angesiedelt sind. Um eine breite Anwendung auf das Feld Schule zu ermöglichen, ist, wie in der Problembeschreibung skizziert, eine Etablierung von Future Skills in der Bildung der zukünftigen Lehrkräfte zwingend notwendig.

Die geplante Innovation lässt sich zunächst auf Studierende des Studienfachs „Lehramt an Grundschulen“ an anderen Standorten übertragen. Eine Verbreitung dieses Konzepts auf andere Standorte lässt sich vor allem durch Publikationen sowie durch die Präsentation auf nationalen und internationalen Tagungen der MINT- bzw. Sachunterrichts-Fachverbände umsetzen. Daher sind im Finanzierungsplan entsprechende Posten berücksichtigt.

Parallel dazu wird die Lehrveranstaltung mit angepassten fachlichen Inhalten auf die Zielgruppe des weiterführenden Lehramts Physik für die Sekundarschule im Mastermodul Spezielle Themen des Physikunterrichts übertragen, getestet und ggf. implementiert werden, da auch für diese Zielgruppe eine ähnliche Ausgangslage und Motivation vorliegt.

Problemlösekompetenz ist dabei nicht disziplingebunden, sondern im gesamten MINT-Bereich, aber auch darüber hinaus relevant und anwendbar. Das Zusammenspiel einer Kompetenzorientierung an den Future Skills mit passenden Lehrkonzepten und Mikromethoden kann gewinnbringend auch in anderen Disziplinen eingesetzt werden. Eine mögliche Übertragung auf andere Studiengänge kann an der HU durch die entsprechenden Netzwerke wie das ProMINT-Kolleg, das Bologna-Lab, das Unilab-Schülerlabor sowie über die Grundschulkommission vorangetrieben werden. Überdies bietet sich auch das Fellowship als Transferrahmen an.

1.7 FELLOWSHIP

Die Teilnahme an einem Fellowship-Programm geht einher mit dem Austausch von unterschiedlichen persönlichen und projektbezogenen Ressourcen der teilnehmenden Fellows. Als promovierter Fachdidaktiker werde ich meine Expertise in der Evaluation der Wirksamkeit von Lernumgebungen als persönliche Ressource mit einbringen können. Dies betrifft vor allem qualitative und Mixed-Method-Forschungsdesigns, die für die inhaltliche Entwicklung von Lernumgebungen besonders geeignet sind.

Darüber hinaus möchte ich für meine eigene Lehr- und Forschungstätigkeit auch von den Ressourcen der anderen Fellows profitieren, die in den vergangenen Jahren häufig methodische und inhaltliche Innovationen in das Programm eingebracht haben. Vor allem der direkte, persönliche Austausch von Erfahrungen ist dafür reizvoll. Und schließlich bildet ein Fellowship für mich die Möglichkeit, eigene wissenschaftliche Netzwerke im Hinblick auf die Entwicklung meiner beruflichen Perspektive zu erweitern.

Als wichtigste projektbezogene Ressource können in diesem Antrag jedoch die Future Skills selbst angesehen werden. Kollaboratives Problemlösen, der Umgang mit Daten und das digitale Lernen sind für die Zukunft hochschulischen Lernens von zentraler Bedeutung (vgl. Meyer-Guckel, Klier, Kirchherr & Winde, 2018). Das Projekt bringt dadurch einen Mehrwert für alle TeilnehmerInnen in das Programm ein.

1.8 LITERATUR

- Ananiadou, K. & Claro, M. (2009). *21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries* (OECD Education Working Papers Nr. 41).
- Boczianowski, F. (2018). *Wo befindet sich der Beschleunigungssensor im Smartphone? - Digitales Messen im Physikunterricht*. Johachim Herz Stiftung Verlag.
- Chalkiadaki, A. (2018). A Systematic Literature Review of 21st Century Skills and Competencies in Primary Education. *International Journal of Instruction*, 11(3), 1–16.
- Dengler, K. & Matthes, B. (2015). *Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt: Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland* (Nr. 11). Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Nürnberg.
- Dillenbourg, P. (1999). What Do You Mean by Collaborative Learning? In *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches* (S. 1–19). Oxford: Elsevier.
- Griffin, P. & Care, E. (Hrsg.). (2015). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. New York: Springer.
- Grusche, S. & Wagner, S. (2016). Two Different Looks at Kepler's Refraction Experiment. *Physics Education*, 51(6).
- Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K. & Griffin, P. (2015). A Framework for Teachable Collaborative Problem Solving Skills. In P. Griffin & E. Care (Hrsg.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (S. 37–56). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Jang, H. (2016). Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 284–301.
- Kirchherr, J., Klier, J., Lehmann-Brauns, C. & Winde, M. (2018). *Future Skills: Welche Kompetenzen in Deutschland fehlen*. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.
- Kok, K., Priemer, B., Musold, W. & Masnick, A. (2019). Students' Conclusions from Measurement Data: The More Decimal Places, the Better? *Physical Review Physics Education Research*, 15(1).
- Ludwig, T., Priemer, B. & Lewalter, D. (2019). Assessing Secondary School Students' Justifications for Supporting or Rejecting a Scientific Hypothesis in the Physics Lab. *Research in Science Education*.
- Meyer-Guckel, V., Klier, J., Kirchherr, J. & Winde, M. (2018). *Future Skills: Strategische Potenziale für Hochschulen*. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.
- Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 316–337.
- Priemer, B., Eilerts, K., Filler, A., Pinkwart, N., Rösken-Winter, B., Tiemann, R. & Zu Belzen, A. U. (2019). A Framework to Foster Problem-Solving in STEM and Computing Education. *Research in Science & Technological Education*.
- Wagenschein, M. (1955). *Die Erde unter den Sternen - Ein Weg zu den Sternen für jeden von uns*. München: Oldenbourg.
- Wagner, S. (2018). *Erklärung physikalischer Phänomene mit Modellen* (Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Berlin).
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31–42). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Ziesler, J. (2019, Masterarbeit im Druck). *Das naturwissenschaftliche Interesse von Lehramtsstudierenden für die Grundschule mit dem Fach Sachunterricht* (Masterarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin).