

Ziele eines Demonstrationspraktikums für Physik-Lehramtsstudierende

Katharina Stütz, Ronny Nawrodt

Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart
k.stuetz@physik.uni-stuttgart.de

Kurzfassung

Das Präsentieren von Demonstrationsexperimenten oder das Durchführen von Schülerexperimenten sind zentrale Bausteine des Physikunterrichts. In der universitären Ausbildung erfolgt die Vermittlung der notwendigen Fähigkeiten klassischerweise in diversen Praktika. In diesem Beitrag soll ein Überblick über die konkreten Ziele eines solchen Praktikums gegeben werden. Dazu werden die Zielvorstellungen von 15 Studierenden aus zwei Semestern den Zielen aus Theorie und Praxis gegenübergestellt und diskutiert. Für einen standortübergreifenden Überblick über die universitäre Praxis wurden die Modulpläne von acht zufällig ausgewählten Universitäten und Hochschulen, an denen in Deutschland Physik für das Gymnasiale Lehramt studiert werden kann, analysiert.

1. Theoretische Grundlage zu Experimenten im Physik-Unterricht

Experimente nehmen im heutigen Physikunterricht eine zentrale Rolle ein. Gründe dafür sind die zentrale Rolle des Experiments in der physikalischen Forschung und die zentrale Position im Erkenntnisprozess der Schülerinnen und Schüler (SuS). Daher ist es wichtig, dass der Einsatz von Experimenten im Schulunterricht eine zentrale Position in der Ausbildung der zukünftigen Lehrkräfte einnimmt. Doch bereits aus dem Forschungsreview von Harlen [1] aus dem Jahr 1999 geht hervor, dass nur wenige Lehrkräfte die Experimente auch effektiv einsetzen. In diesem Artikel werden zunächst die dafür nötigen Kompetenzen und das Wissen herausgearbeitet. Es wird anschließend erläutert in welchen Studienabschnitten die einzelnen Inhalte behandelt werden. In einem letzten Schnitt wird dann aus einer aufgezeigten Diskrepanz auf die nötigen Ziele für ein neu zu entwickelndes Seminar geschlossen.

1.1. Fokus auf die Verbindung von Experiment und Lernprozess

Betrachtet man die Rolle des Experiments im naturwissenschaftlichen Unterricht so wird schnell klar, dass diese Rolle sehr vielschichtig ist. Kircher et al. [2] fassen die möglichen Funktionen eines Experiments im Unterricht in 14 Punkten zusammen (Abb. 1). Bei der Formulierung dieser Ziele wird davon ausgegangen, dass eine experimentelle Beschäftigung mit einem Sachthema im Kontext Schule dazu genutzt werden kann, den SuS dieses Thema erkenntnisgewinnend näher zu bringen. Dass davon ausgegangen werden kann, zeigt eine Studie aus dem Jahr 2004 von Tesch und Duit [3]. Diese haben mithilfe einer Videostudie festgestellt, dass mit stärkerer Präsenz von Experimenten im Unterricht die Leistungsentwicklung der SuS besser wird.



Abb. 1: Experimente funktionell betrachten.

Doch bereits im Jahr 1982 zeigten Hofstein und Lunetta [4], dass aus den bisherigen Erkenntnissen folgt, dass erst mit einer gelungenen Verbindung von Lernprozessen und Experimentieren ein Experiment eine sinnvolle Funktion im Unterricht einnimmt. Die Einbettung in die Lernumgebung, also die Vor- und die Nachbereitung eines Experiments im Unterricht, spielt also eine zentrale Rolle. Diese Erkenntnis wird von Harlen [1], Euler [5] und Tesch und Duit [3] weiter bestätigt.

1.2. Professionelle Handlungskompetenz rund um Experimente

Die allgemeinen Kompetenzen einer Physik-Lehrkraft werden unter dem Begriff der Professionellen Handlungskompetenz zusammengefasst. In Anlehnung an Weiner [6] und Baumert & Kunter [7] teilt

sich diese in das Professionswissen einerseits und andererseits in die motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten auf.

Um nun ein Experiment effektiv in einem Unterricht einsetzen zu können benötigen angehende Physik-Lehrkräfte Handlungskompetenzen, die sich angelehnt an Trna [8] in drei Gruppen von Fähigkeiten einteilen lassen:

- (A) Grundlegende physikalische experimentelle Kompetenzen (auch technologische),
- (B) Grundlegende schulrelevante physikalische experimentelle Kompetenzen (auch technologische) und
- (C) Kompetenzen Schulexperimente in eine Lernumgebung einbetten zu können.

Das Professionswissen als Grundlage für diese Fähigkeiten ist nach dem TPACK-Modell nach Mishra und Koehler [9] (Abb. 2) dem physikalischen Fachwissen [9] (content knowledge, CK) zusammen mit dem technologischen fachlichen Wissen (technological content knowledge, TCK) und dem physikdidaktischen Wissen (pedagogical content knowledge, PCK) zusammen mit dem technologischen Fachdidaktischen Wissen (technological pedagogical content knowledge, TPCK) zugeordnet.

Das erziehungswissenschaftliche Wissen (PK), das technologische Wissen (TK) und das technologiebezogene erziehungswissenschaftliche Wissen (TPK) sind hier selbstverständlich als Grundlage ebenfalls nötig, werden hier aber nicht speziell in Bezug auf Experimente betrachtet.

Nach Dreyfus et. al. [10] gibt es in dem Prozess eine neue Handlungskompetenz zu erlernen fünf grundlegende Phasen:

- (A) Neuling (novice): Die Studierenden können festen Regeln folgen. Sie haben ein reines Faktenwissen.
- (B) Fortgeschrittene/r Anfänger/in (competence): Die Studierenden folgen Richtlinien. Einzelne Bausteine werden wiedererkannt und können gelöst werden.
- (C) Kompetente/r (proficiency): Die Studierenden folgen Grundsätzen. Bestimmte Situationen werden wiedererkannt und können gelöst werden.
- (D) Gewandte/r (expertise): Die Studierenden brauchen keine Vorgaben mehr. In jeder Situation kann mit Intuition reagiert werden.
- (E) Experte/Expertin (mastery): Um in jeder Situation mit Intuition reagieren zu können wird nicht mehr die volle Aufmerksamkeit benötigt.

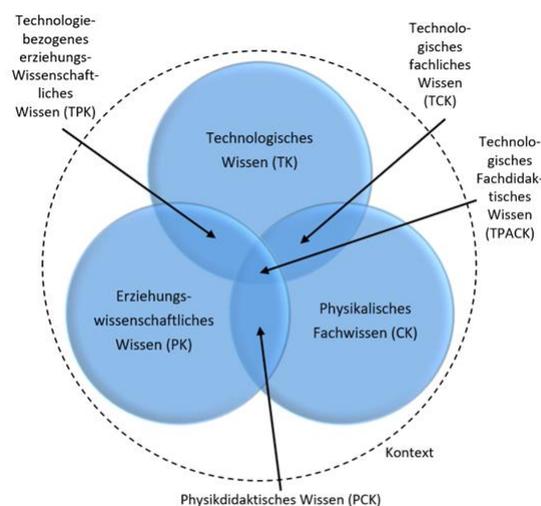


Abb. 2: TPACK-Modell nach Mishra und Koehler [9].

Die ersten drei Phasen können in die universitäre Ausbildung integriert werden. Die Studierenden sollen sich hier das nötige Professionswissen aneignen und an einfachen Beispielen anwenden. Einzelne Bausteine und ganze Situationen können dann auf Grundlage des Professionswissens gelöst und diskutiert werden. Die letzten beiden Phasen, in denen die neu erlernte Fähigkeit in vielen verschiedenen Situationen getestet werden muss, können erst im Zusammenspiel mit der Erprobung in der Praxis erreicht werden.

1.3. Selbstwirksamkeitserwartungen

Innerhalb der Professionellen Handlungskompetenz tauchen neben dem Professionswissen noch die motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten auf. Das Selbstwirksamkeitserleben einer Lehrkraft nimmt an dieser Stelle einen großen Stellenwert ein. So sprechen beispielsweise Erkenntnisse aus der Psychologie dafür, dass das Selbstwirksamkeitserleben einen großen Einfluss auf das tatsächliche Handeln im Physikunterricht besitzt [11].

Bei einer Kompetenzmessung bei rund 300 Lehramtsstudierenden aus dem Jahr 2010 stellten Riese und Reinhold [12] allerdings fest, dass es sich bei der Selbstwirksamkeitserwartung um ein fachbezogenes Konstrukt zu handeln scheint. So schlagen sie als Konsequenz vor fach- und unterrichtsspezifische Fördermaßnahmen zur Selbstwirksamkeit den allgemeinen Maßnahmen vorzuziehen und stärker im Lehramtsstudium zu verankern. Sie betonen, dass auch vernetztes, vertieftes (schulisches-) Fachwissen ein bedeutendes Kriterium für ein stabiles Selbstwirksamkeitserleben darstellt.

Im weiteren Artikel soll nun dargelegt werden welche dieser Wissensbereiche bereits in den Stufen der Lehramtsausbildung abgedeckt werden.

2. Ziele eines physikalischen Praktikums nach Westphal

Während das physikalische Fachwissen (CK) typischerweise in allgemeinen Fachvorlesungen vermittelt wird, sollen die experimentellen Fähigkeiten in physikalischen Praktika erlernt werden. Das im Jahr 1937 von Westphal [13] vorgestellte Konzept eines physikalischen Praktikums wird auch heute noch an vielen Universitäten umgesetzt. Dabei handelt es sich um eine Reihe von Experimenten, die bereits fertig aufgebaut und bis ins kleinste Detail durchdacht worden sind. Die Studierenden erhalten eine ausführliche Anleitung, inklusive einer Zusammenfassung des nötigen Fachinhalts und eines ausführlich beschriebenen Messprogramms, und Unterstützung durch Assistenten bei der Durchführung dieser Versuche. Die Ziele eines solchen Physikalischen Praktikums für Lehrende und Studierende lassen sich nach Welzel [14] und Neumann [15] zu drei Hauptzielen zusammenfassen:

- (A) Theorie und Praxis verbinden,
- (B) Experimentelle Fähigkeiten erwerben und
- (C) Methoden wissenschaftlichen Denkens kennenlernen.

Bezogen auf die Lehramtsstudierenden können diese Ziele spezifiziert werden. So schlägt beispielsweise Andersen [16] vor, sich bei den experimentellen Fähigkeiten und der nötigen Theorie konkret auf die Verwendung schulrelevanter Experimente und Messtechnik zu fokussieren.

Damit besteht hier der Anspruch, bezogen darauf Experimente effektiv in einem Unterricht einsetzen zu können (Abschnitt 1.2), die zwei Gruppen an Fähigkeiten (A) und (B) zu kombinieren und sowohl grundlegenden physikalischen experimentellen Kompetenzen als auch die grundlegenden schulrelevanten physikalischen experimentellen Kompetenzen zu vermitteln. Dabei wird angestrebt die ersten drei Phasen zum Erlernen einer neuen Handlungskompetenz (Neuling, Fortgeschrittene/r Anfänger, Kompetente/r) abzuschließen.

3. Ziele des Vorbereitungsdienstes

Ist der erste Teil des Lehramtsstudiums in Form eines ersten Staatsexamens oder Masterabschlusses absolviert so folgt in der Regel der Vorbereitungsdienst. Begleitend zu unterrichtspraktischen Erfahrungen soll nach den Vorgaben der Kultusministerkonferenz [17] in den Begleitveranstaltungen viel Wert auf die unterrichtspraktischen Kompetenzen gelegt werden:

„Die Vermittlung mehr unterrichtspraktisch definierter Kompetenzen ist hingegen vor allem Aufgabe des Vorbereitungsdienstes;“

Das beinhaltet unter anderem das Planen und Gestalten von Lernumgebungen, die fachspezifische Leistungsbeurteilung und die konkrete Planung, Durchführung und Analyse von digital unterstütztem Unterricht.

Konkretere Vorgaben zu den Inhalten lassen sich in den Vorgaben der einzelnen Ministerien der Bundesländer finden. In Bezug auf Experimente schreibt das Ministerium für Kultus, Jugend und Sport in Baden-Württemberg [18], dass im Referendariat die Kenntnisse und Fertigkeiten, die die Studierenden in der Universität erlernt haben weiter vertieft werden sollen. Dazu zählen auch die Kenntnisse und Fertigkeiten zum schulrelevanten Experimentieren. Konkret soll aber der Fokus auf die Gestaltung von Unterricht auch mit Experimenten gerichtet werden.

Damit hat der Vorbereitungsdienst den Anspruch alle drei Gruppen an Fähigkeiten der zu erlernenden Handlungskompetenz (Abschnitt 1.2) zu vervollständigen und damit die Phasen der „Gewandte/r“ und die „Experte/Expertin“ voranzutreiben.

4. Ziele der Studierenden

Bereits aus der Gegenüberstellung der nötigen Teilkompetenzen und Entwicklungsphasen einer Handlungskompetenz zu den Zielen des physikalischen Praktikums und des Vorbereitungsdienstes ist eine Lücke erkennbar. Bevor nun die Ziele eines neuen Seminars zur Experimenten im Physikunterricht genannt werden können ist es sinnvoll die Sichtweise der Studierenden und der Experten miteinzubeziehen.

Um die Ziele der Studierenden für ein Seminar zu Schulexperimenten zu erfassen wurden innerhalb von zwei Jahrgängen insgesamt 15 Studierende überwiegend aus dem sechsten Fachsemester mit einer Online-Umfrage befragt. Dabei sollten die Studierenden ihre eigenen Ziele für ein gelungenes Seminar frei formulieren. Mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring [19] wurden diese in 3 Hauptziele sortiert:

- (A) (Schulrelevante) Experimentelle Kompetenzen vertiefen.
- (B) Experimente in den PU einbetten können.
- (C) Vorbereitung auf den späteren Beruf.

Die Studierenden haben zu dem Zeitpunkt der Beantwortung dieser Frage das physikalische Anfängerpraktikum, also den ersten Teil des physikalischen Praktikums, bereits absolviert und bringen schon eine gewisse Erfahrung im Experimentieren mit. Daraus ist zusammen mit diesen Zielen zu schließen, dass die Studierenden die ersten beiden Phasen (Neuling und Fortgeschrittene/r Anfänger) der Experimentellen Kompetenz und der schulrelevanten experimentellen Kompetenz bereits abgeschlossen haben. Mit einer weiteren Vertiefung dieser Fähigkeiten wird von den Studierenden hier dementsprechend von der folgenden Phase (Kompetente/r) gesprochen.

Mit der Nennung der Vorbereitung auf den späteren Beruf und der Einbettung der Experimente wird außerdem klar, dass den Studierenden die hohe Relevanz der Experimente für ihren späteren Beruf bewusst ist und sie darauf den Fokus lenken möchten.

5. Ergebnis einer Expertenbefragung

Im letzten Schritt sollen noch die Meinungen der Experten hinzugezogen werden. Die Experten stellen in diesem Fall die fachdidaktischen Dozierenden der Experimentierpraktika, Demonstrationspraktika oder Schulexperimente Praktika der deutschen Universitäten dar. Um deren Ziele für ein solches Seminar zu erfahren wurden die Modulpläne acht zufällig ausgewählter Universitäten aus Deutschland mit einem gymnasialen Physik-Studiengang mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring [18] untersucht. Dazu wurden in einem ersten Schritt diejenigen Module herausgesucht, die sich mit dem Experimentieren in der Schule beschäftigen und/oder darauf in irgendeiner Weise eingehen. In den meisten Fällen sind dies die fachdidaktischen Veranstaltungen, die Demonstrationspraktika oder die Schulexperimente Praktika. In einzelnen Fällen wird auch in den Physikalischen Praktika konkret auf das Experimentieren in der Schule eingegangen. In den Modulplänen werden meist die zu erreichenden Lern- bzw. Qualifikationsziele neben den zu behandelnden Inhalten aufgeführt. Deshalb wurden in einem zweiten Schritt die Lern- bzw. Qualifikationsziele der einzelnen Module herausgesucht.

Im ersten Schritt der qualitativen Inhaltsanalyse wurden dann anhand der Texte zunächst induktiv Kategorien gebildet, die in einem zweiten Schritt mit bereits herausgearbeiteten Zielen (Abschnitte 1 bis 4) verglichen und angepasst wurden. Anhand dieser Vorgehensweise ergaben sich für die Expertenbefragung die folgenden drei Hauptziele für ein Seminar zum Einsatz von Experimenten im Schulunterricht:

Die Studierenden können ...

- (A) ... schulrelevant physikalisch experimentieren.
- (B) ... Unterrichtsstunden inkl. eines Experiments unter Anleitung planen, durchführen und reflektieren.
- (C) ... Forschungsergebnisse in die Planung mit einbeziehen.

In einem letzten Abschnitt werden nun die Ziele der verschiedenen Stationen in einem Physik-Lehrmastudium verglichen und den bisherigen Erkenntnissen und den Meinungen der Studierenden und der Experten gegenübergestellt. Aus der direkten Gegenüberstellung ergeben sich so die Ziele für ein Seminar im Übergang zwischen Physikalischem Praktikum und Vorbereitungsdienst.

6. Ergebnis

Die Grundlage zur Erlernung einer Handlungskompetenz bildet das nötige Professionswissen. Das physikalische Fachwissen (CK) und Teile des technologischen Fachwissens (TCK) sollen dabei in den zahlreichen Fachvorlesungen vermittelt werden. Im Physikalischen Praktikum werden diese Wissensbereiche dann anhand von konkreten Beispielen vertieft und angewendet (Neuling). Im Verlauf des Praktikums sollen die Studierenden die Experimentellen Kompetenzen bis hin zum Status der/des „Kompetenten“ weiter vertiefen. Wird das Physikalische Praktikum speziell für die Lehramtsstudierenden angeboten so erweitern sich diese Kompetenzen hin zu den schulrelevanten physikalischen Experimentellen Kompetenzen.

Während der Wissensbereich des Physikdidaktischen Wissens (PCK) innerhalb der fachdidaktischen Veranstaltungen abgedeckt wird findet der Wissensbereich des Technologischen Fachdidaktischen Wissens (TPCK) erst nach und nach Einzug in die Universitäten. Doch auch dieses Wissen soll zukünftig in den fachdidaktischen Veranstaltungen abgedeckt werden.

Bringt man in den Vergleich den Vorbereitungsdienst ein so sollen hier vor allem die beiden Kompetenzphasen der „Gewandten“ und der „Experten“ abgedeckt werden.

Fasst man die bisherigen Erkenntnisse zusammen, so ergibt sich eine klare Diskrepanz zwischen den theoretisch erläuterten Vorgaben und den behandelten Zielen in den Lehrveranstaltungen und Praxisphasen. Ein Überblick über die Phasen zur Erlernung einer Handlungskompetenz zu den einzelnen Gruppen ist in Tabelle 1 gegeben. Dabei ist in den einzelnen Kreuzungen notiert in welchem Ausbildungsabschnitt dieses Ziel verfolgt wird. So ergeben sich für ein physikalisches Praktikum, dass um eine Schulrelevanz erweitert wurde, gleich sechs Bereiche.

Betrachtet man nun im Überblick die Gruppe an Fähigkeiten rund um das Einbetten von Experimenten in eine Lernumgebung so fällt auf, dass gerade die ersten drei Phasen - „Neuling“, „Fortgeschrittene/r Anfänger/in“ und „Kompetente/r“ – nicht abgedeckt sind. Diese Lücke wird sowohl von den Studierenden, als auch von den Experten erkannt und beschrieben. Beide Parteien fordern für den universitären Ausbildungsabschnitt einen Teil zur Einbettung von Experimenten in den Physik-Unterricht.

Ein weiterer wichtiger Teil, der hier bisher nicht erwähnt wurde, sind die geforderten Maßnahmen zur Förderung der Selbstwirksamkeitserwartung. Diese werden an keiner Stelle konkret erwähnt.

Für ein Seminar zur Einbettung von Experimenten in einen Unterricht ergeben sich damit die folgenden Ziele:

	Neuling (novice)	Fortgeschrittene/r Anfänger (competence)	Kompetente/r (proficiency)	Gewandte/r (expertise)	Experte/Expertin (mastery)
Grundlegende physikalische experimentelle Kompetenzen	Physikalische Praktika	Physikalische Praktika	Physikalische Praktika, Studierende	Vorbereitungsdienst	Vorbereitungsdienst
Grundlegende schulrelevante physikalische experimentelle Kompetenzen	Physikalische Praktika für das Lehramt	Physikalische Praktika für das Lehramt	Physikalische Praktika für das Lehramt, Studierende Experten	Vorbereitungsdienst	Vorbereitungsdienst
Kompetenzen Schulexperimente in eine Lernumgebung einbetten zu können	Studierende, Experten	Studierende, Experten	Studierende, Experten	Vorbereitungsdienst	Vorbereitungsdienst

Tab. 1: Gegenüberstellung der drei Gruppen von Fähigkeiten innerhalb der Handlungskompetenz „Ein Experiment in einen Unterricht einbetten können“ zu den fünf Phasen eine Kompetenz zu erlernen. In den Schnittstellen befinden sich die Bezeichnungen der Ausbildungsabschnitte, welche diesen Punkt abdecken.

- (A) Schulrelevante physikalische experimentelle Kompetenz vertiefen,
- (B) Experimente in einen Unterricht einbetten können,
- (C) Selbstwirksamkeitserwartung stärken,
- (D) Schulisches Fachwissen vertiefen und vernetzen.

7. Zusammenfassung

Klassische Demonstrationspraktika oder Schulexperimente Praktika, die an vielen Universitäten existieren, fokussieren sich zurzeit auf den Aufbau der schulrelevanten physikalischen experimentellen Kompetenz. Dem Aufbau der Kompetenz zur Einbettung von Experimenten in einen Unterricht scheint dabei zu kurz zu kommen. Eine mögliche Lösung kann darin bestehen den Aufbau der schulrelevanten physikalischen experimentellen Kompetenz, wie von Andersen [16] bereits vorgeschlagen, in die physikalischen Praktika zu verschieben. So bliebe in einem didaktischen Seminar zur physikalischen Experimenten mehr Zeit sich mit dem Aufbau der Kompetenz zur Einbettung der Experimente zu beschäftigen. Den Studierenden käme dies sicherlich zu Gute.

8. Literatur

- [1] Harlen, Wynne (1999). Effective teaching of science: A Review of Research. Edinburgh: The Scottish Council for Research in Education (SCRE).
- [2] Kircher, Ernst; Girwidz, Raimund; Häußler, Peter (Hrsg.) (2015): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. (3. Auflage) Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, S. 229.
- [3] Tesch, Maike; Duit, Reinders (2004): Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 10, 2004, S. 51-69,

- Url: <https://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/jg10a.htm#Art003> (Stand 06/2022)
- [4] Hofstein, Avi; Lunetta, Vincent N. (1982): The role of laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. In: Review of Educational Research, Summer, 1982, Vol. 52, No. 2, S. 201-217. <https://doi.org/10.2307/1170311>
 - [5] Euler, Manfred (2001): Lernen durch Experimentieren. In: Ringelband, Ute; Prenzel, Manfred; Euler, Manfred (Hrsg.) (2001): Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. Kiel: IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, S. 13-42.
 - [6] Weinert, Franz E. (2001): Concept of Competence: A Conceptual Clarification. In: D.S. Rychen & L.H. Salganik (Hrsg.) (2001): Defining and Selecting Key Competencies. Göttingen: Hogrefe, S. 45-66.
 - [7] Baumert, Jürgen; Kunter, Mareike. (2006): Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), S. 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
 - [8] Trna, Josef (2012): How to motivate science teachers to use science experiments. In: Systemics, cybernetics and informatics, Vol. 10, No. 5. Url: <http://www.iiisci.org/journal/pdv/sci/pdfs/HEB469YG.pdf>
 - [9] Mishra, Punya; Koehler, Matthew J. (2006): Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. In: Teacher College Record, Volume 108, Nummer 6, S. 1017 - 1054. <https://doi.org/10.1111%2Fj.1467-9620.2006.00684.x>
 - [10] Dreyfus, Stuart E.; Dreyfus, Hubert L. (1980): A Five-Stage Model of Mental Activities Involved In Directed Skill Acquisition. Url: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA084551.pdf>
 - [11] Kunter, Mareike; Tsai, Yi-Miau; Klusmann, Uta; Brunner, Martin; Krauss, Stefan; Baumert,

- Jürgen (2008): Students' and mathematics teachers' perceptions of teacher enthusiasm and instruction. In: *Learning and Instruction*, Volume 18, Issue 5, 2008, S. 468–482.
- [12] Riese, Josef; Reinhold, Peter (2010): Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 16, 2010, S. 167-187.
- [13] Westphal, Wilhelm H. (1974): *Physikalisches Praktikum. Eine Sammlung von Übungsaufgaben mit einer Einführung in die Grundlagen des physikalischen Messens*. 13. Auflage. Braunschweig: Friedr. Vieweg + Sohn.
- [14] Welzel, Manuela; Haller, Kerstin; Bandiera, Milena; Hammelev, Dorte; Koumaras, Panagiotis; Niedderer, Hans; Paulsen, Albert; Robinault, Karine; von Aufschnaiter, Stefan (1998): Ziele, die Lehrende mit experimentellem Arbeiten in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden - Ergebnisse einer europäischen Umfrage. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(1), 1998, S. 29-44.
- [15] Neumann, Knut (2004): Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker. In: *Studien zum Physiklernen*, Band 38, Berlin: Logos Verlag.
- [16] Andersen, Jasmin (2020): Entwicklung und Evaluation eines spezifischen Anfängerpraktikums für Lehramtsstudierende im Fach Physik. Kiel. Url: https://macau.uni-kiel.de/receive/macau_mods_00001409
- [17] Kultusministerkonferenz (16.05.2019): Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Url: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf (Stand 06/2022)
- [18] Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Seminaren für Didaktik und Lehrerbildung (Gymnasien) (Hrsg.) (2021): *Ausbildungsstandards der Seminare für Ausbildung und Fortbildung der Lehrkräfte (Gymnasium)* Url: http://lpa-bw.de/site/pbs-bw-km-root/get/documents_E771098419/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/Dienststellen/lpa-bw/Ausbildungsstandards/Gymnasium/VD%202021%20Ausbildungsstandards%20Gymnasium.pdf (Stand 06/2022)
- [19] Mayring, Philipp (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken*. 12. überarbeitete Auflage, Weinheim Basel: Beltz Verlag

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Projekt „Lehrerbildung PLUS“ (Förderkennzeichen 01JA1907A) unterstützt.