

Planung von Experimenten für den Physikunterricht

Vielfalt geplanter Experimente in verschiedenen Ausbildungsphasen

Sven Levetzow*, Heidi Reinholz⁺

*Universität Rostock, Institut für Mathematik, Ulmenstraße 69, 18057 Rostock

⁺ Universität Rostock, Institut für Physik, Albert-Einstein-Straße 23, 18059 Rostock
Sven.Levetzow@uni-rostock.de

Kurzfassung

Die Planung von Unterricht und damit auch die Integration von Experimenten in den Physikunterricht ist eine wichtige Tätigkeit des alltäglichen Berufslebens einer Physiklehrkraft. Bisherige Desiderate fokussieren zumeist die Planung von Experimenten auf Schüler:innenebene und inwieweit diese bei der Durchführung unterstützt werden können. Der Planungsprozess durch Lehrkräfte selbst wird weniger fokussiert. Jedoch sollte in Lehrkräfteausbildungen auch die Planung eines Experimentes als Unterrichtsmethode und naturwissenschaftliche Arbeitsweise thematisiert und erprobt werden. Die Gestaltung von entsprechenden Lerngelegenheiten ist derzeit nicht eindeutig geklärt. Es wird hier eine Bestandsanalyse zur Planung von Experimenten für den Physikunterricht vorgestellt, aus der Anregungen für die Gestaltung einer Lerngelegenheit in der Lehrkräfteaus- und -weiterbildung abgeleitet werden sollen. Dazu wurden die von Lehrkräften in verschiedenen Ausbildungsphasen geplanten Experimente hinsichtlich der zu fördernden Experimentierkompetenzen klassifiziert und miteinander verglichen. Es werden so erste Erkenntnisse formuliert und eine Diskussion zu Entwicklungsbedarfen von Lerngelegenheiten angeregt.

1. Forschungsfrage

Die Ausbildung von Lehramtsstudierenden hat die Entwicklung der professionellen Kompetenz als Lehrkraft zum Ziel. Dabei gilt die Planung von Unterricht als eine der zentralsten Aufgaben von Lehrkräften (Riese et al., 2022). Sie muss im Rahmen der Ausbildung eingeführt, erprobt und reflektiert werden. Für Lehramtsstudierende der Physik in der ersten und zweiten Ausbildungsphase ist die Planung und Durchführung von Experimenten dabei unerlässlich, da das Experiment eine grundlegende Erkenntnisquelle für den Unterricht darstellt (Kircher et al., 2020). Dieser Bedeutung des Experimentes und der Notwendigkeit, dieses in Planungsgesprächen umfangreich zu diskutieren, müssen sich ebenfalls Mentorinnen und Mentoren bewusst sein, da ihnen eine Schlüsselrolle bei der Professionalisierung angehende Lehrkräfte zugesprochen wird (Gröschner & Häusler, 2014; Hascher, 2014). Jedoch zeigen Studien, „dass die alleinige Instruktion wichtiger Kriterien zu [Planungsprozessen des Experimentierens] nicht ausreichend ist, um [Studierende] beim Planungsprozess zu unterstützen“ (Seiler & Tepner, 2019). Entsprechende Desiderate mit Empfehlungen zur Gestaltung von Lerngelegenheiten für Mentoringgespräche zur Planung von Experimenten für den Physikunterricht fehlen.

Im speziellen Fokus dieses Projekts steht die Untersuchung der Betreuung und Beratung angehende Lehrkräfte bei der Planung von Experimenten für den Physikunterricht. Für die Beschreibung der Betreu-

ungssituationen werden verschiedene Erhebungsmethoden genutzt, welche die Frage beantworten soll, wie aktuell intuitiv geführte Mentoringgespräche zur Planung von Experimenten mit angehenden Lehrpersonen ablaufen und welche Hinweise aktuelle Planungsmaterialien auf die notwendige Schwerpunktsetzung beim Mentoring geben. Die Diskussion erster Ergebnisse zur Vielfalt geplanter Experimente in verschiedenen Ausbildungsphasen eröffnet einen Ausblick auf mögliche Entwicklungsfelder im Mentoring.

2. Forschungsdesign

Für die Untersuchung der Planungsmaterialien wurden drei Gruppen ausgewählt, die sich in verschiedenen Ausbildungsphasen befinden:

Studierende des fünften Semesters führen in einem experimentellen Seminar vielfältige Experimente durch und diskutieren diese unter verschiedenen didaktischen Gesichtspunkten, wie Einsatz- und Variationsmöglichkeiten im Unterricht unter Berücksichtigung der geplanten Ziele. Im Anschluss an die Seminarsitzungen erstellen die Studierenden die Unterrichtsplanung für eines der durchgeführten Experimente. Dafür identifizieren und benennen die Studierenden die Rahmenbedingungen des Experimentes, wie Klassenstufe, Einordnung in den Rahmenplan, Funktion, Art der Durchführung. Weiterhin werden die Integration sowie die Durchführung des Experimentes im Unterrichtsverlauf beschrieben und benötigte Unterrichtsmaterialien erstellt (Abb. 1).

Studierende im neunten oder elften Semester, die

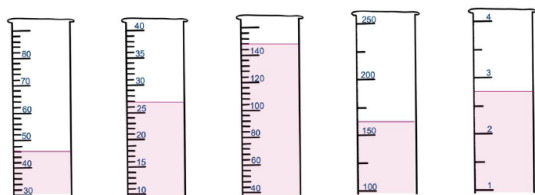
Experiment- Durchführungform, Beschreibung des Materials, Ablauf ...:

- Soll als Schülerexperiment stattfinden
- Die SuS bekommen ein AB um das Volumen zu bestimmen
- **Aufgabe 1**
 - o Die SuS sollen das Volumen einer Flüssigkeit in einem Messbecher bestimmen durch ablesen
- **Aufgabe 2**
 - o Volumen in Messbecher einzeichnen
- **Aufgabe 3**
 - o SE → bekommen eine Fragestellung
 - o Sollen Volumen eines unregelmäßig geformten Körpers bestimmen
 - o Erst schätzen und dann nachmessen
 - o Die Durchführung und die Auswertung sollen die SuS selbstständig durchführen
 - o Schätzung und gemessenen Wert miteinander vergleichen
- LP stellt für das SE eine Auswahl an verschiedenen Körpern zur Verfügung (große Schrauben, verschiedene Steine, Keramikdeckel, ...)
- SuS sollen anhand der Differenzmethode das Volumen des Körpers bestimmen
- SuS sollen eigenständig Materialien auswählen und eigenständig das Experiment durchführen und protokollieren
- LP gibt ggf. Hinweise und wertet die Lösungen im Klassenverband aus
- Schnelle SuS können auch weitere Messungen mit anderen Materialien durchführen
- LP weist bei der Auswertung darauf hin, dass es Messunsicherheiten geben kann → bei abweichenden Ergebnissen des gleichen gemessenen Körpers (Ablesegenauigkeit)

Volumen von Körpern

Aufgabe 1

Bestimme das Volumen der Flüssigkeit in jedem Messzylinder. Gib das Volumen in den Einheiten ml, cm³ und dm³ an.



V=	V=	V=	V=	V=
V=	V=	V=	V=	V=
V=	V=	V=	V=	V=

Abb. 1: Auszug aus den Planungsmaterialien eines Studierenden des fünften Semesters für ein Schüler:innenexperiment zur Messung von Volumen und Dichte in Klasse 7

kurz vor dem Abschluss ihrer universitären Lehramtsausbildung stehen, planen zu einem selbst gewählten Experiment eine Unterrichtsstunde und präsentieren ihre Planung im Rahmen eines Rollenspiels während des Seminars. Zusätzlich erstellen die Studierenden ein Portfolio zur Dokumentation ihres persönlichen und fachlichen Arbeits- und Planungsprozesses.

Als Vergleichsgruppe wurden erfahrene Lehrkräfte in die Datenerhebung einbezogen und gebeten, ihre geplanten Experimente zu reflektieren.

Im Zuge der Untersuchung reflektieren alle Befragten ihre geplanten Experimente hinsichtlich der durch das Experiment geförderten experimentellen Kompetenzen der Schüler:innen. Dazu nutzen die Befragten das Facettenmodell nach Nawrath et al. (2011), welches das Experimentieren in experimentelle Teilkompetenzen gliedert. Im Rahmen eines Experimentes kann jede Teilkompetenz in drei Niveaustufen gefördert werden. Dabei beschreibt die Stufe 0, dass die entsprechende Teilkompetenz nicht gefördert wird, während auf Stufe 2 eingeschätzte Experimente die entsprechende Teilkompetenz in besonderem Maße fördern. Nawrath et al. (2011) differenzieren die Stufungen für die einzelnen Teilkompetenzen in ihrem Artikel aus. Mit dieser Stufung geben die Studierenden

für ihr geplantes Experiment an, inwieweit die einzelnen experimentellen Kompetenzen der Schüler:innen durch das Experiment gefördert werden (Abb. 2). Es ist hervorzuheben, dass nicht jede experimentelle Teilkompetenz innerhalb jedes Experimentes gefördert werden kann bzw. soll. Auch ist die Reihenfolge der Förderung der Kompetenzen nicht von Bedeutung. Es ist vielmehr die gleichmäßige Förderung aller Kompetenzen im Verlaufe des unterrichtlichen Physikdiskurses anzustreben.

Mittels einer hierarchischen Clusteranalyse nach Ward (Schendera, 2010) werden die von den Befragten reflektierten Experimente hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit in Bezug auf die zu fördernden Schüler:innenkompetenzen kategorisiert. Dadurch ist eine qualitative Charakterisierung von geplanten Experimenten möglich, woraufhin Beratungs- und Weiterbildungsbedarfe für Studierende und Lehrkräfte ableitbar werden könnten.

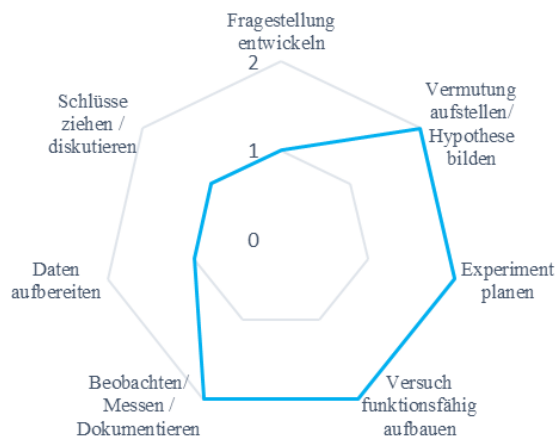


Abb. 2: Reflexion des Experiments eines Studierenden des fünften Semesters zur Messung von Volumen und Dichte mit dem Facettenmodell experimenteller Teilkompetenzen. (Maiseykenka et al., 2013; Nawrath et al., 2011)

3. Ergebnisse der hierarchischen Clusteranalyse

Die Abbildungen 3 - 5 zeigen die Zwei-Cluster-Lösung für die Befragten in den verschiedenen Ausbildungsphasen.

An der Datenerhebung des fünften Semesters nahmen 26 Studierende teil, die insgesamt N=160 Experimente planten (Abb. 3). Es ergeben sich zwei Cluster mit unterschiedlicher Ausprägung der nach dem Facettenmodell zu fördernden experimentellen Kompetenzen. Dabei enthält Cluster 2 etwa doppelt so viele Experimente wie Cluster 1.

Experimente, die dem Cluster 1 zugeordnet sind, fördern vorrangig die Kompetenzen „Vermutung aufstellen / Hypothesen formulieren“, „Beobachten, Messen, Dokumentieren“ und „Schlüsse ziehen / diskutieren“. Die experimentellen Kompetenzen „Fragestellung entwickeln“, „Experiment planen“, „Versuch funktionsfähig aufbauen“ sowie „Daten aufbereiten“ werden durch die Experimente auf einem durchschnittlichen Niveau geringer als 0,5 gefördert.

Experimente des Clusters 2 fördern vorrangig die Kompetenzen „Experiment funktionsfähig aufbauen“, „Beobachten, Messen, Dokumentieren“ und „Schlüsse ziehen / diskutieren“ mindestens auf Niveau 1,0. Hingegen wird die Ausbildung der Kompetenz „Fragestellung entwickeln“ nahezu vernachlässigt.

An der Datenerhebung zum Ende des Studiums nahmen 23 Studierende des neunten oder höheren Semesters teil, die N=27 Experimente planten und reflektierten. Mittels der Clusteranalyse ergeben sich zwei Cluster mit verschiedenen Förderungsschwerpunkten (Abb. 4). Experimente des Clusters 1 fördern die experimentellen Kompetenzen „Vermutung bilden“, „Beobachten, Messen, Dokumentieren“ und „Schlüsse ziehen“ auf einem Niveau größer als 1,0. Die Entwicklung von Fragestellungen und das Planen von Experimenten steht mit einem Niveau von weniger als 0,25 nicht im Mittelpunkt der Kompetenzförderung. Bei Cluster 2 wird das selbstständige formulieren von Fragestellungen im Durchschnitt mit einem Niveau von 0,3 gefördert. Jedoch fokussieren die Experimente aus Cluster 2 die übrigen Teilkompetenzen auf einem Niveau zwischen 1,0 und 1,7.

An der Datenerhebung nahmen sieben Lehrkräfte teil, die N=45 ihrer für den Unterricht geplanten Experimente reflektierten. Dabei gibt es zwei verschiedene Cluster, die sich in ihren Ausprägungen unterscheiden (Abb. 5). Experimente des Clusters 1 fördern vorrangig das Beobachten, Messen und Dokumentieren von Experimenten auf Niveau 1,5. Die restlichen Kompetenzen werden auf einem Niveau unter 0,9 gefördert. Es ist hier hervorzuheben, dass keine der Lehrkräfte angab, die Teilkompetenz „Fragestellung entwickeln“ zu fördern. Auch scheint die Förderung der Planung von Experimenten und die Aufbereitung aufgenommenen Daten mit einem Niveau von etwa 0,1 für Experimente dieses Clusters weniger im Fokus der zu fördernden Kompetenzen zu stehen. Bei Experimenten aus Cluster 2 werden Schüler:innen intensiver gefordert. Die Kompetenzen „Experiment funktionsfähig aufbauen“, „Beobachten / Messen / Dokumentieren“, „Daten aufbereiten“, „Schlüsse ziehen / diskutieren“ werden auf einem Niveau von über 1,2 gefördert. Die Förderung der Kompetenzen „Fragestellung entwickeln“, „Vermutung bilden / Hypothesen formulieren“ sowie „Experiment planen“ liegt auf einem durchschnittlichen Niveau zwischen 0,4 und 0,8.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich die zwei Cluster bei der Entwicklung der experimentellen Teilkompetenzen gegenseitig weitestgehend ergänzen, sodass eine vielfältige Förderung in den Teilkompetenzen erreicht werden kann. Jedoch ist insbesondere die Entwicklung der Kompetenz „Fragestellung entwickeln“ (Niveau < 0,4) bei den geplanten Experimenten aller hier betrachteter Ausbildungsabschnitte eher gering ausgeprägt. Die Cluster 1 fokussieren jeweils die Kompetenzen „Beobachten / Mes-

sen / Dokumentieren“ und „Schlüsse ziehen / diskutieren“. Die Förderung der Kompetenz „Vermutung bilden / Hypothesen formulieren“ nimmt, bezogen auf die zunehmende Lehrerfahrung, drei Erhebungsgruppen ab.

Die Cluster 2 der verschiedenen Erhebungsgruppen unterscheiden sich insbesondere in ihrer Ausprägung der Teilkompetenzen „Experiment planen“ und „Daten aufbereiten“.

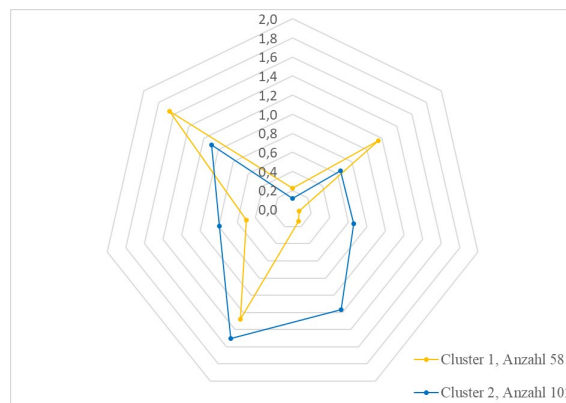


Abb. 3: Darstellung prototypisch geplanter Experimente durch Studierende des fünften Semesters.

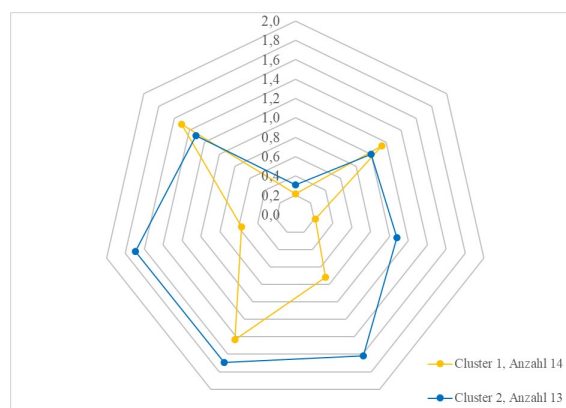


Abb. 4: Darstellung prototypisch geplanter Experimente durch Studierende des neunten Semesters.

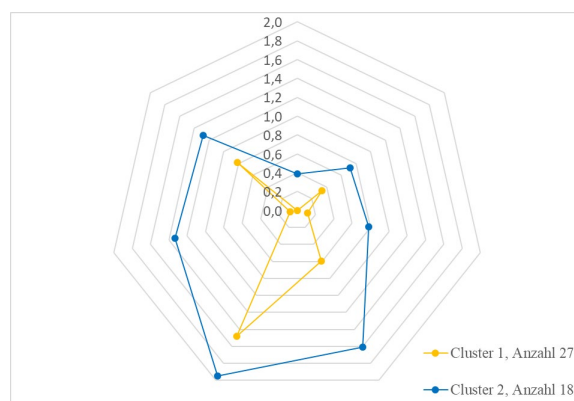


Abb. 5: Darstellung prototypisch geplanter Experimente durch Lehrkräfte.

4. Diskussion der Ergebnisse

Die Planungen der Studierenden des fünften und des neunten Semesters sowie der Lehrkräfte lassen sich jeweils in zwei prototypische Arten von Experimenten einteilen (vgl. Abb. 3 bis Abb. 5). Diese können als Demonstrationsexperiment durch die Lehrkraft (orange) oder als Schüler:innen experiment (blau) gedeutet werden.

Dabei verstehen wir unter einem Demonstrationsexperiment ein Experiment, bei dem sich die Tätigkeit der Schüler:innen auf das „Beobachten und Registrieren“ (Kircher et al., 2020) beschränkt. Nach der Einbringung einer Fragestellung in den Horizont der Schüler:innen, wird diesen ein Experimentieraufbau präsentiert, für den die Planung und die Versuchsdurchführung bereits feststehen. Die Schüler:innen nehmen eine passive Rolle bei der Durchführung ein und dokumentieren gegebenenfalls diese und die Beobachtungen. Bei einem Schüler:innenexperiment „verlagern sich dabei [die Anforderungen] zum aktiven Durchführen der experimentellen Arbeiten.“ (Kircher et al., 2020) Die Schüler:innen nehmen an der Planung des Experimentes teil und bauen dieses, gegebenenfalls geleitet, auf. Die Durchführung des Experimentes erfolgt eigenständig. Die Aufbereitung sowie die Diskussion der Beobachtung der Daten kann in beiden Experimentierarten lehrkraftgeleitet oder eigenständig durch die Schüler:innen erfolgen.

Die Cluster der drei Gruppen von Befragten ähneln einander. Sie unterscheiden sich nur in der Stärke der Ausprägung einzelner Teilkompetenzen. Studierende planen also ähnliche Experimente wie Lehrkräfte. Dies scheint die Aussage von Riese & Reinhold (2012) zu bestätigen, dass „Lehrer lehren, wie sie selbst unterrichtet wurden [...]“. In der Ausbildung von angehenden Lehrkräften genügt es daher nicht, allein auf die Praxisexpertise erfahrener Mentoren zurückzugreifen und deren Verständnis von der Durchführung von Experimenten zu übernehmen. Es bedarf zusätzlich einer intensiven und theoriegeleiteten Auseinandersetzung mit Experimenten und der Vielfalt dieser, sodass die experimentellen Kompetenzen ganz gezielt ausgewogen und vielfältig gefördert werden. Zudem ist zu erkennen, dass die Entwicklung von Fragestellungen bei allen Befragten generell deutlich vernachlässigt wird. Demnach stellt sich die Frage, inwieweit Schüler:innen Kompetenzen zur Entwicklung von Fragestellungen erlernen können. Es besteht die Gefahr, dass durch die nahezu dauerhafte Vorgabe von Fragestellungen zu vorgegebenen Phänomenen oder experimentellen Setups die Fähigkeit, Fragestellungen zu entwickeln, unterdrückt wird. Damit schwindet gleichermaßen die Lernbereitschaft von Kindern, denen „im Allgemeinen ein hohes Interesse, eine hohe Motivation oder Neugierde an Naturwissenschaften zugeschrieben“ wird (Steffensky 2017). Es wäre wünschenswert, wenn Lehrkräfte in der Lage wären, diese Kompetenz bei ihren Schüler:innen so auszubilden, dass angehende

Lehrkräfte dies wiederum in ihren geplanten Experimenten in höherem Maße fokussieren, um diese Kompetenz wiederum an ihre Schüler:innen weiterzugeben.

Eine andere Ursache für die geringe Ausprägung der Kompetenzförderung zur Entwicklung von Fragestellungen könnte an den durch den Rahmenplan und die Stundenanzahl vorgegebenen Bedingungen liegen, welche die Durchführung von offenen zeitaufwendigeren Experimenten im regulären Unterricht bedingt zulassen. Dabei verstehen wir unter offenen Experimenten von Reinhold beschriebene experimentelle Lerngelegenheiten, bei denen Lernende „zu selbst gewählten Fragestellungen Experimente [...] entwickeln und selbst durch [...] führen“ (E. Breuer et al., 1997, S. 109).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass in der Ausbildung von Mentoren und in Mentoringgesprächen vielfältige Experimente geplant und diskutiert werden sollten, die jeweils verschiedene Kompetenzen fokussieren. Insbesondere die Förderung der Teilkompetenzen „Fragestellung entwickeln“ und „Experimente planen“ bedürfen einer intensiveren Aufmerksamkeit in den Gesprächen, sodass diese Teilkompetenzen zur Förderung der Experimentierfähigkeit der Schüler:innen beitragen kann.

Die Untersuchungen sollen weiter ausgeschärft werden, indem Lehrkräfte hinsichtlich ihrer Erfahrungsjahre differenzierter betrachtet werden. Zusätzlich sollte die Datenerfassung auf die zweite Ausbildungsphase erweitert werden, um Veränderungen bei der Kompetenzentwicklung der Planung von Experimenten zu erkennen und daraus passende Weiterbildungsangebote abzuleiten.

5. Literatur

- E. Breuer, R. Erb, H. E. Fischer, P. Labudde & A. Stinner. (1997). *Handlungsorientierter Physik-Unterricht Sekundarstufe II*. https://www.researchgate.net/profile/hans-fischer/publication/270818451_handlungsorientierter_physikunterricht_sekundarstufe_ii
- Gröschner, A. & Häusler, J. (2014). Inwiefern sagen berufsbezogene Erfahrungen und individuelle Einstellungen von Mentorinnen und Mentoren die Lernbegleitung von Lehramtsstudierenden im Praktikum voraus? In K.-H. Arnold, A. Gröschner & T. Hascher (Hrsg.), *Schulpraktika in der Lehrerbildung: Theoretische Grundlagen, Konzeptionen, Prozesse und Effekte = Pedagogical field experiences in teacher education = theoretical foundations, programmes, processes, and effects*. Waxmann.
- Hascher, T. (2014). Forschung zur Wirksamkeit der Lehrerbildung. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (2., überarbeitete Auflage). Waxmann.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Fischer, H. E. (2020). *Physikdidaktik | Grundlagen*. Springer Berlin Heidelberg.

- Nawrath, D., Maiseyenko, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz: Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 60(6), 42–48.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 111–143. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0259-y>
- Riese, J., Vogelsang, C., Schröder, J., Borowski, A., Kulgemeyer, C., Reinhold, P. & Schecker, H. (2022). Entwicklung von Unterrichtsplanungsfähigkeit im Fach Physik: Welchen Einfluss hat Professionswissen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 25(4), 843–867. <https://doi.org/10.1007/s11618-022-01112-0>
- Schendera, C. (2010). Clusteranalyse mit SPSS.
- Seiler, F. & Tepner, O. (2019). Entwicklung eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik* (Bd. 39, S. 858–861).
- Steffensky, Mirjam (2017): Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. Eine Expertise der Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte (WiFF). Unter Mitarbeit von DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation: Deutsches Jugendinstitut : München, zuletzt geprüft am 22.05.2024.

Danksagung

Sven Levetzow dankt für die finanzielle Unterstützung durch das Verbundprojekt LEHREN in M-V der Qualitätsoffensive Lehrerbildung.