

## Theoriebasiert und praxisorientiert: Vorstellung eines Physik-Lehramtsstudiengangs für die Sekundarstufe I

Martin Dickmann, Cornelia Geller, Hendrik Härtig, Heike Theyßen

Universität Duisburg-Essen, Didaktik der Physik

Universitätsstraße 2, 45141 Essen

[martin.dickmann@uni-due.de](mailto:martin.dickmann@uni-due.de)

(Eingegangen: 23.08.2024; Angenommen: 13.12.2024)

### Kurzfassung

Trotz geringer Absolvent:innenzahlen im Physik-Lehramtsstudium (z.B. Klemm, 2020) und breitem Konsens beim Reformbedarf (z.B. Heinicke et al., 2023) bleibt die praktische Umsetzung von Maßnahmen zur Stärkung des Physik-Lehramtsstudiums hinter den Erwartungen zurück (z.B. Korneck, 2024). In diesem Beitrag wird ein Konzept für einen Lehramtsstudiengang für die Sekundarstufe I vorgestellt, der auf den Erwerb von konzeptuellem und schulrelevantem Physikverständnis zielt und damit sowohl theoretische und empirische Grundlagen (u.a. Reinhold und Riese, 2020; Massolt, 2020) als auch zentrale Reformideen (u.a. Kubsch et al., 2021) aufgreift. Dazu wurden drei zentrale Bausteine umgesetzt, die wir in diesem Beitrag erläutern: (1) Schulbezug, (2) Kohärenz, (3) Kognitive Aktivierung. Nach den bisherigen Erfahrungen können wir von einer gelingenden Kombination dieser Bausteine berichten. Damit möchten wir ein Beispiel zur Diskussion stellen, wie das Lehramtsstudium adressatenspezifisch gestaltet werden kann.

### Abstract

Although low numbers of graduates in physics teacher education (e.g. Klemm, 2020) and a broad consensus on the need for reform (e.g. Heinicke et al., 2023), the practical implementation of measures to strengthen the physics teacher education falls short of expectations (e.g. Korneck, 2024). This article presents a concept for physics teacher education for lower secondary level, which aims to acquire a conceptual and school-relevant understanding of physics and thus takes up both theoretical and empirical foundations (e.g. Reinhold and Riese, 2020; Massolt, 2020) as well as central reform ideas (e.g. Kubsch et al., 2021). To this end, three central elements were implemented, which we explain in this article: (1) school relevance, (2) coherence, (3) cognitive activation. Based on our previous experience, we can report a successful combination of these elements. In this way, we would like to present an example for discussion of how physics teacher education can be designed in a target group-specific way.

### 1. Hintergrund

Die von der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) initiierte Lehramtsstudie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG, 2023) hat der Diskussion um den Reformbedarf der Physiklehramtsausbildung an deutschen Hochschulen neuen Schwung verliehen. Eine fachdidaktische Einordnung dieser Studienergebnisse kommt zu dem Schluss, dass die universitäre Lehramtsausbildung "dringend auf den Prüfstand gestellt und auf Grundlage der bekannten Daten- und Forschungslage angepasst und modernisiert werden" muss (Heinicke et al., 2023, S. 46). Diese Schlussfolgerung steht im Einklang mit der immer wiederkehrenden Forderung der DPG nach einem Physiklehramtsstudium "sui generis" (DPG, 2006, 2014). Das Problem liegt allerdings nicht in einem Mangel an Erkenntnissen und Ideen (z.B. Vogel-sang et al., 2018; Massolt, 2020; Sorge et al., 2019; Schwichow et al., 2019; Reinhold und Riese, 2020;

Kubsch et al., 2021), sondern vielmehr in ihrer nachhaltigen praktischen Umsetzung (Korneck und Borowski, 2023). So wurden an verschiedenen Standorten schon zentrale Reformideen wie eine stärkere Kohärenz zwischen Lehrveranstaltungen, eine Stärkung schulrelevanter Inhalte oder eine explizite Vernetzung fachlicher Lerninhalte als Best-Practice-Ansätze umgesetzt (u.a. Komorek et al., 2018; Oettle et al., 2019; Steinmetz und Starauschek, 2023). Als ein Beispiel, wie solche Ansätze im gesamten physikbezogenen Studienverlauf ganzheitlich kombiniert werden können, stellen wir hier ein Konzept für einen Studiengang für die Sekundarstufe I an Haupt-, Real-, Sekundar- und Gesamtschulen zur Diskussion. Gerade für diese Gruppe der Lehramtsstudierenden besteht nach Korneck und Borowski (2023) Handlungsbedarf sowohl mit Blick auf den Studienerfolg als auch die Chancengleichheit, da diese Studierenden „oft schlechtere Eingangsvoraussetzungen“ (S.3)

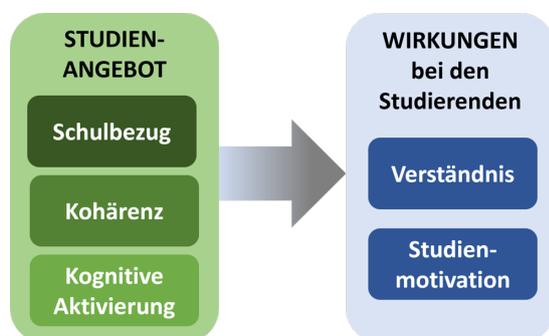
haben, im späteren Berufsleben aber „äußerst relevante Arbeit [leisten], indem sie Schüler:innen auf einen Ausbildungsberuf oder die gymnasiale Oberstufe vorbereiten“ (S.3). Auch die Fakultät für Physik der Universität Duisburg-Essen hat diesen Bedarf erkannt und bereits im Jahr 2019 die Neukonzeption eines adressatenspezifischen Physiklehramtsstudiengangs für die Sekundarstufe I angestoßen. Mit diesem Beitrag möchten wir zeigen, wie vorliegende theoretische Grundlagen und empirische Evidenz in die Konzeption des Studiengangs eingeflossen sind, der seit dem Wintersemester 2022/23 regulär an der Universität Duisburg-Essen angeboten wird.

## 2. Leitidee

Die Leitidee für die strukturelle Neugestaltung des Studiengangs ist die klare Ausrichtung des Lehrangebots auf den Berufswunsch „Physiklehrer:in in der Sekundarstufe I“ und die damit verbundene Studienmotivation. Es ist gut belegt, dass die Studierenden das Studium als eine berufsspezifische Qualifikation betrachten (vgl. Albrecht und Nordmeier, 2013; Wozitzik et al., 2023) und von Anfang an ihre Fähigkeiten als zukünftige Physiklehrer:innen entwickeln möchten.

## 3. Zentrale Bausteine

Eine berufsspezifische Qualifikation im Sinne der Leitidee erfordert die Implementation eigener Lerngelegenheiten, die den systematischen Erwerb von schulrelevantem Wissen explizit ermöglichen (z.B. Steinmetz und Starauschek, 2023; Hoth et al., 2019). Dabei gelten kohärent gestaltete Lehr-Lern-Gelegenheiten (z.B. Schwichow et al., 2019) sowie kognitiv-aktivierende Lernumgebungen (z.B. Lipowsky und Hess, 2019) als bedeutsam, um im Studienverlauf den Aufbau vernetzter, berufsspezifischer Wissensstrukturen zu fördern. Ein durchgängiger Schulbezug erleichtert zusätzlich die Wahrnehmung der Relevanz der Studieninhalte (z.B. Massolt, 2020). Ausgehend von diesen Ansatzpunkten wurden zur Umsetzung der Leitidee drei zentrale Bausteine implementiert und miteinander verknüpft: (1) Schulbezug, (2) Kohärenz, (3) Kognitive Aktivierung (Abb. 1).



**Abb. 1:** Zentrale Bausteine im Studienangebot und intendierte Wirkung

Diese Bausteine sollen dazu beitragen, ein vertieftes Verständnis bei den Studierenden zu fördern und ihre

Studienmotivation zu stärken. Damit dies gelingen kann, werden sie auf allen Ebenen des Studiums – vom Studienverlaufsplan über die Veranstaltungsformate bis hin zu den Aufgaben implementiert.

### (1) Schulbezug

Ein solides fachliches Fundament – das ist der Anspruch an ein Studium, in dem die Studierenden nicht nur oberflächliches Schulbuchwissen erlangen, sondern ein tiefes konzeptuelles Verständnis der Physik entwickeln sollen (vgl. John & Starauschek, 2020), das über bloßes Auswendiglernen von Faktenwissen und Rechenprozeduren hinausgeht. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, sind die Lernpfade im Sinne eines "didaktischen Doppeldeckers" (z.B. Wiemer und Hempel, 2023) gestaltet: Die Einführung fachlicher Konzepte folgt fachdidaktisch erprobten Zugängen für den Schulunterricht – adaptiert auf universitäres Niveau. Die Studierenden lernen dadurch im eigenen Lernprozess fachlich elementarisierte Zugänge zu physikalischen Konzepten kennen und reflektieren deren Möglichkeiten und Grenzen aus fachinhaltlicher sowie fachdidaktischer Perspektive. Indem sie die praktische Anwendung dieser Zugänge im eigenen Lernprozess erleben, sollen sie dazu befähigt werden, auch komplexe Zusammenhänge in einer Weise zu erklären, die den Bedürfnissen ihrer zukünftigen Schüler:innen gerecht wird.

Bei der Auswahl der fachdidaktisch erprobten Zugänge für die Einführung fachlicher Konzepte fokussieren wir auf solche, die auf ein qualitatives Verständnis abzielen und fachlich anschlussfähige, aber i.d.R. elementarisierte Modellvorstellungen und Konzepte in den Fokus rücken. Beispielsweise nutzen wir zur Einführung elektrischer Grundgrößen das Konzept „Elektrizitätslehre mit Potential“ (z.B. Burde und Wilhelm, 2020), das systematisch auf den Alltagserfahrungen der Lernenden mit Luftdruck, beispielsweise in Fahrradreifen, aufbaut. Lernende haben große Schwierigkeiten die Begriffe Spannung und Stromstärke zu trennen, da ein eigenständiges Konzept für die Spannung häufig fehlt (vgl. Wilhelm und Hopf, 2018). Dies gilt nach unserer Erfahrung für die Schule ebenso wie für unsere Zielgruppe. Damit die Lernenden bei der Analyse elektrischer Schaltkreise nicht die Stromstärke, sondern die Spannung als primäres Konzept begreifen, wird die Spannung nach Burde und Wilhelm (2020) als „elektrischer Druckunterschied“ eingeführt, der ebenso die Ursache für einen elektrischen Strom ist, wie Luftdruckunterschiede die Ursache für einen Luftstrom sind.

Erst wenn dieses Modell zur Beschreibung von Stromkreisen von den Studierenden sicher verwendet wird, wird das elektrische Feld und dessen Erzeugung durch Oberflächenladungen im Leiter in den Blick genommen (z.B. Chabay und Sherwood, 2018). Damit steht dann Wissen zur Verfügung, um die Annahmen und Grenzen des Modells für die Sekundarstufe I zu verstehen. Diese Abfolge, die sich deutlich von einem „klassischen“ universitären Curriculum der

### Kräftebetrachtungen bei einem Ziehtelefon

Die Abbildung rechts zeigt ein Ziehtelefon, welches aus der Ruhe nach rechts gezogen werden soll. Die Reibung zwischen Boden und Ziehtelefon soll zunächst vernachlässigt werden.



*Was jetzt zu tun ist:*

a) Erstellen Sie eine Skizze, in der Sie alle Kräfte einzeichnen, die auf das Ziehtelefon wirken.

**Paul behauptet:** „Die Normalkraft, die der Boden ausübt, ist die Wechselwirkungskraft zur Gewichtskraft“.

b) Erläutern Sie, ob Paul mit seiner Behauptung recht hat.

c) Zeichnen Sie in der Skizze aus a) die resultierende Kraft ein, die auf das Nachziehtelefon wirkt.

**Mia sagt:** „Das Nachziehtelefon muss sich in Richtung der resultierenden Kraft bewegen“.

d) Nehmen Sie unter Verwendung von Fachsprache Stellung zu der Aussage von Mia.

Nun soll die Reibung zwischen Ziehtelefon und Boden nicht mehr vernachlässigt werden.

e) Ergänzen Sie die Skizze aus a), so dass sich das Ziehtelefon gerade noch nicht in Bewegung setzt.

**Abb. 2:** Umsetzungsbeispiel einer „Tutorialaufgabe“ zum Konzept Kraft aus dem 1. Fachsemester

Elektrizitätslehre unterscheidet, soll den Schulbezug der Inhalte von Anfang an verdeutlichen. Unter Schulbezug verstehen wir daher auch, die Inhalte so aufeinander aufzubauen, dass nicht nur der „Schulstoff“, sondern auch abstraktere Konzepte wie das elektrische Potential als relevant für das Lehramtsstudium wahrgenommen werden können, weil den Studierenden die Bezüge zueinander deutlicher werden (vgl. Lorentzen et al., 2019). Insbesondere für den Unterricht in der Sekundarstufe I müssen die Studierenden physikalische Zusammenhänge ohne den Rückgriff auf mathematische Werkzeuge erklären können. Um die Erklärfähigkeiten der Studierenden in diesem Sinne zu fördern, setzen wir auf eine Aufgabekultur, die sich durch einen klaren Fokus auf argumentatives Denken auszeichnet. Unsere Studierenden lösen zwar auch physikalische Rechenaufgaben (Pusch, 2014) bzw. wissenszentrierte Problemlöseaufgaben (z.B. Friege, 2001), doch liegt das Hauptaugenmerk auf Aufgaben, die dazu dienen, Zusammenhänge zu erläutern, Begründungen zu formulieren oder Behauptungen zu widerlegen. Solche Aufgaben, bekannt als „Tutorials“ (z.B. Mc Dermott und Shaffer, 2009), zeigen sich zunehmend auch im deutschsprachigen Raum als lernwirksam (z.B. Kautz et al., 2024). Abb. 2 zeigt ein eigenes Umsetzungsbeispiel

zum Konzept Kraft aus dem ersten Fachsemester des Studiengangs.

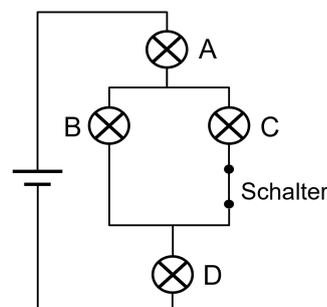
Die Fokussierung auf argumentatives Denken wird zusätzlich durch eine Verknüpfung von inhaltlichen und experimentellen Aufgaben unterstützt, die trotz einfacher, schultypischer Materialien den Erwerb konzeptuellen Verständnisses fördern sollen (Abb. 3).

Entsprechend werden keine klassischen Experimentierpraktika angeboten, sondern eine Kombination von praktischen Veranstaltungen und methodischen Sitzungen. Die praktischen Veranstaltungen sind so konzipiert, dass sie sowohl qualitative Versuche beinhalten, die eine Verknüpfung mit Phänomenen anregen, als auch quantitative Experimente, die es den Studierenden ermöglichen, Gesetzmäßigkeiten mithilfe von schulüblichen Materialien und Geräten „wiederzuentdecken“. Der Schulbezug wird also von Anfang an auch beim Experimentieren hergestellt, z.B. bei Messungen mittels Smartphones und der phyphox-App (Staacks et al., 2018). Gleichzeitig werden in den methodischen Sitzungen naturwissenschaftliche Arbeitsweisen wie beispielsweise die grafische Auswertung von Experimenten explizit eingeführt und geübt.

### Untersuchungen zu Helligkeiten

Schaltung nach Skizze rechts mit baugleichen Glühlampen

- Glühlampen nach erwarteter Helligkeit **ordnen**.
- Schaltung **aufbauen & Vermutung prüfen**.
- Spannungen & Stromstärken **vorhersagen**.
- Spannungen & Stromstärken **messen**.  
Geöffneter Schalter?
- Veränderungen von Spannungen & Stromstärken **diskutieren**.



**Abb. 3** Aufgabenbeispiel zum Verständnis elektrischer Grundgrößen aus dem 2. Fachsemester

Auch das Denken in und mit Modellen wird nicht einfach nebenbei, sondern als Schwerpunkt einzelner Sitzungen thematisiert. Um Diskussionen über die Natur der Naturwissenschaften anzuregen (Höttecke und Schecker, 2021), kommen beispielsweise Lernaktivitäten wie „Mystery Tubes“ zum Einsatz (vgl. Abb. 4; Lederman und Abd-El-Khalick, 1998).



Abb. 4: Mystery Tube (l.) und Studierendenmodell (r.)

Die Lernenden sollen dabei herausfinden, wie das Innere eines mysteriösen Röhrchens aussieht. In Kleingruppen stellen sie Vermutungen über die (nicht sichtbare) „Fadenkonstruktion“ im Inneren der Röhren auf.

Diese sollen in mehreren Durchgängen überprüft werden, beispielsweise auch durch die Konstruktion eines eigenen Modells.

Mit Hilfe solcher Aktivitäten soll nach Lederman und Abd-El-Khalick (1998) bei den Studierenden u.a. Verständnis für den Unterschied zwischen Beobachtung und Deutung, die Rolle der Kreativität in der Wissenschaft sowie die Vorläufigkeit von wissenschaftlichen Erkenntnissen aufgebaut werden. Da die zukünftigen Lehrkräfte aber später die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen nicht nur selbst beherrschen, sondern ihren Schüler:innen auch vermitteln sollen (KMK, 2024), wird unter Schulbezug auch verstanden, dass sich die Studierenden explizit mit den Herausforderungen der Vermittlung von Fachmethoden in der Schulpraxis auseinandersetzen. Im Unterrichtsalltag müssen sie beim Experimentieren beispielsweise zügig Fehler in Versuchsaufbauten der Schüler:innen finden. Diese Fähigkeit wird explizit durch den Einsatz von Fehlersuchaufgaben gefördert (Geller et al., 2020, siehe Abb. 5).

## (2) Kohärenz

In Anlehnung an Hellmann (2019) verstehen wir unter Kohärenz die Schaffung von Lehr-Lern-Gelegenheiten, die es unseren Studierenden ermöglichen, ihren Physik-Lehramtsstudiengang als „strukturell und inhaltlich zusammenhängend und sinnhaft zu erleben [...] [sowie] Inhalte [...] aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten und sie [...] zu einer vernetzten Wissensstruktur auszubauen“ (S. 15-16). Die Etablierung einer Studienstruktur, die sowohl fachliche als auch fachdidaktische Aspekte integriert, wird dabei

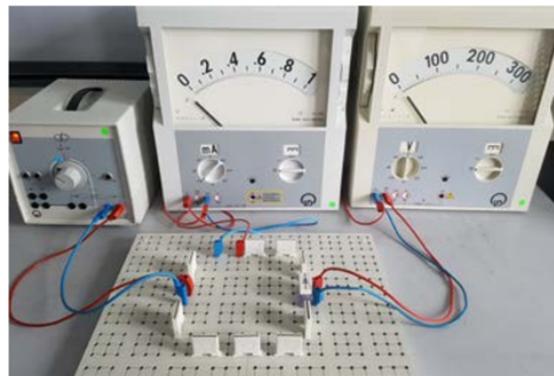


Abb. 5: Versuchsanordnung zur Aufnahme einer Diodenkennlinie mit Fehlern im Bereich der Schaltung und Einstellung von Messgeräten (entnommen aus Geller et al., 2020)

als entscheidend für die Ausbildung angehender Physiklehrkräfte angesehen (z.B. Höttecke et al., 2018). Dies ermöglicht es auch, einen durchgängigen Schulbezug authentisch im Studienverlauf umzusetzen. Dazu wird eine enge Verzahnung von Veranstaltungen innerhalb eines Semesters sowie über die Semester hinweg angestrebt, wie es auch im Freiburger-Säulen-Phasenmodell der Kohärenz (Hellmann, 2019) vorgesehen ist (siehe Abb. 6<sup>1</sup>).

Der Einstieg ins Studium beginnt zunächst auf Schulniveau, da viele Studienanfänger:innen in Physik-Lehramtsstudiengängen für die Sekundarstufe I nur wenig belastbares physikalisches Wissen aus der Schule mitbringen (z.B. Pusch, 2014; Woitkowski & Riese, 2017). So werden in den zentralen Inhaltsgebieten zunächst grundlegende inhaltliche Konzepte wie Kraft oder elektrische Spannung sowie methodische Konzepte wie Messunsicherheit oder Ausgleichsgeraden eingeführt. Dies soll auch Studierenden ohne Physikkenntnisse aus der Oberstufe die Chance auf einen erfolgreichen Studieneinstieg ermöglichen. Jedoch bleiben die Betrachtungen auch in dieser frühen Phase nicht auf Schulniveau stehen. Vielmehr findet eine vertiefte, konzeptuelle Auseinandersetzung mit den grundlegenden Konzepten statt, die über das Schulwissen für die Sekundarstufe I hinausgeht.

In der Vertiefung im zweiten Studienjahr wird an diese grundlegenden Konzepte explizit angeknüpft, um die Inhalte und Methoden im Sinne eines Spiralcurriculums zu erweitern. Mathematisches Wissen wird von Anfang an gezielt dort behandelt, wo es für das Verständnis physikalischer Konzepte von Bedeutung ist.

Eine Erweiterung der Inhalte und Methoden im Sinne dieses Spiralcurriculums geht aber bewusst nicht mit einem stärker formal-mathematischen Zugang einher.

<sup>1</sup> In der Abbildung sind nur die Anteile des Studienfaches Physik und damit nur ca.  $\frac{1}{3}$  des gesamten Studiengangs abgebildet.

Am Beispiel der Inhalte aus der „Elektrizitätslehre“ bedeutet dies, dass im ersten Studienjahr ein vertieftes Konzeptverständnis zu elektrischen Grundgrößen in Gleichstromkreisen angestrebt wird. Anknüpfend an dieses Wissen werden im zweiten Studienjahr Wechselstromkreise in den Blick genommen.

an die Idee der Kontextstrukturierung nach Nawrath (2010). Auch Aspekte der Erkenntnisgewinnung, wie beispielsweise die Bedeutung von Belegen oder die Wechselwirkung mit der Gesellschaft, werden innerhalb dieser Kontexte wieder aufgegriffen und vernetzt.

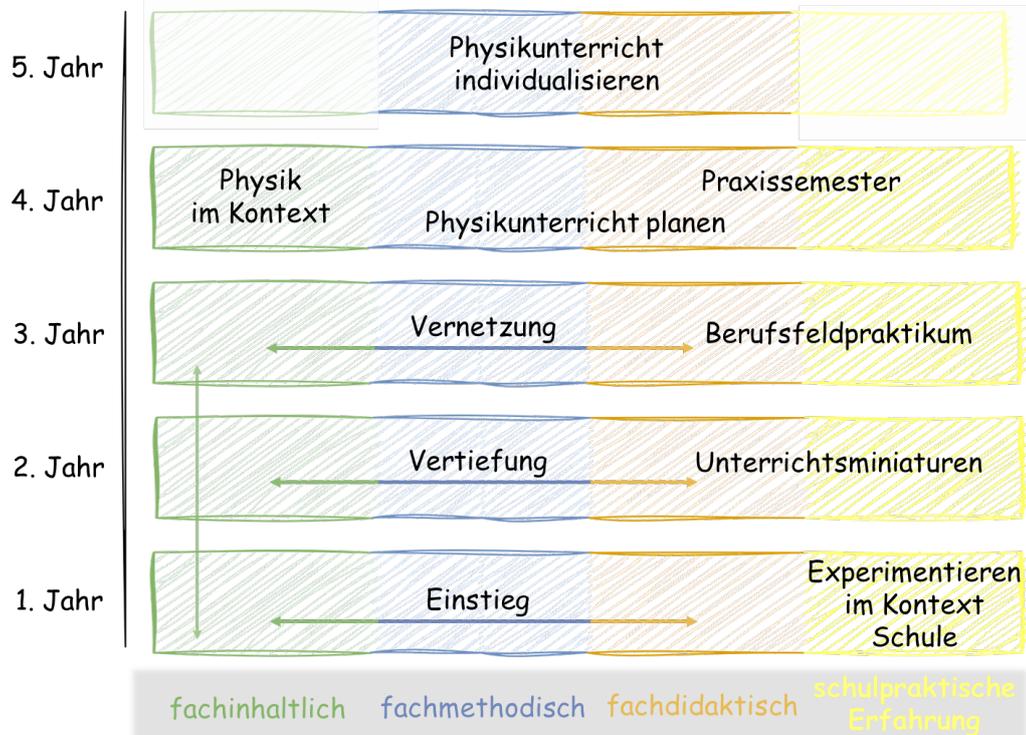


Abb. 6: Kohärente Studienstruktur

Dabei sind die Lernpfade wieder auf konzeptuelles Verständnis im Sinne der „Tutorials“ (z.B. Kautz et al., 2024) ausgerichtet und es werden auch wieder anschauliche, fachdidaktisch erprobte Zugänge, z.B. zur elektromagnetischen Induktion (Erfmann, 2017) genutzt, die aber auch mit inhaltlichem Bezug zu den Maxwell-Gleichungen reflektiert werden.

Aber nicht nur die fachinhaltlichen, auch die fachmethodischen Lernangebote sind im Sinne des Spiralcurriculums aufgebaut. Nach dem Experimentieren in stark vorstrukturierten Settings (1. Studienjahr) werden die Studierenden im zweiten Studienjahr durch offenere Aufgabenstellungen zu eigenständigerem Experimentieren herausgefordert, dabei müssen sie die methodischen Konzepte aus dem Begleitseminar (1. Fachsemester) anwenden und vertiefen.

Die Erweiterung der Fachinhalte im 2. Studienjahr wird außerdem genutzt, um auch die Grenzen bisheriger Modelle und ihre Weiterentwicklung (z.B. vom Massepunkt zum ausgedehnten Körper) explizit zu machen.

Eine Vernetzung findet bereits am Ende des Bachelorstudiums statt. Dies geschieht beispielsweise fachinhaltlich, indem Konzepte aus den ersten fünf Semestern über verschiedene Inhaltsfelder hinweg anhand relevanter Kontexte verknüpft werden, wie etwa bei der Physik des Klimawandels, in Anlehnung

Parallel zur vertikalen Vernetzung wird auch eine horizontale Vernetzung innerhalb eines Semesters umgesetzt. Dies beinhaltet eine zeitnahe Behandlung der fachlichen Inhalte in Experimentierpraktika und fachdidaktischen Veranstaltungen. Da auch unsere Studierenden zu Studienbeginn typische Lernendenvorstellungen (Schecker et al., 2018) zeigen, beginnt jeweils bereits in der zweiten Semesterhälfte des ersten Studienjahres der fachdidaktische Einstieg. In dieser Veranstaltung lernen die Studierenden typische Lernendenvorstellungen kennen und reflektieren diese, mit dem Ziel, ihren persönlichen Lernprozess im Sinne des „didaktischen Doppeldeckers“ (siehe Schulbezug) zu reflektieren. Dazu werden z.B. Aufgabenstellungen eingesetzt, bei denen die Studierenden mit Herausforderungen konfrontiert werden, wie sie ihnen später auch in der Rolle als Lehrkraft begegnen (z.B. Abb. 2 Aufgabenteil d)).

Schulpraktische Erfahrungen werden den Studierenden in jedem Studienjahr passend zu ihrem aktuellen „Ausbildungsstand“ ermöglicht, sodass sie ihr erworbenes Wissen zeitnah in Microteaching-Situationen mit Schüler:innen (z.B. Peuser et al., 2017) anwenden und die gemachten Erfahrungen reflektieren können.

Sowohl bei der horizontalen als auch bei der vertikalen Vernetzung wird eine einheitliche Notation und

konsistente Nutzung von Fachbegriffen sichergestellt, um das Verständnis nicht durch zusätzliche Hürden zu erschweren. Zusätzlich werden individuelle Unterstützungsangebote, wie inhaltliche und studienorganisatorische Beratungen angeboten, um den Studienerfolg zu fördern, insbesondere in der Studieneingangsphase.

Die Auswahl unserer Lehr-Lern-Formate wie beispielsweise des "flipped classroom", die Aufgabengestaltung und die Moderation von Diskussionen bieten die Möglichkeit, dass sie den Studierenden auch als Modelle für eine zeitgemäße Unterrichtsgestaltung dienen können, wie sie bereits für den Physikunterricht entwickelt und erprobt worden sind (z.B. Lutz et al., 2023).

**Tab. 1** Bisherige Kohorten und Umsetzungsstand

Studienstart	N	Umsetzung	Im Studiengang nach Jahr...		
			1	2	3
WS 2020/21	13	Erprobung von	9/13	8/13	7/13
WS 2021/22	9	zentralen Elementen	9/9	8/9	8/9
WS 2022/23	9	Start mit neuer FPO	8/9	7/9	-
WS 2023/24	12	Neue FPO	10/12	-	-

### (3) Kognitive Aktivierung

Um konzeptuelles Verständnis und anwendbares Wissen aufzubauen, wird in den Veranstaltungen großer Wert auf kognitive Aktivierung gelegt. Dahinter steckt die Grundidee, dass Studierende Wissen nicht einfach passiv „empfangen“ können, sondern dass sie sich mental-aktiv mit den Inhalten auseinandersetzen müssen (z.B. Lipowsky und Hess, 2019). Lehr-Lern-Formate, die eine solche mentale Auseinandersetzung fördern, sind in der MINT-Lehre besonders wirksam (z.B. Freeman et al., 2014). Im Vergleich zu traditionellen Vorlesungen, ohne explizit kognitiv-aktivierende Elemente, zeigen sie positive Lerneffekte (z.B. Riegler und Kautz, 2021). In der konkreten Umsetzung setzen wir auf Methoden wie den "flipped classroom" (McNally et al., 2017) und Peer-Instruction (Mazur, 2017). Traditionelle Vorlesungen gibt es im Studiengang daher nicht. Der fachliche Lernprozess beginnt stattdessen mit der eigenständigen Bearbeitung interaktiver Vorbereitungsmaterialien im Selbststudium. Diese ermöglichen einen ersten Zugang zu den fachlichen Konzepten und bereiten die Studierenden darauf vor, das erarbeitete Wissen in den anschließenden Präsenzveranstaltungen anzuwenden und zu vertiefen. Dazu liegt in den Präsenzveranstaltungen - nach der Klärung erster Fragen der Studierenden - der Fokus auf der Bearbeitung genau solcher Aufgaben, deren Bearbeitung ein qualitatives Verständnis auf verschiedenen Niveaustufen erfordert. Darin muss beispielsweise begründet, verglichen und neues Wissen mit bereits Bekanntem verknüpft werden. Während sich die Studierenden eigenständig und kooperativ (z.B. in Partnerarbeit) mit den gestellten Anforderungen auseinandersetzen und dabei auch individuelle Unterstützung durch den/die Dozierende(n) erhalten, können nicht nur die Studierenden einen Wissensfortschritt erzielen, sondern auch die Dozierenden ein detailliertes Bild vom aktuellen Lernstand erhalten und ggf. zusätzlichen fachlichen Input geben.

### 4. Bisherige Erfahrungen

Der oben beschriebene Studiengang wurde zum Wintersemester 2022/23 offiziell mit einer neuen Prüfungsordnung eingeführt. Bereits in den beiden Jahren zuvor wurden einzelne Elemente schrittweise innerhalb der bestehenden Prüfungsordnung eingeführt, erprobt und verbessert. Dies umfasste vor allem den Einsatz von kognitiv aktivierenden Lehr-Lern-Formaten wie dem "flipped classroom", die Etablierung fachdidaktisch erprobter Zugänge zu fachlichen Konzepten sowie den Einsatz von Aufgaben mit klarem Fokus auf argumentativem Denken. Des Weiteren konnte bereits in diesen beiden Jahren eine horizontale Vernetzung durch speziell für die Sekundarstufe I konzipierte Veranstaltungen weitgehend umgesetzt werden.

Basierend auf diesen Erfahrungen liegen nun erste Erkenntnisse für vier Kohorten vor, zwei aus dem teilweise und zwei aus dem vollständig reformierten Studiengang. Betrachtet man die Entwicklung der wenigen Studienanfänger:innen innerhalb einer Kohorte über die Studienjahre hinweg (vgl. Tab. 1), verbleibt die deutliche Mehrzahl der Studierenden im Studiengang. Der vergleichsweise hohe Studierendenschwund in der Kohorte des WS 2020/21 könnte neben Pandemieeffekten auf die Herausforderungen der Pilotphase mit neuen Lehr-Lern-Formaten zurückzuführen sein. Gleichzeitig ist es ab dem WS 2020/21 gelungen, acht „Wiederholer:innen“ zusätzlich zu den in der Tabelle genannten Studierenden in den Studiengang zu reintegrieren, sodass diese den physikbezogenen Studienanteil mittlerweile erfolgreich abgeschlossen haben. Äußerungen der Studierenden, sowohl in persönlichen Gesprächen als auch in anonymen Lehrveranstaltungsevaluationen deuten tendenziell auf eine gelungene Umsetzung aus Studierendensicht hin (vgl. Tab. 2). Insbesondere Studierende aus höheren Semestern, die als „Wiederholer:innen“ Angebote des alten und des neuen Studiengangs kennen gelernt haben, heben die Bedeutung des

**Tab. 2** Exemplarische Rückmeldungen von Studierenden

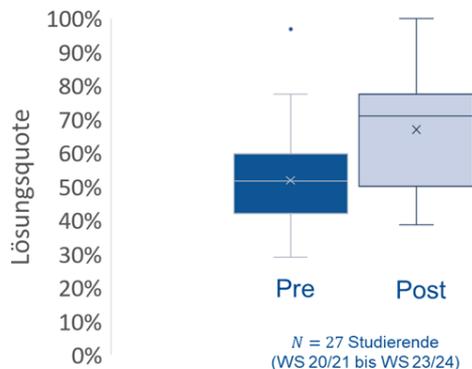
Persönliche Gespräche	Anonyme Rückmeldungen
„Ich finde gut, dass wir nicht nur zuhören sollen, sondern das Gelernte direkt an Beispielen und Experimenten anwenden.“ (K., 1. Semester, WS 22/23)	Was hat Ihnen an der Veranstaltung besonders gefallen? ➤ Vorbereitungsmaterial
„Mir gefällt besonders, dass wir eine kleine Lerngruppe sind, wo sich alle kennen, und man nicht so anonym in einer Vorlesung sitzt. So kann man auch die Dozenten bei jeder Frage ansprechen.“ (L., 1. Semester, WS22/23)	➤ Schulnahe Experimente ➤ Angenehme Arbeitsatmosphäre ➤ Gesamte Struktur

Schulbezugs für die Stärkung ihrer Studienmotivation hervor. Die positive Wahrnehmung der Studierenden spiegelt sich auch darin wider, dass die Mehrheit unserer Studienanfänger:innen mittlerweile Fachwechsler:innen im Rahmen des Lehramtsstudiums sind.

Diese Studierenden waren mit einem ihrer Fächer unzufrieden, beispielsweise aufgrund von fehlendem Schulbezug, und wurden größtenteils von Mitstudierenden für unseren Studiengang "angeworben". Diese Entwicklung ist einerseits erfreulich, weil potenzielle Studienabbrecher:innen für die Physik gewonnen werden konnten. Die geringen Zahlen „echter“ Studienanfänger:innen zeigen aber zugleich die Notwendigkeit effizienterer Werbemaßnahmen. Auch aus Sicht der Dozierenden nehmen wir die bisherige Umsetzung als weitgehend gelungen wahr. Durch den durchgehenden Schulbezug erkennen die Studierenden aus unserer Sicht, wie auch Inhalte, die über das Schulwissen hinausgehen, sie auf ihr zukünftiges Berufsfeld vorbereiten.

Darüber hinaus setzen wir seit dem Wintersemester 2020/21 jeweils zu Semesterbeginn und vor den Weihnachtsferien einen Konzepttest zum Wissen im Themenfeld Mechanik ein (Seiter et al., 2021) um den Lernzuwachs der Studierenden zu messen. Obwohl der Test ursprünglich für Schüler:innen der Sekundarstufe I entwickelt wurde, erscheint er aufgrund der folgenden Argumente auch für unsere Zielgruppe geeignet. Der Test enthält Aufgaben, die dem Force Concept Inventory (FCI; Hestenes et al., 1992) mindestens ähneln und die somit auch im Hochschulbereich zur Messung von konzeptuellem Verständnis im Bereich Mechanik verwendet werden (vgl. Riegler & Kautz, 2021). Besonders hervorzuheben ist, dass einige Aufgaben explizit den von uns in der Lehre genutzten zweidimensionalen Zugang zur Mechanik nach der Frankfurter/Münchener-Konzeption aufgreifen (vgl. Wilhelm, 2021). Dies ermöglicht es, die Wirksamkeit der von uns genutzten Zugänge zu fachlichen Konzepten mit zu prüfen. Zusätzlich haben wir vier weitere Items aus dem Aufgabenpool von Seiter et al. (2021) integriert, die in der finalen Schülertestvariante nicht enthalten sind, aber für unsere intendierten Lernziele, wie das Verständnis des Wechselwirkungsprinzips, zentral sind.

Die genutzte Testvariante umfasst insgesamt 31 Single-Choice-Aufgaben mit jeweils vier Antwortoptionen. Es liegen vollständige Datensätze von 27 Studierenden vor, wobei die Reliabilität zu beiden Messzeitpunkten zufriedenstellend ist (Cronbachs  $\alpha_{pre} = .77$ ;  $\alpha_{post} = .78$ ). Die Ergebnisse zeigen nach Cohen (1988) signifikante Lernfortschritte mit großem Effekt in den ersten Monaten des Studiums ( $t(26) = 4.827$ ,  $p < .001$ ; Cohens  $d = .93$ ; vgl. Abb. 7).

**Abb. 7:** Ergebnisse zum Konzeptwissen im Bereich Mechanik

Allerdings sind bisher keine Aussagen über das Kompetenzniveau am Ende des Studiums und die Nachhaltigkeit des erworbenen Wissens möglich. Mit Blick auf die Wahrnehmung der Lernangebote zeigt sich eine zu geringe Inanspruchnahme von Angeboten mit weniger verbindlichem Charakter, insbesondere von denjenigen Studierenden mit den größten Schwierigkeiten. Daher besteht auf der Ebene einzelner Angebote und Lernpfade ein kontinuierlicher Bedarf an Weiterentwicklung, beispielsweise mit Blick auf Maßnahmen zur individuelleren Förderung unserer heterogenen Studierendenkohorten (Dickmann et al., 2023).

## 5. Fazit

Der vorliegende Beitrag soll aufzeigen, wie theoretische Grundlagen und vorliegende empirische Evidenz systematisch in die Konzeption eines Lehramtsstudiengangs eingeflossen sind, um diesen sowohl im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen als auch auf die Lernvoraussetzungen der Studierenden adressatenspezifisch zu gestalten. Ausgangspunkt da-

für war die Anerkennung der Tatsache, dass die Studierenden das Studium als eine spezifische Qualifikation für ihren Berufswunsch „Physiklehrer:in in der Sekundarstufe I“ betrachten, und als Konsequenz die entsprechende Ausrichtung des Studiengangs auf diesen Berufswunsch sowie die damit verbundene Studienmotivation. Sicherlich bringt die Übertragung des Konzeptes auf andere Studiengänge und andere Standorte einige Herausforderungen mit sich. So erfordert die Umsetzung u.a. eine breite Akzeptanz und Unterstützung innerhalb der Fakultät, wie wir sie an unserem Standort erfahren haben und zu der wir mit dieser Darstellung beitragen wollen.

## 6. Literatur

- Albrecht, A. & Nordmeier, V. (2013). Interventionsstudie im Lehramtsstudium der Physik – dem Erfolg auf der Spur. *PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 12(1), 62-72.
- Burde, J. P. & Wilhelm, T. (2020). Teaching electric circuits with a focus on potential differences, *Physical Review Physics Education Research*, 16, 020153, <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020153>.
- Chabay, R. W. & Sherwood, B. A. (2018). *Matter and Interactions, Volume 2: Electric and Magnetic Interactions*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. ed.). Erlbaum.
- Dickmann, M., Stender, A. & Theyßen, H. (2023). Studienanfänger:innen mit individualisierten Lernmaterialien fördern – eine Projektvorstellung. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022*. Universität Duisburg-Essen, 687-690.
- DPG (2006). Großmann, S. & Urban, K.: *Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik*. Bad Honnef: DPG, Studie als PDF unter <https://bit.ly/3sIU9fH>.
- DPG (2014). Großmann, S. & Hertel, I.: *Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik*. Bad Honnef: DPG, Studie als PDF unter <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/studien-der-dpg/pix-studien/studien/lehramtsstudie-2014.pdf>.
- DPG (2023). Woitzik, A., Mecke, K. & Düchs, G., *Das Lehramtsstudium in Deutschland, Eine Studie der DPG*, Bad Honnef: DPG, Studie als PDF unter <https://bit.ly/42tg3d7>.
- Erfmann, C. (2017). *Ein anschaulicher Weg zum Verständnis der elektromagnetischen Induktion: Evaluation eines Unterrichtsvorschlags und Validierung eines Leistungsdiagnoseinstruments* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 232). Berlin: Logos.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), 8410-8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>.
- Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 19). Berlin: Logos.
- Geller, C., Schneider, J. & Theyßen, H. (2020). Finde die Fehler! Experimentelle Testaufgaben zur Evaluation eines Experimentalpraktikums. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019*. Universität Duisburg-Essen, 900-904.
- Heinicke, S., Kulgemeyer, C., Krabbe, H., Klein, P., Korneck, F., Zügge, T. & Feser, M. S. (2023). Das „perfekte“ Lehramtsstudium. Die Erkenntnisse physikdidaktischer Forschung erlauben es, die Ergebnisse der Lehramtsstudie von DPG und KFP einzuordnen, *Physik Journal*, 22(12), 43 - 47.
- Hellmann, K. (2019). Kohärenz in der Lehrerbildung – Theoretische Konzeptionalisierung. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow & K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung: Theorien, Modelle und empirische Befunde*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 9-30.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The physics teacher*, 30(3), 141-158.
- Hoth, J., Jeschke, C., Dreher, A., Lindmeier, A. & Heinze, A. (2019). Ist akademisches Fachwissen hinreichend für den Erwerb eines berufsspezifischen Fachwissens im Lehramtsstudium? Eine Untersuchung der Trickle-down-Annahme. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 1-28.
- Höttecke, D., Buth, K., Koenen, J., Masanek, N., Reichwein, W., Scholten, N., Sprenger, S., Stender, P. & Wöhlke, C. (2018). Vernetzung von Fach und Fachdidaktik in der Hamburger Lehrerbildung. In I. Glowinski, A. Borowski, J. Gillen, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung. Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften*. Potsdam: Universitätsverlag, 29 - 52.
- Höttecke, D. & Schecker, H. (2021). Unterrichtskonzeptionen für Nature of Science (NOS). In T. Wilhelm, H. Schecker und M. Hopf (Hrsg.), *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht: Ein*

- Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 401 - 433.
- John, T. & Starauschek, E. (2020). Ein Modell für kumulatives Lehren im Lehramtsstudium Physik. *PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 19(1), 23-42.
- Kautz, C., Direnga, J. & Schäfle, C. (2024). Physik gemeinsam konstruieren. Die forschungsbasierten Arbeitsblätter „Tutorials“ ermöglichen es Studierenden, typische Verständnisschwierigkeiten zu überwinden. *Physik Journal*, 23 (1), 33 - 37.
- Klemm, K. (2020). *Lehrkräftemangel in den MINT-Fächern: Kein Ende in Sicht. Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens*. Studie als PDF unter <https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/mint-lehrkraeftebedarf-2020-ergebnisbericht.pdf>.
- KMK (2024). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung* (Beschluss der Kultusministerkonferenz der Bundesrepublik Deutschland vom 16.10.2008 i. d. F. vom 08.02.2024)
- Komorek, M., Freckmann, J., Hofmann, J., Niesel, V. & Richter, C. (2018). Moderne Physik und Energiebildung als Beispiele für die Vernetzung von Fach und Fachdidaktik. In I. Glowinski, A. Borowski, J. Gillen, S. Schanze & J. von Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung. Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften*. Potsdam: Universitätsverlag, 53 - 75.
- Korneck, F. & Borowski, A. (2023). Vernetzt weiterentwickeln. Für eine bessere Lehrkräftebildung müssen alle Akteure zusammenarbeiten, *Physik Journal*, 22 (12), 3.
- Korneck, F. (2024). Lehrkräftebildung in Deutschland. Mängelverwaltung im Widerspruch zu KMK-Standards? *Journal für LehrerInnenbildung jlb*, 24(1), 16-27. <https://doi.org/10.35468/jlb-01-2024-01>.
- Kubsch, M., Sorge, S., Arnold, J. & Graulich, N. (2021). Lehrkräftebildung neu gedacht: Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken. Münster: Waxmann.
- Lederman, N. & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding De-Natured Science: Activities that Promote Understandings of the Nature of Science. In W. F. McComas (Hrsg.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Dordrecht: Springer Netherlands, 83 - 126.
- Lipowsky, F. & Hess, M. (2019). Warum es manchmal hilfreich sein kann, das Lernen schwerer zu machen - Kognitive Aktivierung und die Kraft des Vergleichens. In K. Schöppe & F. Schulz (Hrsg.), *Kreativität & Bildung – Nachhaltiges Lernen*. München: kopaed, München, 77-132.
- Lorentzen, J., Friedrichs, G., Ropohl, M. & Stefensky, M. (2019). Förderung der wahrgenommenen Relevanz von fachlichen Studieninhalten: Evaluation einer Intervention im Lehramtsstudium Chemie. *Unterrichtswissenschaft*, 47(1), 29-49. DOI 10.1007/s42010-018-00036-1.
- Lutz, W., Elsholz, M., Haase, S., Burde, J-P., Wilhelm, T., Trefzger, T. (2023). Flipped Classroom im Physikunterricht der Sekundarstufe I – Auswirkungen auf die Veränderung des individuellen Interesses im Bereich der E-Lehre. In: J. Roth, M. Baum, K. Eilerts, G. Hornung & T. Trefzger (Hrsg.), *Die Zukunft des MINT-Lernens – Band 2*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 35 - 49. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-66133-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-662-66133-8_3).
- Massolt, J. W. (2020). *Perceived relevance of physics problems: by pre-service physics teachers* (Dissertation, Universität Potsdam). <https://doi.org/10.25932/publishup-47292>.
- Mazur, E. (2017). *Peer Instruction. Interaktive Lehre praktisch umgesetzt*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-54377-1>.
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (2009). *Tutorien zur Physik*. München: Pearson.
- McNally, B., Chipperfield, J., Dorsett, P., Del Fabbro, L., Frommolt, V., Goetz, S., Lewohl, J., Molineux, M., Pearson, A., Reddan, G., Roiko, A. & Rung, A. (2017). Flipped classroom experiences: student preferences and flip strategy in a higher education context. *Higher Education*, 73, 281-298.
- Nawrath, D. (2010): Kontextorientierung - Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht. Oldenburg: BIS Verlag.
- Oettle, M., Brandenburger, M., Mikelskis-Seifert, S. & Schwichow, M. (2019). Schaffung vertikaler und horizontaler Kohärenz in der Lehrerbildung am Beispiel der Physik. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow und K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung: Theorien, Modelle und empirische Befunde*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 167 - 181.
- Peuser, M., Szogs, M., Krüger, M. & Korneck, F. (2017). Veränderung von Selbstwirksamkeitserwartungen durch Microteaching. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016, 780 - 783.

- Pusch, A. (2014). *Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 173). Berlin: Logos.
- Reinhold, P. & Riese, J. (2020). Physik in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Auf dem Weg zu empirisch fundierten Curricula. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, 501–508.
- Riegler, P. & Kautz, C. (2021). Physik der Hochschullehre. Die Hochschullehre ist zu einem gesellschaftlich wichtigen Forschungsgegenstand der Physik geworden, *Physik Journal*, 20 (5), 43 - 47.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R. (Hrsg.) (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Schwichow, M., Zaki, K., Hellmann, K. & Kreutz, J. (2019). Quo vadis? Kohärenz in der Lehrerbildung. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow und K. Zaki (Hrsg.), *Kohärenz in der Lehrerbildung: Theorien, Modelle und empirische Befunde*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 331 -350.
- Seiter, M., Krabbe, H. & Wilhelm, T. (2021). Elementarisierung der Mechanik in der Sekundarstufe I. Ergebnisse einer Studie. *PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 20(1), 1-14.
- Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S. & Neumann, K. (2019). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 862–889.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. *Physics education*, 53(4), 045009.
- Steinmetz, T. & Starauschek, E. (2023). Professionsbezogenes Physiklernen im Lehramtsstudium: Entwicklung und Evaluation kumulativer Fachveranstaltungen. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(22), 19-42.
- Vogelsang, C., Borowski, A., Kulgemeyer, C. & Riese, J. (2018). Profile-P+: Entwicklung von Kompetenz und Performanz im Physiklehramt. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017, 875-878.
- Wiemer, S. & Hempel, M. (2023). Der ‚Didaktische Doppeldecker‘ für die digitalisierte Lehre–Theoretische Anknüpfungspunkte und praktische Umsetzungsmöglichkeiten am Beispiel der Qualifizierung studentischer Tutor:innen. *Perspektiven auf Lehre. Journal for Higher Education and Academic Development*, (2), 10-10.  
<https://doi.org/10.55310/jfhead.44>.
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf und R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*, Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 115 - 138.
- Wilhelm, T. (2021). Unterrichtskonzeptionen zur Kinematik. In T. Wilhelm, H. Schecker und M. Hopf, *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 51 - 80.
- Woitkowski, D. & Riese, J. (2017). Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveau-modells im physikalischen Fachwissen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1(23), 39-52.  
<https://doi.org/10.1007/s40573-016-0054-z>.
- Woitzik, A., Mecke, K. & Düchs, G. (2023). Aufbruch zu Verbesserungen. Eine DPG-Studie beleuchtet die Situation des Lehramtsstudiums für das Fach Physik, *Physik Journal*, 22(7), 35.