

Christoph Vogelsang & David Woitkowski

## Physikdidaktische Forschung in der Hochschule. Eine Übersicht über Forschungsdesigns und -methoden

### Zusammenfassung

Die Praxis und Wirkung des Lehrbetriebs an Hochschulen ist genuiner Forschungsgegenstand der Hochschuldidaktik. Allerdings liegen sie auch im Fokus weiterer Lehr-Lern-Wissenschaften, die z. T. andere Perspektiven einbringen. Dazu gehören auch die verschiedenen Fachdidaktiken. Im Artikel werden beispielhaft aus Sicht der Physikdidaktik Genese, Methoden und Theorien aktueller Fragestellungen und Forschungsprojekte mit Bezug zum Lehren und Lernen an Hochschulen dargestellt.

Die Physikdidaktik stellt sich dabei als Disziplin dar, die anders als die Hochschuldidaktik einen spezifischen fachbezogenen Blickwinkel einnimmt. Sie ist stark von einer Dualität von theoretischen Modellen und empirischen Untersuchungen geprägt. Obwohl sie ihre Fragestellungen anders als die Hochschuldidaktik aus einer allgemeinen Bildungsdiskussion begründet, setzt sie häufig ähnlich strukturierte Modelle z. B. vom Lernen oder von guter Lehre ein, so dass eine Anschlussfähigkeit zur Hochschuldidaktik zumindest mittelbar besteht.

Neben einer allgemeinen Verhältnisbestimmung zwischen hochschuldidaktischer und hochschulbezogener physikdidaktischer Forschung stellt der Artikel vier verbreitete fachdidaktische Forschungsrichtungen dar, die gegenwärtig im Hochschulkontext arbeiten: Die (1) fachliche Passung zwischen Voraussetzungen auf Seite der Studierenden zu den Anforderungen eines Physikstudiums; die (2) didaktische Strukturierung und Rekonstruktion fachlicher Inhalte der Hochschulphysik und deren Evaluation; die (3) Kompetenzdiskussion, welche Wirkungen des Studiums als Ganzes mit Anforderungen im Zielberuf in Beziehung setzt; letztlich den (4) Erwerb von Handlungskompetenz in einem eher von theoretischem Wissen geprägten Bildungssystem.

Der Artikel will damit einen Überblick über mögliche Anregungen für die hochschuldidaktische Forschung aus einer angrenzenden Wissenschaft geben.

**Schlüsselwörter:** Hochschuldidaktik; Physikdidaktik; empirische Methoden; didaktische Rekonstruktion; Kompetenzforschung

**Anmerkung:** Dieser Artikel entstand ursprünglich als Reaktion auf einen Call for Papers mit dem Titel „Designs und Methoden hochschuldidaktischer Forschung“.

# Physics education research on university level – Research designs and methods regarding German higher education tracks

## Abstract

Practice and effects of teaching at universities is a genuine topic of higher education research. However they are also at focus for other disciplines of education research like educational sciences or subject matter didactics (*Fachdidaktik*) which bring their own perspectives. This article exemplarily describes formation, methods and theories of current questions and research projects with teaching and learning at universities from the perspective of physics education research (*Physikdidaktik*).

Research in physics education is a discipline which takes a specific view concentrating on the subject. Its highly influenced by a duality of theoretical models and empirical inquiry. Although its questions are legitimated from a concept of *Bildung* – unlike higher education research – both often employ similarly structured models e. g. of teaching and learning or of good practice. Thus some amount of compatibility could be established.

Beside determining this relationship between higher education research and research in physics education the article puts four prevalent lines of research on display, which are currently in use in the context of higher education: (1) domain-specific matching of preconditions on the side of students and the requirements of studying physics; (2) the concept of educational reconstruction of higher physics contents and their evaluation; (3) modeling and measurement of competence describing the outcome of a course of study as a whole in regards to the requirements of targeted professions (like teaching); and (4) the acquisition of operational skills in an educational system shaped mainly by theoretical knowledge.

Overall this article aims to give a review on possible suggestions for higher education research from an adjacent discipline.

**Keywords:** higher education research; physics education research; research methods; educational reconstruction; teacher competence

## 1. Einleitung

Kerngegenstände der Hochschuldidaktik sind das Lehren und Lernen von Personen im Kontext „Hochschule“. Zunehmend wird eine Intensivierung der empirischen Betrachtung derartiger Lehr-Lern-Prozesse gefordert, um Lehrformate oder ganze Studienprogramme in der Hochschule evidenzbasiert weiter zu entwickeln (dghd, 2016).

Dabei ist Lehren und Lernen auch in der Hochschule kein inhaltsfreier Prozess, sondern bezieht sich immer auf einen spezifischen Gegenstand. Lernen ist in diesem Sinne ein „Lernen von etwas“. Dieser Lerngegenstand ist in den meisten Studienprogrammen der Inhalt bzw. der Wissenskorpus einer bestimmten Fachdisziplin z. B. der Medizin, der Elektrotechnik oder der Psychologie. Hochschuldidaktische Forschung bezieht sich daher so gut wie immer auf ein fachspezifisches Lernen in einer wissenschaftlichen Domäne. Sie muss deshalb den Einfluss von Begriffen, Arbeitsweisen und Grundannahmen einer Domäne auf Lehrformen oder das Lernen der Studierenden berücksichtigen, wenn adäquate Erkenntnisse zu einer Weiterentwicklung oder Qualitätssicherung von Hochschulen gewonnen werden sollen.

Fachspezifische Lehr-Lern-Prozesse sind allerdings zugleich Kerngegenstand der Fachdidaktiken, die mittlerweile in vielen Hochschulen institutionell eingebettet sind. Folgerichtig wird auch für hochschuldidaktische Forschungen eine stärkere Kooperation zwischen Hochschul- und Fachdidaktikerinnen bzw. -didaktikern angestrebt. Wildt (2011) konstatiert vor diesem Hintergrund jedoch:

„In ihrer spezifischen Form der Ausdifferenzierung weisen die Fachdidaktiken allerdings Charakteristiken auf, die eine umstandslose Anschlussfähigkeit an eine fachbezogene oder auch fachübergreifende Hochschuldidaktik nicht ohne weiteres erlaubt.“ (Wildt, 2011, S. 28)

Dieser Schluss ist allerdings bezogen auf das Selbstverständnis und die Forschungsaktivitäten insbesondere der Naturwissenschaftsdidaktiken nicht (mehr) gerechtfertigt. Argumentationen zur fehlenden Anschlussfähigkeit ähneln dabei Argumentationen, die das Verhältnis zwischen Allgemeiner Didaktik und Fachdidaktik bezogen auf das Lehren und Lernen im Schulbereich diskutieren (z. B. Arnold & Roßa, 2011). Insofern treten an dieser Stelle ähnliche Fragen und Schwierigkeiten auf, die – historisch betrachtet – für schulisches Lernen schon verhandelt wurden.

Ziel dieses Artikels ist es daher zum ersten, am Beispiel der Physikdidaktik aufzuzeigen, dass und wie Erkenntnisse und Methoden der Fachdidaktiken für hochschuldidaktische Forschungen fruchtbar gemacht werden können. Zum zweiten soll ein Überblick über physikdidaktische Forschungsfelder gegeben werden, die sich auf das Lehren und Lernen an Hochschulen beziehen, also hochschuldidaktische Problemstellungen aufgreifen. Dabei wird insbesondere auf die Darstellung typischer Forschungsdesigns und -methoden fokussiert, da sich an ihnen die Anschlussfähigkeit und Übertragbarkeit physikdidaktischer Forschung auf andere Forschungskontexte in der Hochschule am direktesten verdeutlichen lässt. Auf Basis dieser Überlegungen wird abschließend zum dritten diskutiert, wie Fachdidaktik und Hochschuldidaktik bei hochschulbezogener Lehr-Lern-Forschung voneinander profitieren können.

## 2. Physikdidaktik in der Hochschule

### 2.1 Physikdidaktik als Wissenschaftsdisziplin

Auch wenn sich im Laufe ihrer Entwicklung der Umfang der Forschungs- und Lehrgegenstände der Fachdidaktiken veränderte, kann ihr Selbstverständnis folgendermaßen zusammengefasst werden: „Fachdidaktik ist die Wissenschaft vom fachspezifischen Lehren und Lernen innerhalb und außerhalb der Schule“ (KVFF, 1998, S. 13). Dem folgend ist Physikdidaktik diejenige Wissenschaftsdisziplin, die sich auf physikspezifisches Lehren und Lernen in institutionellen und informellen Kontexten bezieht, wobei hierbei nicht nur die Wissenschaftsdomäne Physik, sondern z. B. auch Alltagsbezüge, „[...] die in einer naturwissenschaftsdidaktischen Perspektive erschlossen werden sollen“ (Schecker, Parchmann & Krüger, 2014, 3), mit einbezogen werden. Sie ist innerhalb der Hochschule primär im Kontext der Lehrerbildung verankert und wird aufgrund dieser Funktion auch als Berufswissenschaft von Physiklehrerinnen und -lehrern bezeichnet (Arnold & Roßa, 2012). Ihre Gegenstände sind die begründete Auswahl von physikalischen Lehrinhalten und ihre Anordnung und Vermittlung unter Berücksichtigung fachspezifischer Voraussetzungen der Lernenden (Reinhold, 2004).

Übergreifendes Ziel physikdidaktischer Forschung ist das Verstehen und Optimieren physikspezifischer Lehr-Lern-Prozesse im Sinne einer angewandten Forschung (Schecker, Parchmann & Krüger, 2014). Wissenschaftstheoretisch wird dabei die Bildung von *lokalen Theorien* angestrebt (Prediger & Link, 2012), die es ermöglichen, auf konkrete physikalische Inhalte bezogenes Lernen in Wechselwirkung mit Voraussetzungen der Lernenden und Lehrenden, Eigenschaften von Lernumgebungen und übergreifenden Rahmenbedingungen zu analysieren und zu gestalten. In diesem Sinne wird innerhalb der Physikdidaktik eine eigene Grundlagenforschung betrieben. Mit Parchmann (2013) können dabei zwei

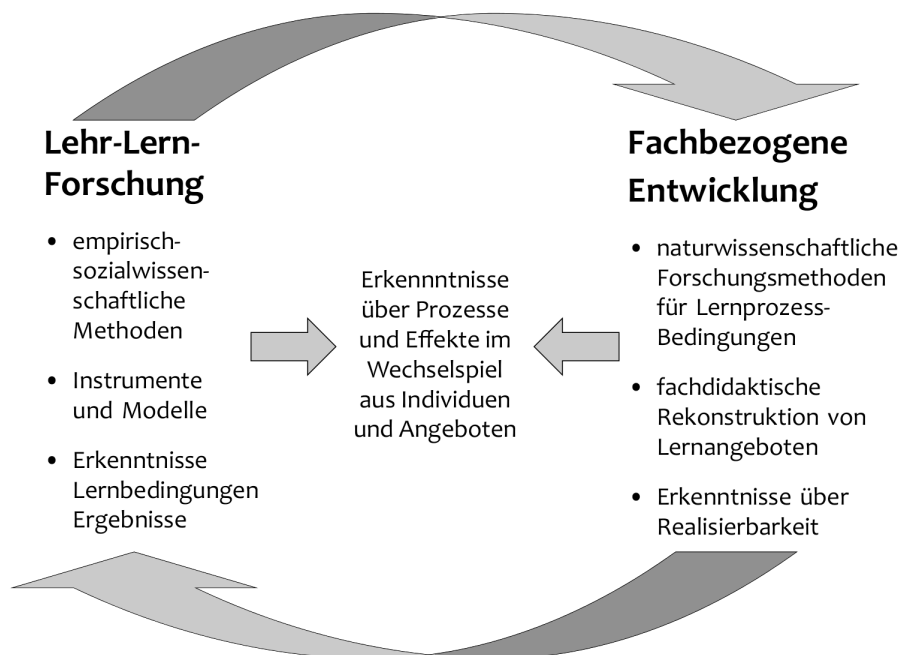


Abb. 1: Fachdidaktische Lehr- und Lern- sowie Entwicklungsforschung (Parchmann, 2013)

grundsätzliche Pole physikdidaktischen Erkenntnisinteresses unterschieden werden, die sich gegenseitig bedingen bzw. aufeinander beziehen (siehe Abb. 1).

Auch wenn eine Generalisierung von Ergebnissen über die Domäne der Physik hinaus nicht angestrebt wird, so weist physikdidaktische Forschung viele Bezüge zu anderen Fachdisziplinen auf. Beispielsweise hat sie Relationen zur Erziehungswissenschaft, Psychologie, Wissenschaftsgeschichte und natürlich zur Physik. Dabei „[...] geht es nicht darum, lediglich Erkenntnisse aus anderen Disziplinen additiv zusammenzuführen“ (Schecker, Parchmann & Krüger, 2014). Notwendig ist vielmehr eine Synthese dieser Bezüge vor dem Hintergrund der Domäne Physik. Buchberger & Buchberger (1999) bezeichnen die Fachdidaktiken in ähnlicher Weise als *integrative transformative science*. Übergreifender Ausgangspunkt ist die Orientierung am gesellschaftlichen Ziel der *Bildung* (Arnold & Roßa, 2011), welches sich nicht aus der Bezugsdomäne Physik heraus legitimieren lässt, „[...] denn fachdidaktische Konstruktionen sind von Bildungsabsichten her entworfen, die sich gerade nicht mit den Erkenntnisinteressen der jeweiligen Fachwissenschaft decken“ (Reinhold, 2004, S. 419). Die Reflexion ihrer Begriffe, ihrer Erkenntnismethodik und anderer Aspekte der Physik ist aus diesem Grund ein wichtiger Teil physikdidaktischer Forschung. Zugleich haben aber auch ihre wissenschaftstheoretischen Grundlagen einen Einfluss, was sich z. B. im hohen Modellbewusstsein und der Selbstverständlichkeit ausdrückt, Lehrformen empirisch z. B. auf Wirksamkeit zu überprüfen. Das Verhältnis der Physikdidaktik zu anderen Disziplinen kann mit Schecker, Parchmann und Krüger (2014) in Analogie zum Verhältnis von Natur- und Ingenieurwissenschaften verstanden werden. Letztere nutzen ebenfalls die Methoden und Erkenntnisse ersterer, verfolgen aber auch eigene, anwendungsorientierte Grundlagenforschungen, um konkrete Anforderungen zu lösen. So wird analog in der Physikdidaktik versucht, Umgebungen zum Lernen konkreter Inhalte der Physik zu gestalten und zu optimieren, die mit fachunabhängigen Lerntheorien nur unvollständig beschrieben werden können. Dabei werden ebenfalls Modelle außerhalb der deutschsprachigen Lehr-Lern-Tradition mit einbezogen. Da es für den Begriff *Bildung* allerdings keine englischsprachige Entsprechung gibt, sind Übersetzungsprozesse erforderlich, um physikdidaktische Forschungen auch z. B. in der anglo-amerikanisch geprägten Lehr-Lern-Forschung verständlich zu kommunizieren (z. B. Westbury, Hopmann, & Riquarts, 2000).

Die Entwicklung der Physikdidaktik als Anwendungswissenschaft hat auch zu einer Ausdifferenzierung von Publikationstätigkeiten geführt. Forschungsergebnisse werden zwar auch in Fachorganen ihrer Bezugswissenschaften (z. B. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*) veröffentlicht, zunehmend allerdings auch in spezifischen Zeitschriften oder Buchreihen (z. B. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, Studien zum Physik- und Chemielernen*).

Einige Beispiele für physikdidaktische Grundlagenforschungsergebnisse werden im Folgenden (siehe auch Abschn. 3) kurz genannt. Beispielsweise bildet das Modell der *Didaktischen Rekonstruktion* (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997) ein eigenständiges Rahmenmodell für Forschung und Entwicklung, das sowohl Erkenntnisse zum Lernen in den Naturwissenschaften als auch die fachdidaktische Analyse der Naturwissenschaften integriert. Darin eingeflossen sind Konkretisierungen von physikspezifischen Lernprozessen als *conceptual change* (Duit & Treagust, 2003). Ein Strukturmodell solcher

Lernprozesse ist der *learning cycle* (Lawson, Abraham & Renner, 1989), ein Beispiel für eine daran orientierte konkrete Lehr-Lern-Umgebung ist der *Münchener Mechanikkurs* (Tobias, 2010). Neben inhaltlichen Erkenntnissen haben sich „eigenständige“ Nutzungsformen von Forschungsmethoden der Bezugsdisziplinen etabliert (z. B. Videografie zur Analyse von Lehrsituationen), die auch in eigenen methodischen Lehrwerken dargestellt werden (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014).

## 2.2 Physikdidaktik und Hochschuldidaktik

Auch wenn Forderungen und Bemühungen bestehen, die Hochschuldidaktik als eigene Wissenschaftsdisziplin zu entwickeln (dghd, 2016), ist ein zusammenfassendes Selbstverständnis der Hochschuldidaktik aufgrund der Variabilität der in ihr verfolgten Ziele und ihrer institutionellen Verankerungen weniger stark ausgeprägt. Hochschuldidaktik kann grob aufgefasst werden als Wissenschaft von Lehren und Lernen innerhalb von „Hochschulen“. Dies schließt für den deutschsprachigen Bildungsraum insbesondere Universitäten und Fachhochschulen ein. Im Kern werden sämtliche Lehr-Lern-Prozesse in Hochschulen unabhängig vom konkreten Lerngegenstand betrachtet. Huber (1999) beschreibt den Gegenstand der Hochschuldidaktik als den „[...] einer wissenschaftlichen Bearbeitung der Probleme, die mit der Tätigkeit und Wirkung der Hochschule als (auch) einer Ausbildungseinrichtung zusammenhängen“ (Huber, 1999, S. 35). Im Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Hochschuldidaktik (dghd, 2016) werden vier übergreifende Forschungsebenen unterschieden, die sich inhaltlich überschneiden. Weniger abstrakt werden hochschuldidaktische Forschungsgegenstände integriert in einem *Angebot-Aneignungsmodell* (Abb. 2) von Wild & Esdar (2014) dargestellt.

Ergebnisse hochschuldidaktischer Forschung werden neben den Publikationsorganen der Bezugsdisziplinen ebenfalls in spezifischen Zeitschriften oder Buchreihen veröffentlicht (z. B. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, *Blickpunkt Hochschuldidaktik*). Sie bezieht zudem Modelle aus der vornehmlich anglo-amerikanischen Hochschultraditionen ein, die in internationalen Zeitschriften erscheinen (z. B. *Studies in Higher Education*).

Dabei strebt die hochschuldidaktische Forschung stärker generalisierbare Aussagen über Lehren und Lernen an Hochschulen an, bezieht aber in der konkreten Ausgestaltung in analoger Weise Erkenntnisse und Methoden verschiedener Bezugsdisziplinen ein. Primäre Bezugspunkte bilden die Psychologie, Zweige der Erziehungswissenschaft und die

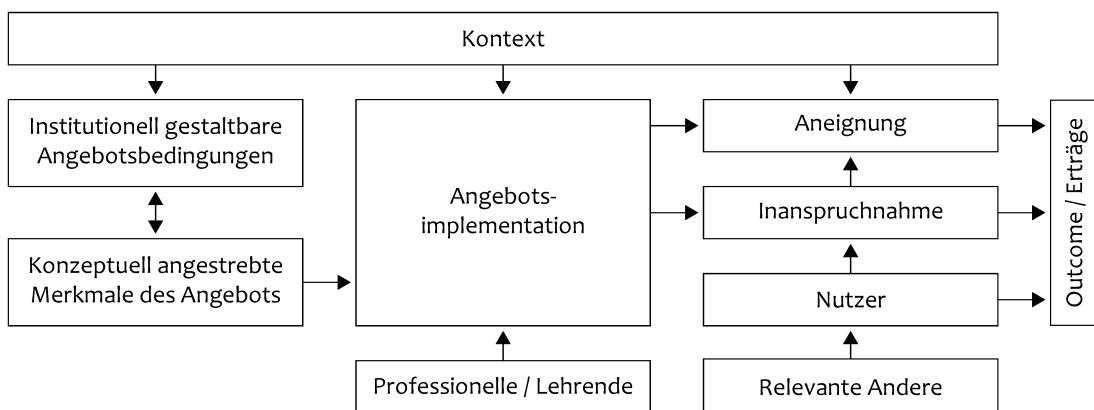


Abb. 2: Vereinfachtes Angebot-Aneignungsmodell (Wild & Esdar, 2014)

Soziologie.

Mit ihrem Gegenstand der fachunspezifischen Lehr-Lern-Prozessen ähnelt die „Stellung“ der Hochschuldidaktik zu ihren Bezugsdisziplinen der *Allgemeinen Didaktik*, die sich selbst als Wissenschaft von schulischen Lehr-Lern-Prozessen versteht. Als Kern schulischer Lehrformen betrachtet diese den schulischen Unterricht, dessen Ziele und Gestaltungsformen ausgehend von übergreifenden Bildungstheorien analysiert werden. Als bedeutsames Beispiel können die Argumentationen zur Allgemeinbildung von Klafki (1963) genannt werden, von der aus weitere Lernziele für sich wandelnde gesellschaftliche Realitäten abgeleitet werden müssen. Auf dieser Basis wurde eine Vielzahl von Theoriekonzeptionen des allgemeinen Unterrichts entwickelt. Ein Beispiel ist das *Berliner Modell* (Heimann, Otto & Schulz, 1965).

Lehren und Lernen innerhalb der Hochschule wird in der Hochschuldidaktik allerdings anders legitimiert. Theoretische Basis bildet (tendenziell) ein Verständnis von Lehre als Kommunikation von Wissenschaft (Huber, 1999). Hochschuldidaktik orientiert sich zumindest in ihrer Historie daher weniger an Zielkategorien, die sich auf Kommunikationsempfänger „als Lerner“ beziehen, sondern eher an der Notwendigkeit der „Veröffentlichung von Erkenntnissen“ als Teil von Wissenschaft selbst. Trotz unterschiedlicher theoretischer Ausgangslage kommt sie zu sehr ähnlichen Modellen z. B. zur Planung von Lernumgebungen. So ähnelt der *hochschuldidaktische Zirkel* (Wildt, 2014) stark dem Unterrichtsmodell der *Berliner Didaktik* (Heimann, Otto & Schulz, 1965). Auch unterscheiden sich z. B. praxisorientierte Ratgeber für Lehrende an Schulen und an Hochschulen nur wenig. Dies ist vor dem Hintergrund, dass bestimmte Lehrformen in Hochschulen schulischem Unterricht strukturell ähnlich sind (z. B. Seminare, Übungen), nicht verwunderlich. Es ist zudem anzunehmen, dass Studierende beim Lernen ähnliche Prozesse durchlaufen wie z. B. Schülerinnen und Schüler der „Oberstufen“ z. B. an Gymnasien. Zudem werden innerhalb Hochschuldidaktik häufig Modelle aus der anglo-amerikanischen Hochschultradition adaptiert. Dortige *Higher Education* schließt aber auch Colleges oder vergleichbare Schulformen ein, die im deutschen Bildungssystem teilweise eher mit der Oberstufe vergleichbar sind. Ein größerer Unterschied zur *Allgemeinen Didaktik* besteht hingegen im Wissenschaftsselbstverständnis. Diese betrachtet sich selbst als eine Berufswissenschaft für Lehrende an Schulen. Inwieweit sich die Hochschuldidaktik auch als anwendungsorientierte Grundlagenforschung betrachtet, ist bisher zumindest nicht konsistent beschrieben (vgl. dghd, 2016).

Analog zu der Ähnlichkeit bezogen auf Modelle von Lehren und Lernen ähnelt sich die Kritik, die an beiden Disziplinen geübt wird. In beiden Feldern bestehen für Lehrende Schwierigkeiten darin, „Handlungsprinzipien“ zur Gestaltung fachlich-konkreter Lehrsituationen „anzuwenden“. Anders formuliert fehlt es an *lokalen Theorien* für das Lehren und Lernen, die solche fachspezifischen Aneignungsprozesse beschreiben. Das Modell des *constructive alignments* (Biggs & Tang, 2011) ist zwar ein Beispiel für eine hochschuldidaktische Grundlagentheorie, ähnelt aufgrund des fehlenden fachspezifischen Bezugs aber ebenfalls stark Planungsmodellen der *Allgemeinen Didaktik*. Um das Lernen in Hochschulen adäquat zu untersuchen, muss allerdings berücksichtigt werden, wie die innere Struktur von Verstehenselementen des Lerninhalts in Wechselwirkung mit Merkmalen von Lernenden, Lehrenden und Lernumgebung stehen. Die Unterschiedlichkeit von Lehr-Lern-

Prozessen in verschiedenen Fachdomänen ist zwar ebenfalls Gegenstand hochschuldidaktischer Forschung (z. B. Lübeck, 2010), wird aber kaum bzgl. der Unterschiede im inhaltlichen Lerngegenstand analysiert.

Auf genau dieser Ebene, der Berücksichtigung der Eigenschaften einer fachwissenschaftlichen Domäne für die Lösung konkreter Lehr-Lernfragestellungen, ist physikdidaktische Forschung anschlussfähig. Beide Disziplinen bearbeiten an dieser Stelle einen geteilten Problembereich. Zudem haben sich physikdidaktische Forschungsprojekte schon mit Fragen der Hochschullehre beschäftigt. Sowohl die genutzten theoretischen Modelle als auch die methodischen Designs können für die hochschuldidaktische Forschung Anregungen bieten.

## 2 Formate physikdidaktischer Forschung mit Hochschulbezug

Das Studium – insbesondere das Lehramtsstudium – stellt derzeit einen wichtigen Forschungsgegenstand der Physikdidaktik dar. Begründet wurde dies zumindest in neuerer Zeit häufig mit der allgemeinen Kritik an der Wirksamkeit schulischen Unterrichts (vgl. Weinert, 2001) und der daraus folgenden Kritik der Fähigkeiten der Physiklehrkräfte, welche wiederum zu einer breiten Analyse der universitären Ausbildung führte. In jüngster Zeit wiederum ergaben sich häufiger auch methodische wie inhaltliche Überschneidungen zur Analyse von Fachstudiengängen, die hier aber insgesamt weniger im Fokus stehen. Über den Umfang hochschulbezogener Forschungsarbeiten in der Physikdidaktik kann eine einfache Auszählung von Beiträgen in zwei zentralen Publikationsorganen im deutschsprachigen Bereich Auskunft geben (Abb. 3): Über die Jahre zeigt sich ein konstanter und seit ca. 2010 auch ansteigender Anteil von Arbeiten mit Bezug zur Hochschule.

Historisch wurden dabei zunächst vor allem Forschungsformate, -fragen und -methoden aus der schulbezogenen physikdidaktischen Forschung auf die Untersuchung verschiedener Phasen der Hochschulausbildung übernommen. Die beiden Pole physikdidaktischer Forschung (Parchmann, 2013) charakterisieren auch diese Forschungen. Wie Tabelle 1 zeigt, werden diese Fragestellungen auf verschiedene fachdidaktische Forschungsgegenstände an der Hochschule von der Studieneingangsphase über einzelne Lehrveranstaltungen bis hin zur beruflichen Perspektive angewandt, die sich nicht selten mit den Gegenständen oder Fragestellungen der Hochschuldidaktik überschneiden.

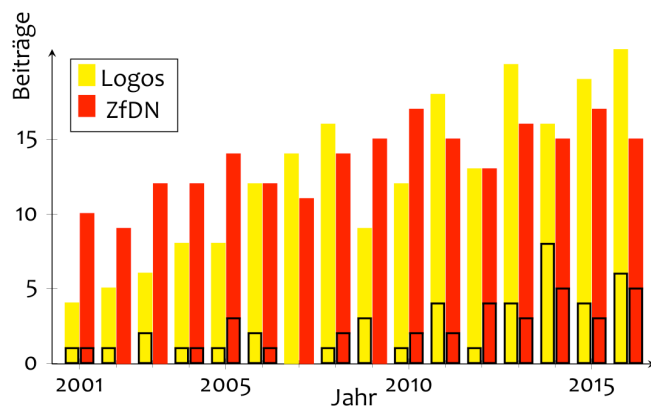


Abb. 3: Gesamtzahl der Bände in den *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Logos-Verlag) und Beiträge in der *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (ZfDN). Beiträge mit Bezug zum Lehren und Lernen in der Hochschule schwarz umrandet.



Tab. 1: Überblick über aktuelle fachdidaktische Arbeitsfelder und -richtungen mit hochschuldidaktischem Bezug

		<b>Studien- eingangsphase</b>	<b>Einzel- Lehrveranstaltung</b>	<b>Praxisanteil</b>	<b>Studium insgesamt</b>	<b>Berufs- Perspektive</b>
<b>Lehr-Lern-Forschung</b>	<b>Status Quo</b>	Vorwissen Motivation Studienwahl	Interventions- forschung	Experimentier- Praktika  Schulpraktika	Struktur von Studiengängen	Kompetenz von Physikerinnen und Physikern sowie Lehrenden
	<b>Veränderungs- Effekte / Wirkungen</b>	Determinanten von univ. Wissensaufbau  Übergang / Studienabbruch	Formatforschung  Klassische Evaluation (z.B. von did. Strukturierungen)	Praxissemester  Experimentier- praktika	Kompetenz- forschung  Mathematik  Studienerfolg	Kompetenz & Performanz  Mikroteaching  Diagnose  Erklären
<b>Fachbezogene Entwicklung</b>	<b>Didaktische Strukturierung</b>	Vor-/Brückenkurse	Fachinhalte (z.B. KPK, Quantenphysik)	Praxissemester  Experimentier- praktika	Curriculum	
	<b>Entwicklung (Angebots-/ Systemebene)</b>	Lernzentren  Passung: Schule – Hochschule	Tutoren-schulungen	Kooperation mit (externen) Praktikums- Institutionen	Konkreter Studiengang  Abstimmung von Fächern	Schulpraktika  Referendariat

Im Folgenden soll eine Auswahl von Forschungsansätzen vorgestellt werden, die jeweils an unterschiedlichen Stellen im Studienverlauf Lernumgebungen gestalten oder analysieren. Gemeinsam ist diesen jeweils die Bezugnahme auf theoretische Konzepte, Forschungs- und Analysemethoden aus der Allgemeinen Didaktik, der Lehr-Lern-Psychologie oder schulbezogener Fachdidaktik sowie eine starke Betonung der Dualität von Theorie und Empirie.

### 3.1 Passung von Voraussetzungen und Studium

Ein als zentral empfundenes Problem besteht in den hohen Studienabbruch- und -wechselquoten (Heublein, Richter, Schmelzer & Sommer, 2014), die im Fach Physik vor allem in der Studieneingangsphase auftreten. Besonders drängend erscheint dies vor dem Hintergrund, dass bereits in der Schule Physik klar als unbeliebtestes Fach rangiert und nur vergleichsweise wenige Personen für ein Physikstudium rekrutiert werden können

Die theoretische Grundlage für die Analyse dieser Problemlage bildet vielfach ein *Angebot-Nutzungs-Modell*, dass z. B. von Helmke (2009) für schulischen Unterricht formuliert wurde. Ein solches Modell sieht universitäre Lehrveranstaltungen wie Schulunterricht als ein Angebot von Seiten des Dozierenden, welches von Seiten des Lernenden (Studierenden bzw. Schüler) genutzt werden kann. Im Hintergrund steht hier eine konstruktivistische Lerntheorie (Duit & Treagust, 2003), die davon ausgeht, dass Lernen eine eigene Auseinandersetzung des Lernenden mit dem Inhalt, also ein „Erarbeiten“ erfordert. Das Modell nimmt verschiedene äußere Einflussfaktoren an, welche eine solche Auseinandersetzung befördern oder behindern.

An dieser Stelle setzt die Forschung zur Studieneingangsphase an. Zunächst wird evaluiert, welche Dispositionen, die theoretisch zum erfolgreichen Studieren nötig sind, überhaupt in welcher Form bei Studienanfängern vorliegen. Dazu gehören u. a. Studienwahlmotive (Meinhard, Krey & Rabe, 2013), motivationale Voraussetzungen (Albrecht, 2011), Umgang mit Herausforderungen und Krisen (Neumann, Sorge, Jeschke, Heinze & Neumann, 2016), weitere nicht-kognitive Faktoren (Freyer, 2013; Schild, Rehfeld & Nordmeier, 2016), mathematische Fähigkeiten (Buschhüter, Spoden & Borowski, 2016), das jeweilige Vorwissen (Sorge, Petersen & Neumann, 2016) und andere Kontextfaktoren (Albrecht, 2011). Sorge, Petersen und Neumann (2016) definieren eine allgemeine Studierfähigkeit als vierdimensionales Konstrukt, bestehend aus einer *kognitiven*, *sozialen*, *persönlichen* und *fachlichen Dimension*. Diese werden durch Indikatoren in Form von Testaufgaben oder Aussagen, deren Zustimmung bei den Studierenden abgefragt wird, operationalisiert und einer empirischen Analyse zugänglich gemacht. Ziel ist es zunächst, ein (auch mathematisch-statistisch formuliertes) Modell des Zusammenhangs dieser Prädiktoren mit dem Studienerfolg zu erstellen. Letzterer wird dabei über den Verbleib im Studium (also Nicht-Abbruch) und Bestehen bzw. Note in der Klausur am Ende des ersten Semesters operationalisiert. Mit einem ähnlichen Vorgehen werden auch im Projektverbund ALSTER verschiedene Prädiktoren auf die Wirkung auf den Studienerfolg untersucht (Binder, Schmiemann, Theyßen, Sandmann & Sures, 2016).

Inhaltlich zeigt sich hier eine stärkere Fokussierung auf fachspezifische Voraussetzungen und Anforderungen als in der deutlich fachübergreifender denkenden Hochschuldidaktik, die demgegenüber v. a. in neueren Arbeiten eher eine wechselseitige Beziehung zwischen Institution und Individuum in den Blick nehmen (z. B. Bosse & Trautwein, 2014; Van der Berk et al. 2016).

Die bisherige Forschung zeigt ein eher ernüchterndes Bild: Studierende sind häufig weder fachlich-mathematisch noch auf den im Studium geforderten eigenständigen Umgang mit Herausforderungen vorbereitet. Um diese Probleme zumindest abzumildern, werden auf unterschiedlichen Ebenen Maßnahmen ergriffen, die jeweils einige der genannten Prädiktoren in den Blick nehmen: Vor- und Brückenkurse sollen vor allem das mathematische und physikalische Vorwissen verbessern (Bausch, Biehler & Bruder, 2014), Studierende sollen spezifischer über ihren Lernstand und -fortschritt und über Fördermöglichkeiten informiert werden (Pusch, 2014) und ihnen sollen im Verlaufe des Studiums Ansprechpartner zur (meta-)fachlichen Beratung zur Verfügung stehen (Haak, 2017).

### 3.2 Didaktische Rekonstruktion von Lehrveranstaltungen

Wie auch die schulbezogene interessiert sich die hochschulbezogene physikdidaktische Forschung für die optimal lernwirksame Gestaltung von konkreten Lernumgebungen – vor allem Vorlesungen, Übungen, Seminaren und Experimentierpraktika. Dabei stellt das zu Beginn vorliegende Verständnis des Lernenden vom Lerngegenstand (*Präkonzept*) eine wesentliche Ressource dar, auf die beim Lernen aufgebaut werden muss (Duit & Treagust, 2003).

Ein immer wieder genutztes Forschungsframework bildet hier die *Didaktische Rekonstruktion* (Kattmann et al., 1997). In diesem Rahmen werden Lerninhalte aus den Perspektiven der Fachwissenschaft einerseits und der Vorstellungen der Lernenden andererseits

analysiert. Zur Analyse der Fachperspektive gehört dabei die Identifikation von *Elementaria*, also für das fachliche Verständnis zentrale Merkmale des Gegenstandes, die mit hermeneutischen und auch wissenschaftshistorischen Methoden gewonnen werden (Duit, 1991). Zur Erfassung der Lernerperspektive werden empirische Vorstellungsuntersuchungen durchgeführt und ausgewertet, wie z. B. das *Force Concept Inventory*, ein Testinstrument, das auch in Hochschulsettings zur Diagnose von Vorstellungen zum Kraftbegriff genutzt wird (Härtig, 2014).

Diese beiden „gleichwertig“ eingehenden Perspektiven führen dann zur didaktischen Strukturierung eines Lernweges. Dieser muss einerseits sinnvoll mit den gefundenen Vorstellungen umgehen, andererseits aber zum Aufbau fachlich richtigen konzeptuellen Verständnisses führen. Für die Hochschule sind mittlerweile einige didaktische (Neu-)Strukturierungen klassischer Themen der universitären Physik (z. B. die Quantenphysik, Bronner, 2010; Müller & Wiesner, 2002; des Messfehlers, Heinicke, 2012) oder von Inhalten der Lehrerbildung (z. B. Kontextorientierung, Nawrath, 2010) hervorgegangen, auch als Fortführungen von Schulkonzepten in die Universität (z. B. der *Karlsruher Physikkurs*, Herrmann, 2015). Häufiger Gegenstand einer didaktischen Rekonstruktion stellen auch physikalische Experimentierpraktika dar (z. B. Neumann, 2004; Theyßen, 1999). Diese für die Physik charakteristische Lehrveranstaltung hat zwar eine lange Tradition (z. B. Westphal, 1938), steht aber seit Längerem in der Kritik: Das vielfach geforderte einfache Abarbeiten vorgegebener Experimentieranleitungen ist vor dem Hintergrund lerntheoretischer Erwägungen nicht mehr angemessen (Haller, 1999).

Ein weiterer Aspekt, der bei der Gestaltung von Lehrveranstaltungen häufig verändert wird, sind die eingesetzten Medien. Für die genannten Praktika stellt das Realexperiment das klassische Medium dar; aktuelle Forschungsansätze prüfen den teilweisen Ersatz durch Simulationen oder multimediale Lernumgebungen (Nagel, 2009; Zastrow, 2001), um den durch die reale Experimentierumgebung hervorgerufenen anfänglichen *Cognitive Load* zu reduzieren (Girwidz, 2004).

Eine solche neu- oder umstrukturierte Lehrveranstaltung muss jeweils auf ihre Lernwirksamkeit hin überprüft werden. Dabei werden häufig Prä-Post-Designs eingesetzt. Die Studierenden werden also sowohl vor als auch nach Teilnahme an der Lehrveranstaltung auf ihr konzeptuelles Verständnis getestet; die Differenz im Testwert wird dann auf die Lehrveranstaltung zurückgeführt. Besser interpretierbar (aber im „laufenden Betrieb“ schwieriger umzusetzen) sind Kontrollgruppendesigns, bei dem diese an einer Lehrveranstaltung traditioneller Art teilnimmt, so dass beiden Veranstaltungsformen verglichen werden können.

Der Test selbst geschieht in einfachen Fällen (also bei deklarativen Kenntnissen) in schriftlicher Form. Insbesondere bei den diskutierten Experimentierpraktika lässt sich das Ergebnis eines schriftlichen Tests allerdings nicht valide als Maß für die Fähigkeit zum Experimentieren selbst (sondern nur z. B. für die Kenntnis zugrundeliegender Prinzipien, Rechenverfahren o. ä.) interpretieren. Daher werden hier immer häufiger entweder Testverfahren in simulierten Experimentierumgebungen oder Videoanalysen der durchgeführten Handlung eingesetzt (ausführliche Diskussion bei Schreiber, 2012).

Nach erfolgter Analyse sieht das Modell der *didaktischen Rekonstruktion* eine Überarbeitung und weitere Verbesserung der Lehrveranstaltung auf der Grundlage der Evaluati-

on vor, so dass sich mehrere Zyklen ergeben (ähnlich einem *design based research*, Reinmann, 2005), allerdings wird in der Praxis selten mehr als ein Zyklus durchgeführt. Gründe dafür sind einerseits kurze Projektlaufzeiten und andererseits, dass universitäre Lehrveranstaltungen nicht problemlos alle ein bis zwei Semester verändert werden können.

### 3.3 Standardsetzung und Kompetenzforschung

Wie der schulische Physikunterricht verfolgt auch die universitäre Physikausbildung ein (häufig nur implizit formuliertes) fachliches Bildungs- und Lernziel. Während solche Zielsetzungen für die Schule im Rahmen von Lehrplänen und Bildungsstandards festgelegt sind, werden sie für die Hochschulausbildung lokal auf Ebene von Studienordnungen festgelegt. Diese wiederum orientieren sich mehr oder weniger stark an Vorgaben der Kultusministerkonferenz (für das Lehramt z. B. KMK, 2008) oder Empfehlungen der Konferenz der Fachbereiche Physik (für das Fachstudium z. B. KFP, 2005). Diese Situation stellt eine gewisse Unbestimmtheit dar, wenn es um eine Evaluation von Studiengängen insgesamt geht.

Das in der hochschulbezogenen Physikdidaktik mittlerweile üblich gewordene Verfahren sieht daher einen Dreischritt vor: (1) Analyse des jeweiligen Zielberufes und Formulierung eines Kompetenzmodells, (2) Entwicklung eines Testinstrumentes, (3) empirische Erhebung und Analyse des Kompetenzstandes bzw. der Kompetenzentwicklung.

Bei der Analyse des Zielberufes liegen bisher vor allem Arbeiten zur Lehrerbildung vor. Konzeptionell wird hier auf dem Kompetenzbegriff von Weinert (2001) aufgebaut:

„[Kompetenz meint die] bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen, motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Weinert, 2001, S. 27)

Für Lehrkräfte wurde dieser Kompetenzbegriff paradigmatisch in der Mathematikdidaktik ausdifferenziert (Baumert & Kunter, 2006): Er umfasst *motivationale Orientierungen, Überzeugungen / Werthaltungen / Ziele*, die Fähigkeit zur *Selbstregulation* und das *Professionswissen*. Letzteres, also jenes Wissen, welches für die Profession der Lehrkraft charakteristisch ist und kanonisch an der Hochschule vermittelt wird (Bromme, 1992, S. 38), wird weiterhin gegliedert in das *Fachwissen*, *fachdidaktisches Wissen* und *pädagogisch-psychologisches Wissen* – eine Untergliederung, die sich so auch in typischen Lehramtsstudiengängen findet und sich theoretisch auf die Analyse von Shulman (1986) bezieht. Dieses Kompetenzmodell wurde vielfach für die Physik auf Hochschulebene adaptiert (z. B. Riese, 2009; Kröger, Euler, Neumann, Härtig, Petersen, 2012; und in Ausschnitten von Gramzow, 2015; Woitkowski, 2015; Kirschner, 2013). Die jeweiligen Modelle unterscheiden sich häufig nur durch die konkrete Auswahl fachlicher und fachdidaktischer Inhalte (z. B. Beschränkung auf den Inhaltsbereich *Mechanik*) und deren weitere Strukturierung.

Für den Zielberuf „Fachphysiker/in“ liegt bisher nur ein Kompetenzmodell vor (Woitkowski, 2015), welches konzeptionell und begrifflich Anschluss an die Modelle für Lehrkräfte sucht. Dabei zeigen sich konkrete Gemeinsamkeiten vor allem dort, wo Lehramts- und Fach-Studierende an Hochschulen gemeinsame Lehrveranstaltungen besuchen (d. h.

v. a. im Fachwissen) und klare Unterschiede mit Blick auf den Zielberuf (der für Fach-Studierende wesentlich unspezifischer erscheint als für Lehrämter).

Wird nun das Ziel verfolgt, den Erwerb der im Modell formulierten Kompetenz empirisch zu erheben, muss im nächsten Schritt das Kompetenzmodell in Form eines Testinstrumentes operationalisiert werden. Für viele Facetten wie z. B. *Motivationale Orientierungen* oder *Werthaltungen* werden dabei Selbsteinschätzungsskalen verwendet. Die genannten Projekte nutzen dabei meist bereits erprobte Skalen aus der psychologischen Forschung (z. B. Lang & Fries, 2006; Fraser 1981). Deutlich schwieriger ist dagegen die Erfassung von Wissens- oder Könnensfacetten: Hier werden Selbsteinschätzungsskalen als wenig valide angesehen, da Personen ihre eigene Leistung häufig nur verzerrt einschätzen können (z. B. Kunter & Klusmann, 2010). Es ist also notwendig, Wissen mittels Aufgaben zu erfassen, zu deren richtiger Lösung dieses Wissen erfolgreich angewandt werden muss – was wiederum die Problematik aufwirft, wie festgestellt werden kann, welches Wissen zur Lösung welcher Aufgabe herangezogen werden kann / muss.

Um die Validität eines Testinstrumentes – das zu erfassen, was es nominell erfassen soll – abzusichern, werden in der Fachdidaktik verschiedene Techniken angewandt: Häufig werden Expertenbefragungen durchgeführt, die neben der Verortung der Aufgabe im Kompetenzmodell auch ihre Verständlichkeit, Korrektheit und Passung zum Studiengang absichern sollen (z. B. Riese, 2009). Dies erscheint besonders dort sinnvoll, wo wie im physikalischen Fachwissen ein stabiler Wissenskanon besteht. Bei der Erhebung fachdidaktischen Wissens, wo wesentlich weniger Konsens über einen solchen Kanon besteht, werden häufig noch weitere Techniken genutzt. So führt Gramzow (2015) neben einer Expertenbefragung auch eine Studie mit der Methode des *Lauten Denkens* durch, bei der die Probanden ihre Gedanken bei der Aufgabenbearbeitung laut artikulieren sollen, so dass anschließend analysiert werden kann, welche Wissensfacetten genutzt wurden. Jüttner und Neuhaus (2012) gehen andersherum schon bei der Aufgabenkonstruktion von realen Anforderungen im Lehrberuf aus.

Die Erhebung des Kompetenzstandes mit den entwickelten Testinstrumenten erfolgt dann häufig als Querschnitt (also Probanden verschiedener Fachsemester zum selben Zeitpunkt), so dass lediglich Aussagen über den aktuellen Status Quo gemacht werden können. So zeigen Riese und Reinhold (2012), dass die Beherrschung fachlichen Wissens als notwendige, nicht jedoch hinreichende Voraussetzung für den Erwerb fachdidaktischen Wissens erscheint, was zu Implikationen für die Gestaltung von Lehramts-Studiengängen führt. Häufig werden solche Querschnitte auch quasi-längsschnittlich interpretiert (also als Aufnahme eines Entwicklungsverlaufes über die abgebildeten Studienphasen). So findet Woitkowski (2015) eine unterschiedliche Entwicklung verschiedener Fachwissenstypen zwischen Lehramts- und Fach-Studierenden. Echte Längsschnitte finden sich (auch aufgrund des großen Zeitaufwandes) nur selten.

### 3.4 Erwerb von Handlungskompetenz

Die Forschungsrichtung zur Kompetenzmodellierung lässt eine zentrale Frage offen: Ist jemand, der in den genannten (schriftlichen) Tests gut abschneidet, auch eine bzw. ein fähiger Physiker/in bzw. eine fähige Physiklehrkraft? Anders formuliert: Können solche

Tests eine erfolgreiche Forschungs- oder Lehrtätigkeit in der späteren beruflichen Laufbahn korrekt vorhersagen?

Vogelsang und Reinhold (2013) argumentieren, dass insgesamt keine allgemein akzeptierte Theorie besteht, die Wissen, wie es schriftliche Tests erfassen können, als *direkt handlungsrelevant* ausweist. Im einfachsten Falle erscheint eine Transformation des Wissens in eine Handlungsressource anderer Art (z. B. ein Handlungsskript) notwendig. Im anderen Extrem sind Wissen und Handeln als strukturell völlig unterschiedliche Konstrukte gar nicht direkt verbunden. Bezüglich der Lehrerbildungsforschung konnten Vogelsang (2014) und Cauet (2016) unabhängig voneinander für (angehende) Physiklehrkräfte zeigen, dass hohe Testwerte weder gute Unterrichtsqualität noch hohe Lernzuwächsen auf Lernendenseite implizieren. Diese Befunde können sowohl die Art der aktuellen Hochschulausbildung als auch die Forschungslinie der Kompetenzmodellierung und -messung insgesamt in Frage stellen.

Zur weiteren Aufklärung werden daher in der fachdidaktischen Forschung Teilausschnitte des Lehrerhandelns betrachtet, um festzustellen, welche davon in der Hochschule erlernt werden und welche nicht. Gemeinsames Vorgehen ist dabei jeweils, dass zunächst Qualitätskriterien für die jeweilige Handlung (z. B. auf Basis der Forschung zur Unterrichtsqualität) erarbeitet werden. Anschließend wird die Handlung in einer vorbereiteten und ggf. gezielt strukturierten Handlungssituation vom Probanden durchgeführt und videografiert. Diese Aufnahmen werden dann vor dem Hintergrund der zuvor festgelegten Qualitätskriterien analysiert.

Je nach Forschungsinteresse werden in diesen Arbeiten Settings gewählt, die mehr oder weniger stark von „echtem“ Unterricht abstrahieren. So verwenden Korneck, Oettinghaus, Kunter und Redinger (2016) sogenannten komplexitätsreduzierten Unterricht (kürzere Dauer, weniger Schüler, Konzentration auf einen konkreten fachlichen Inhalt), in denen sich Wissen, Vorstellungen und Orientierungen Lehramtsstudierender hypothetisch stärker auswirken als in Unterricht unter Realbedingungen.

Weiter von realem Unterricht abstrahiert Rath (2017), wo Studierende anhand des Videos einer Schülergruppe bei Aufgabenlösungen eine fachliche Diagnose ausführen müssen, die anschließend in einem Interviewsetting erfasst wird. Die Studierenden sollten hier in der Lage sein, die Präkonzepte der Lernenden korrekt, differenziert und begründet zu diagnostizieren sowie theoriegeleitete Vorschläge zum weiteren Unterricht zu machen.

Ähnlich reduziert stellt sich das Erklärscenario bei Kulgemeyer und Tomczyszyn (2015) dar, bei dem jeweils ein/e Proband/in einer/einem „Schüler/in“ in einer Rollenspielsituation einen fachlichen Sachverhalt erklären muss, diese/r „Schüler/in“ allerdings immer wieder Wechsel der Erklär- und Darstellungsebene verlangt, um so eine anspruchsvolle Situation zu schaffen. Die Erklärqualität wird dabei an Kriterien gemessen, die aus einer konstruktivistischen Kommunikationstheorie abgeleitet sind.

Eine zentrale Herausforderung dieser eher qualitativ ausgerichteten Erhebungsmethoden besteht im Unterschied zwischen Oberflächen- und Tiefenstruktur des videografierten Geschehens: Die Oberflächenstruktur bezeichnet Aspekte, die zwar einfach und objektiv zu erfassen sind (z. B. Wie viele Vorstellungen hat die/der Proband/in identifiziert?), für sich genommen allerdings wenig belastbare Hinweise für die Handlungsquali-

tät liefern. Diese finden sich eher in der Tiefenstruktur (Konnten die Schüler dem roten Faden des Unterrichts folgen?), die wiederum nur hoch-inferent identifiziert werden können (Brückmann & Duit, 2014).

### 3 Diskussion & Fazit

Basierend auf ihrem Selbstverständnis hat die Physikdidaktik sowohl auf der Ebene theoretischer Modelle als auch der empirischen Analysen physikspezifische Lehr-Lern-Prozesse auch in Hochschulen betrachtet. Sie weist in beiden Bereichen Überschneidungen bzw. gemeinsam geteilte Problemstellungen zur Hochschuldidaktik auf. Ein weiterer Anknüpfungspunkt liegt in der prägenden Kombination von Forschung (Analyse von Lehr-Lern-Prozessen) und Entwicklung (Gestaltung von Praxis) (Parchmann, 2013). Gerade diese Doppelperspektive auf Lehren und Lernen in der Hochschule kann ein Ausgangspunkt von Kooperationen sein. Beide Disziplinen sind nicht zuletzt bezogen auf die genutzten Forschungsmethoden anschlussfähig.

Aus Sicht der Physikdidaktik können allerdings vier primäre Bereiche benannt werden, in denen theoretische Modelle und Designs physikdidaktischer Forschungen Impulse für die hochschuldidaktische Forschung geben können.

#### (1) Einbezug von Erkenntnissen der schulischen Lehr-Lern-Forschung

Schon auf theoretischer Ebene bestehen viele Ähnlichkeiten von Modellierungen von Lehr-Lern-Prozessen der Hochschuldidaktik und der Allgemeinen Didaktik. Gleiches gilt für die aus der Forschung erwachsenen Prinzipien zur Gestaltung von Lehre oder für Analysen zu Voraussetzungen und Kompetenzen von Lehrenden. Es ist daher aus Sicht der Physikdidaktik verwunderlich, weshalb auf Erkenntnisse der Lehr-Lern-Forschung im Schulbereich in hochschuldidaktischen Arbeiten so selten Bezug genommen wird. Ein Gegenbeispiel wäre das Projekt von Wegner & Nückles (2011), in der die soziologisch geprägten Professionsanalysen Lehrender in Schulen in fruchtbarer Weise als theoretische Basis zur Wirkungsanalyse einer hochschuldidaktischen Weiterbildung einbezogen werden. Auch das Konzept der Lehrqualität (Metz-Göckel, Kamphans & Scholkmann, 2012) ist grundsätzlich in vielen Bereichen sehr ähnlich zum Konzept der Unterrichtsqualität (Helmke, 2009).

#### (2) Reflexion von Zielen der Hochschullehre

Natürlich werden Ziele der Hochschullehre in hochschuldidaktischen Forschungen modelliert und ihr Erreichen überprüft. Sie werden allerdings seltener in Bezug zu übergeordneten Kategorien gesetzt. So ist die gesamte deutschsprachige Didaktiktradition stark durch den Bildungsbegriff geprägt, der die Ableitung von fachspezifischen Lernzielen „rahmt“. Eine solche übergeordnete Ordnungskategorie prägt die hochschuldidaktische Forschung allerdings weniger, obwohl mit der Wissenschaftskommunikation als Basisbegriff (Huber, 1999) vergleichbare Reflexionsansätze existieren. Interessanterweise werden Vorteile des Bildungsbegriffs zur Legitimierung und Gestaltung von Hochschullehre eher im anglo-amerikanischen Forschungsraum diskutiert (Beck, Solbrenke, Sutphen & Fremstand, 2015).

### **(3) Reflexion der inhaltlichen Struktur von Fachdisziplinen**

Auch in hochschuldidaktischen Forschungsprojekten werden Unterschiede von Lehre in verschiedenen Fachdisziplinen betrachtet. Allerdings wird bisher selten vertieft analysiert, wie der fachliche Wissenskorporus einer Disziplin strukturiert ist und wie diese Strukturierung auf die Struktur von Lehrveranstaltungen „zurückwirkt“. Solche Analysen für die Physik sind ein Kernbereich physikdidaktischer Forschung und zugleich anschlussfähig an Argumentationen zur Legitimation der Hochschuldidaktik als Wissenschaftsdidaktik, da in jeglicher Formulierung von wissenschaftlichem Wissen für einen externen Adressaten ein didaktisches Moment enthalten ist. So formuliert Wolze (1989) mit Rekurs auf Blankertz (1973):

„Didaktik tritt nicht erst im Nachhinein zu fertigem naturwissenschaftlichem Wissen hinzu, sondern ist Implikament des Prozesses der Erzeugung, Organisation und Vermittlung von gesellschaftlichem Wissen allgemein sowie naturwissenschaftlichem Wissen speziell und hat Einfluss auf dessen Struktur.“ (Wolze, 1989, 11f.)

### **(4) Adaption methodischer Formate fachdidaktischer Lehr-Lern-Forschung**

In physikdidaktischen Forschungsprojekten wurde angelehnt an ihre Bezugsdisziplinen wie z.B. der Psychologie ein konkretisiertes methodisches Knowhow zur Erforschung von physikspezifischen Lehr-Lern-Prozessen formuliert. Hochschuldidaktische Forschungsprojekte nutzen eine vergleichbare methodische Spezialisierung für Forschungsgegenstände der Hochschullehre derzeit weniger. Beispielsweise werden die Möglichkeiten der Videografie kaum ausgeschöpft (z. B. Seidel & Hoppert, 2011). Eine Anlehnung an Designs physikdidaktischer Forschung könnte daher einen möglichen Beitrag zur Erhöhung der „[...] empirisch-methodischen Qualität der vorliegenden Untersuchungen [der Hochschuldidaktik],“ (dghd, 2016, S. 15) leisten.

In welcher Weise kann die Hochschuldidaktik zur Weiterentwicklung physikdidaktischer Forschungen in der Hochschule beitragen? Hier bestehen z. B. noch „blinde Flecken“ in der Analyse des Unterschieds zwischen hochschulischen und schulischen Lehr-Lern-Prozessen oder der Betrachtung des Studiums als übergreifender Sozialisationsprozess. Eine Stärke der hochschuldidaktischen Forschung liegt zudem in der disziplinübergreifenden Untersuchung von organisationalen Rahmenbedingungen und ihrer Wirkungen auf Studierende und Lehrende. Auch die Ergebnisse von Forschungen zu Weiterbildungen von Lehrenden können zur Gestaltung der Fortbildung von in Schulen tätigen Lehrkräften eine Basis bilden. Zudem wären Modelle, die das Lernen in der Domäne Physik in ein übergeordnetes Zielverständnis der Ausbildungsinstitution Hochschule einbetten, ein sinnvoller und bisher fehlender Bezugsrahmen. Die in diesem Artikel dargestellten Herangehensweisen der Physikdidaktik zur Analyse von Hochschullehre bieten dabei genügend Anknüpfungspunkte, „[...] um in den hochschuldidaktischen Diskurs ein[zu]münden“ (Wildt, 2011, 31).



## Literatur

- Albrecht, A. (2011). *Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik*. Freie Universität Berlin. Berlin. URL: [www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS\\_derivate\\_00000010456/Dissertation\\_Druckversion\\_Andre\\_Albrecht\\_UB.pdf](http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_00000010456/Dissertation_Druckversion_Andre_Albrecht_UB.pdf) (Abruf 29.09.2016).
- Arnold, K-H. & Roßa, E. (2011). Das Verhältnis von Allgemeiner Didaktik und Fachdidaktik. In S. Rahm & C. Nerowski (Hrsg.): *Enzyklopädie Erziehungswissenschaft Online (Fachgebiet: Schulpädagogik)*. DOI 10.3262/EE09110165.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Bausch, I., Biehler, R. & Bruder, R. (Hrsg.). (2014). *Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte, Probleme und Perspektiven* (Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Beck, E.E., Solbrekke, T.D., Sutphen, M. & Fremstad, E. (2015). When mere knowledge is not enough: the potential of bildung as self-determination, co-determination and solidarity. *Higher Education Research & Development*, 34(3), 445-457.
- Biggs, J. & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University*. New York: McGraw Hill.
- Binder, T., Schmiemann, P., Theyßen, H., Sandmann, A. & Sures, B. (2016). Fachspezifisches Vorwissen und Studienerfolg in Biologie und Physik. In C. Maurer (Hrsg.). *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 395–397). Kiel: IPN.
- Blankertz, H. (1973). Die fachdidaktisch orientierte Curriculumforschung und die Entwicklung von Strukturgittern. In Blankertz, H. (Hrsg.). *Fachdidaktische Curriculumforschung – Strukturansätze für Geschichte, Deutsch, Biologie* (S. 9–27). Essen: Neue Deutsche Schule.
- Bosse, E. & Trautwein, C. (2014). Individuelle und institutionelle Herausforderungen der Studieneingangsphase. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 9(5), 41–62.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Göttingen: Hans Huber.
- Bronner, P. (2010). *Quantenoptische Experimente als Grundlage eines Curriculums zur Quantenphysik des Photons*. Berlin: Logos.
- Brückmann, M. & Duit, R. (2014). Videobasierte Analyseunterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 189-201). Berlin: Springer.
- Buchberger, F. & Buchberger, I. (1999): Didaktik/Fachdidaktik as integrative transformation science(-s) – a science/sciences of/for the teaching profession? In B. Hudson, F. Buchberger, P. Kansanen & H. Seel (Hrsg.). *Didaktik/Fachdidaktik as Science(-s) of the Teaching Profession?* TNTee Publications. URL: [tntee.umu.se/publications/publication2\\_1.html](http://tntee.umu.se/publications/publication2_1.html) (Abruf 29.09.2016)
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.
- Cauet, E. (2016). *Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*. Berlin: Logos.
- Dghd, Deutsche Gesellschaft für Hochschuldidaktik (Hrsg.) (2016). *Positionspapier 2020 zum Stand zur Entwicklung der Hochschuldidaktik*. URL: [www.dghd.de/positionspapier.html](http://www.dghd.de/positionspapier.html) (Abruf am 29.09.2016).
- Duit, R. (1991). Zur Elementarisierung des Energiebegriffs. *Naturwissenschaften im Unterricht/Physik*, 2 (6), 12-19.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education* 25(6), 671–688.

- Fraser, B. J. (1981). *TOSRA Test of Science-Related Attitudes Handbook*. Hawthorn, Victoria, Australia: Australian Council for Educational Research.
- Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie*. Berlin: Logos.
- Girwidz, R. (2004). Lerntheoretische Konzepte für Multimediaanwendungen zur Physik. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 3 (1), 9-19.
- Gramzow, Y. (2015). *Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion*. Berlin: Logos.
- Haak, I. (2017). *Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase: Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff*. Berlin: Logos.
- Haller, K. (1999). *Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum*. Berlin: Logos.
- Härtig, H. (2014). Der Force Concept Inventory Vergleich einer offenen und einer geschlossenen Version. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 13 (1), 53-61.
- Heimann, P., Otto, G. & Schulz, W. (1962). *Unterricht: Analyse und Planung*. Hannover: Schroedel.
- Heinicke, S. (2012). *Aus Fehlern wird man klug. Eine genetisch-didaktische Rekonstruktion des "Messfehlers"*. Berlin: Logos.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität - Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. (1. Aufl.) Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.
- Herrmann, F. (2015). *Der Karlsruher Physikkurs: Elektrodynamik. Hochschulschriften*. Karlsruhe: Universität Karlsruhe.
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2014). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2012*. Hannover: DZHW.
- Huber, L. (1999). An- und Aussichten der Hochschuldidaktik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45(1), 25-44.
- Jüttner, M. & Neuhaus, B. J. (2012). Development of Items for a Pedagogical Content Knowledge Test Based on Empirical Analysis of Pupils' Errors. *International Journal of Science Education*, 34 (7), 1125-1143.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3-18.
- KFP, Konferenz der Fachbereiche Physik. (2005). *Empfehlungen der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) zu Bachelor- und Master-Studiengängen in Physik*. Bad Honnef: KFP.
- Kirschner, S. (2013). *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Klafki, W. (1963). *Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. Weinheim: Beltz.
- KMK, Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Bonn.
- Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Redinger, R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen. Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.). *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (S. 174-197). Weinheim: Beltz Juventa.
- Kröger, J., Euler, M., Neumann, K., Härtig, H. & Petersen, S. (2012). Messung Professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.). *Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2011* (S. 616-618). Münster: Lit.

- Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären. Messung der Erklärens-fähigkeit ange-  
hender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. *Zeitschrift für Didaktik der  
Naturwissenschaften*, 21, 111-126.
- Kunter, M. & Klusmann, U. (2010). Kompetenzmessung bei Lehrkräften – Methodische Herausfor-  
derungen. *Unterrichtswissenschaft – Zeitschrift für Lernforschung*, 38 (1), 68-86.
- KVFF, Konferenz der Vorsitzenden Fachdidaktischer Fachgesellschaften (Hrsg.) (1998). *Fachdidak-  
tik in Forschung und Lehre*. Kiel: IPN.
- Lawson, A. E., Abraham, M. R. & Renner, J. W. (1989). *A theory of instruction: Using the learning  
cycle to teach science concepts and thinking skills*. Cincinnati: NARST
- Lang, J. W. B. & Fries, S. (2006). A Revised 10-Item Version of the Achievement Motives Scale.  
Psychometric Properties in German-Speaking Sampels. *European Journal of Psychological As-  
sessment*, 22(3), 216-224.
- Lübeck, D. (2010). Wird fachspezifisch unterschiedlich gelehrt? – Empirische Befunde zu hochschu-  
lischen Lehransätzen in verschiedenen Fachdisziplinen. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*,  
5(2), 7-24.
- Meinhard, C., Krey, O. & Rabe, T. (2013). Studienwahlmotive angehender Physiklehrkräfte. Qualita-  
tiv inhaltsanalytische Auswertung einer offenen, retrospektiven Befragung. *Physik und Didak-  
tik in Schule und Hochschule*, 12 (1), 18-35.
- Metz-Göckel, S., Kamphans, M. & Scholkmann, A. (2012). Hochschuldidaktische Forschung zur  
Lehrqualität und Lernwirksamkeit – Ein Rückblick, Überblick und Ausblick. *Zeitschrift für Erzie-  
hungswissenschaft*, 15, 213-232.
- Müller, R. & Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level. *American  
Journal of Physics*, 70 (3), 200.
- Nagel, C. (2009). *eLearning im physikalischen Anfängerpraktikum*. Berlin: Logos.
- Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den  
Physikunterricht* (Beiträge zur didaktischen Rekonstruktion, Bd. 29). Oldenburg: BIS.
- Neumann, I., Sorge, S., Jeschke, C., Heinze, A. & Neumann, K. (2016). Zur Academic Buoyancy von  
Physikstudierenden. In C. Maurer (Hrsg.). *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidak-  
tik* (S. 86-88). Kiel: IPN.
- Neumann, K. (2004). *Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker*. Ber-  
lin: Logos.
- Parchmann, I. (2013). Wissenschaft Fachdidaktik – eine besondere Herausforderung. *Beiträge zur  
Lehrerbildung*, 31(1), 31-41.
- Prediger, S. & Link, M. (2012). Die fachdidaktische Entwicklungsforschung – Ein Lernprozess-  
fokussierendes Forschungsprogramm mit Verschränkung fachdidaktischer Arbeitsbereiche. In  
H. Bayrhuber et al. (Hrsg.). *Formate fachdidaktischer Forschung: Empirische Projekte – histori-  
sche Analysen – theoretische Grundlegungen* (S. 29-45). Münster: Waxmann.
- Pusch, A. (2014). *Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehr-  
amtsstudierenden der Physik*. Berlin: Logos.
- Rath, V. (2017). *Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften: Modellierung, Testin-  
strumententwicklung und Erhebung der diagnostischen Performanz bei der Diagnose von Schü-  
lervorstellungen in der Mechanik*. Berlin: Logos.
- Reinhold, P. (2004). Fachdidaktische Ausbildung. In S. Blömeke, P. Reinhold, G. Tulodziecki & J.  
Wildt (Hrsg.). *Handbuch Lehrerbildung* (S. 410-431). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? – Ein Plädoyer für den Design-Based-Research-  
Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52-69.
- Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden)  
Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.

- Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15 (1), 111-143.
- Schecker, H., Parchmann, I., Krüger, D. (2014). Formate und Methoden naturwissenschaftsdidaktischer Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker, H. (Hrsg.). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 1-15). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Schild, N., Rehfeld, D. & Nordmeier, V. (2016). Nicht-kognitive Prädiktoren für den Studienerfolg im Lehramt und im Fach Physik. In C. Maurer (Hrsg.). *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik* (S. 80-82). Kiel: IPN.
- Schreiber, N. (2012). *Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*. Berlin: Logos.
- Seidel, T. & Hoppert, A. (2011). Merkmale von Lehre an der Hochschule – Ergebnisse zur Gestaltung von Hochschulseminaren mittels Videoanalysen. *Unterrichtswissenschaft*, 39(2), S. 154-172.
- Shulman, L. (1986). Those who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Sorge, S., Petersen, S. & Neumann, K. (2016). Die Bedeutung der Studierfähigkeit für den Studienerfolg im 1. Semester in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.
- Theyßen, H. (1999). *Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*. Berlin: Logos.
- Tobias, V. (2010). Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. *Die Wirksamkeit einer Einführung über zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen*. Berlin: Logos.
- Van der Berk, I., Petersen, K., Schultes, K. & Stolz, K. (Hrsg.) (2016). *Studierfähigkeit: Theoretische Erkenntnisse, empirische Befunde und praktische Perspektiven*. Universitätskolleg-Schriften: Bd. 15. Hamburg: Universität Hamburg.
- Vogelsang, C. (2014). *Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*. Berlin: Logos.
- Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2013). Zur Handlungsvalidität von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 103-128.
- Wegner, E. & Nückles, E. (2011). Die Wirkung hochschuldidaktischer Weiterbildung auf den Umgang mit widersprüchlichen Handlungsanforderungen. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 6(3), 171-188.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.). *Leistungsmessungen in Schulen* (2. Aufl., S. 17-32). Weinheim: Beltz.
- Westbury, I., Hopmann, S. & Riquarts, K. (Hrsg.) (2000). *Teaching as a Reflective Practice – The German Didaktik Tradition*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Westphal, W. H. (1938). *Physikalisches Praktikum. Eine Sammlung von Übungsaufgaben für die physikalischen Übungen an Universitäten und Hochschulen aller Gattungen*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Wild, E. & Esdar, W. (2014). *Eine heterogenitätsorientierte Lehr-/Lernkultur für eine Hochschule der Zukunft - Fachgutachten im Auftrag des Projekts nexus der Hochschulrektorenkonferenz*. URL: [www.hrk-nexus.de/material/publikationen/](http://www.hrk-nexus.de/material/publikationen/) (Abruf: 29.09.2016).
- Wildt, J. (2011). Ein Blick zurück – Fachübergreifende und /oder fachbezogene Hochschuldidaktik: (K)eine Alternative? In I. Jahnke & J. Wildt (Hrsg.). *Fachbezogene und fachübergreifende Hochschuldidaktik* (S. 19-34). Bielefeld: Bertelsmann.
- Wildt, J. (2014). Ein hochschuldidaktischer Blick auf Lehren und Lernen – Eine kurze Einführung in die Hochschuldidaktik. In N. Berendt et al. (Hrsg.). *Neues Handbuch Hochschullehre (A1.1)*. URL: [www.nhhl-bibliothek.de](http://www.nhhl-bibliothek.de) (Abruf 29.09.2016).

- Woitkowski, D. (2015). *Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. Konzeptionalisierung, Messung, Niveaubildung*. Berlin: Logos.
- Wolze, W. (1989). *Zur Entwicklung naturwissenschaftlicher Erkenntnissysteme im Lernprozess*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Zastrow, M. U. (2001). *Interaktive Experimentieranleitungen. Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im physikalischen Praktikum*. Berlin: Logos.

### Autoren

Dr. Christoph Vogelsang. Universität Paderborn. Didaktik der Physik, Paderborn, Deutschland; Email: christoph.vogelsang@upb.de

Dr. David Woitkowski. Universität Paderborn, Didaktik der Physik, Paderborn, Deutschland; Email: david.woitkowski@upb.de



Zitiervorschlag: Vogelsang, C. & Woitkowski, D. (2017). *Physikdidaktische Forschung in der Hochschule. Eine Übersicht über Forschungsdesigns und -methoden*. *die hochschullehre*, Jahrgang 3/2017, online unter [www.hochschullehre.org](http://www.hochschullehre.org)