

Woehlecke, Sandra; Massolt, Joost; Goral, Johanna; Hassan-Yavu, Safya; Seider, Jessica; Borowski, Andreas; Fenn, Monika; Kortenkamp, Ulrich; Glowinski, Ingrid

Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung im universitären Lehramtsstudium

Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 35 (2017) 3, S. 413-426



Quellenangabe/ Reference:

Woehlecke, Sandra; Massolt, Joost; Goral, Johanna; Hassan-Yavu, Safya; Seider, Jessica; Borowski, Andreas; Fenn, Monika; Kortenkamp, Ulrich; Glowinski, Ingrid: Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung im universitären Lehramtsstudium - In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 35 (2017) 3, S. 413-426 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-169915 - DOI: 10.25656/01:16991

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-169915>

<https://doi.org/10.25656/01:16991>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.bzl-online.ch>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung im universitären Lehramtsstudium

Sandra Woehlecke*, Joost Massolt*, Johanna Goral, Safyah Hassan-Yavuz, Jessica Seider †, Andreas Borowski, Monika Fenn, Ulrich Kortenkamp und Ingrid Glowinski

Zusammenfassung Basierend auf theoretischen Vorarbeiten und Definitionsansätzen zum Professionswissen von (angehenden) Lehrkräften wird im Beitrag eine fachübergreifende Konzeptualisierung und Operationalisierung des berufsspezifischen Fachwissens vorgestellt: Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext beschreibt konzeptuelles Wissen und Fähigkeiten, welche zum tieferen Verständnis schulrelevanter Inhalte nötig sind. Es meint ein (Meta-)Wissen auf der Basis von universitärem Wissen, das dessen fachliche Anwendung und Bedeutung im Kontext von Schulwissen betrifft. Zudem werden zwei Vorschläge für Lerngelegenheiten zum Erwerb des erweiterten Fachwissens im universitären Lehramtsstudium dargestellt.

Schlagwörter Professionswissen – Fachwissen – erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext – Lehramtsstudium

The cross-disciplinary construct of school-related content knowledge and its application in initial teacher education

Abstract Based on theoretical groundwork and definitions concerning the professional knowledge of (prospective) teachers, we present a cross-disciplinary approach to conceptualizing and operationalizing teaching-specific content knowledge. So-called school-related content knowledge consists of conceptual knowledge and skills that are necessary for a thorough understanding of contents relevant to school teaching. It refers to meta-knowledge that rests on academic knowledge and both its application and meaning as regards the knowledge to be imparted at school. Furthermore, we outline two suggestions for creating learning opportunities for acquiring school-related content knowledge in teacher preparation programs.

Keywords professional knowledge – content knowledge – school-related content knowledge – initial teacher education

* Die Autorin und der Autor haben im Sinne einer geteilten Erstautorenschaft gleichermassen zur Entstehung des Manuskripts beigetragen.

1 Einleitung

Es steht ausser Frage, dass für einen sach- und fachgerechten Unterricht ein «fundiertes und anschlussfähiges» Fachwissen obligatorisch ist (Kultusministerkonferenz, 2008, S. 19). Eine Herausforderung stellt sich jedoch bei der fachspezifischen Ausdifferenzierung dieses fachwissenschaftlichen Wissens und bei der Konzeption entsprechender Lerngelegenheiten innerhalb des Studiums angehender Lehrkräfte. Bereits Klein (1908) beschrieb mit dem Begriff «Doppelte Diskontinuität» die von Lehramtsstudierenden wahrgenommenen Brüche hinsichtlich der Inhalte und Ziele der Mathematik sowohl beim Übergang von der Schule zur Universität als auch beim Übergang von der Universität zur Schule als Lehrkraft. Es ist jedoch ungeklärt, ob sich diese Problematik auf andere Fächer übertragen lässt (Deng, 2007). Auch Bromme (1994) nimmt eine unterschiedliche Logik von Schulfach und zugehöriger Disziplin an.

Das fachwissenschaftliche universitäre Studium der Lehramtsstudierenden in Deutschland ist geprägt von einer Ausrichtung an der entsprechenden akademischen Disziplin. An vielen Hochschulen studieren angehende (Gymnasial-)Lehrkräfte, zumindest im fachwissenschaftlichen Studium, gemeinsam mit Fachstudierenden. Fachliche Lehrveranstaltungen, die ausschliesslich für Lehramtsstudierende konzipiert sind, sind eher selten (Centrum für Hochschulentwicklung, 2016). Diese Situation kann auf kapazitären Gegebenheiten der Universitäten beruhen, aber auch auf der Überzeugung, dass sich die fachwissenschaftliche Ausbildung der Lehramtsstudierenden eng an derjenigen der zukünftigen Fachwissenschaftlerinnen und Fachwissenschaftler orientieren sollte (z.B. Grossmann, 2002). Aufgrund der Neustrukturierung des Lehramtsstudiums an vielen deutschen Universitäten, u.a. zugunsten der Qualifizierung im inklusionspädagogischen Bereich, stehen im Allgemeinen weniger Leistungspunkte für die fachwissenschaftliche Ausbildung zur Verfügung (Centrum für Hochschulentwicklung, 2016). Neben der Frage des Umfangs stellt sich die Frage der sinnvollen Auswahl fachwissenschaftlicher Inhalte für das Lehramtsstudium. An vielen deutschen Universitäten empfindet ein Grossteil der Studierenden die fachwissenschaftliche Ausbildung als überbetont im Vergleich zur fachdidaktischen Ausbildung (AG Studienqualität, 2011; Riese, 2009). Die Studierenden geben zusätzlich eine mangelhafte Vorbereitung auf die Berufspraxis an (Mischau & Blunck, 2006). Dass diese Problematik auch internationale Relevanz aufweist, zeigen Koponen, Asikainen, Viholainen und Hirvonen (2016). Gerade für das fachwissenschaftliche Professionswissen von Lehrkräften kann jedoch angenommen werden, dass die universitären Lerngelegenheiten eine sehr hohe Relevanz haben (Borowski, Kirschner, Liedtke & Fischer, 2011; Kleickmann et al., 2013).

In der Forschung zum Professionswissen von (angehenden) Lehrkräften wird davon ausgegangen, dass sich das Fachwissen in verschiedene Kategorien/Niveaustufen differenzieren lässt (u.a. Ball, Thames & Phelps, 2008; Riese, 2009). Es wurde ein berufsspezifisches Fachwissen für die Physik (Kirschner, 2013; Riese, 2009; Riese et al., 2015; Woitkowski, Riese & Reinhold, 2011) bzw. für die Mathematik (Ball et al., 2008;

Loch, 2015) modelliert, u.a. «vertieftes Schulwissen» oder «Fachwissen im schulischen Kontext» genannt, das als besonders relevant für Lehrkräfte gilt. Im Folgenden wird ausgeführt, wie ein solches berufsspezifisches Fachwissen für Lehrpersonen im Projekt PSI-Potsdam¹ («Professionalisierung – Schulpraktische Studien – Inklusion») fachübergreifend konzipiert werden kann. Theoretische Vorannahmen und normative Setzungen zum Professionswissen von Lehrkräften und Wissensrepräsentationen sind dabei leitend. Zwei Möglichkeiten werden vorgestellt, die aufzeigen, wie das von uns so benannte «erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext» als Grundlage für die Konzeption von fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen und von Fachdidaktik und Fachwissenschaft integrierenden Lehrveranstaltungen fungieren kann.

2 Das Fachwissen von Lehramtsstudierenden

Seit der Mitte der 1980er-Jahre ist bei der Suche nach der «guten» Lehrkraft das Expertenparadigma in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Für das Professionswissen von Lehrkräften hat Shulman (1986, 1987) eine umfassende, theoretisch abgeleitete Taxonomie vorgelegt, die alle Aspekte des Professionswissens von Lehrkräften umfasst und nach Bromme (2008) dem wissenszentrierten Expertiseansatz zugeordnet werden kann. Diese wurden im Kompetenzmodell von COACTIV aufgegriffen und um nicht kognitive Kompetenzaspekte ergänzt (Krauss, 2011). Shulman (1986) grenzte in seiner Taxonomie «content knowledge» bzw. «subject matter knowledge» von «pedagogical content knowledge» und «pedagogical knowledge» ab. Hinsichtlich des fachwissenschaftlichen Wissens der Lehrkräfte unterscheidet Shulman (1986) in Anlehnung an Schwab (1964, 1978) innerhalb des «content knowledge» eine «substantive structure» von einer «syntactic structure». Unter «substantive structure» wird dabei das Wissen über bedeutende Schlüsselaspekte und Konzepte einer Disziplin sowie deren Zusammenhang verstanden (Ball, 1990; Hashweh, 2005), darüber hinaus aber auch der Erklärungsrahmen, der diese Kernthemen organisiert und verbindet (Windschitl, 2004). Mit «syntactic structure» sind hingegen das Wissen hinsichtlich der Methoden und der Evidenzkriterien sowie das Wissen über die Generierung des Wissens innerhalb der Disziplin und die Methoden der Erkenntnisgewinnung in der Disziplin gemeint (Anderson & Clark, 2012; Hodson, 2009). Kurz gefasst können diese beiden Kategorien auch als «Wissen in der Disziplin» bzw. «Wissen über die Disziplin» charakterisiert werden (Ball, 1990). Windschitl (2004) stimmt weitgehend mit der Konzeption von «syntactic knowledge» überein, spricht jedoch von «disciplinary knowledge» und beschreibt darunter z.B. den Aspekt «knowledge of domain-specific methods of investigation». Dabei ist ein Wissen über die Erkenntnisgewinnung in der Disziplin weni-

¹ Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen «Qualitätsoffensive Lehrerbildung» von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1516 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

ger mit einem prozeduralen Wissen gleichzusetzen. Vielmehr werden damit epistemologische Aspekte umschrieben sowie Aspekte, die auch in den Konzepten «Nature of Science» (Lederman, 1992) oder «Nature of History» (Günther-Arndt, 2006) aufgehen. Anderson und Clark (2012) sehen für die Naturwissenschaften eine weitgehende Überschneidung zwischen «Nature of Science» und «syntactic knowledge»; empirisch ist dies jedoch bislang ungeklärt.

Ball et al. (2008) unternahmen ebenfalls eine weitere Spezifizierung des Fachwissens auf der Basis von Shulman (1986) und Schwab (1964, 1978). Sie identifizierten bei ihren Konzeptualisierungen des fachdidaktischen Wissens und bei der Abgrenzung dieses Wissens vom fachwissenschaftlichen Wissen einen Anteil, der eindeutig dem Fachwissen zugerechnet werden kann und gleichzeitig notwendig ist für erfolgreiches Unterrichten. Diese Komponente fachwissenschaftlichen Wissens wird von ihnen als «specialized content knowledge» (SCK) bezeichnet und folgendermassen charakterisiert: «[SCK] is the mathematical knowledge and skill unique to teaching ... [It] involves an uncanny kind of unpacking of mathematics that is not needed – or even desirable – in settings other than teaching» (Ball et al., 2008, S. 400). Hierunter fällt z.B. die Analyse von fachlich falschen Rechenschritten oder die Prüfung der Generalisierbarkeit unüblicher, aber im Einzelfall korrekter Rechenverfahren. Sie grenzen SCK von «common content knowledge» ab. Darunter verstehen die Autorin und die Autoren ein mathematisches Wissen, das der mathematikspezifischen Ausbildung entspricht und über das alle verfügen, die sich mit entsprechenden mathematischen Problemlöseprozessen und mathematischen Sachverhalten beschäftigen.

Hinsichtlich der Operationalisierung des fachwissenschaftlichen Wissens sind in den grösseren nationalen empirischen Studien zur Erhebung des Professionswissens verschiedene Ansätze umgesetzt worden. Die oben dargelegten konzeptuellen Ansätze sind in dieser Differenziertheit allerdings bisher überwiegend nicht berücksichtigt worden. Weitgehend wurde bisher auf «substantive knowledge» fokussiert.

3 Forschungsstand zum berufsspezifischen Teil des Fachwissens von (angehenden) Lehrkräften

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie in bisherigen Studien das Fachwissen von (angehenden) Lehrkräften differenziert und operationalisiert wurde. Grundsätzlich zeigen sich zwei verschiedene Arten bei der Differenzierung: erstens eine Differenzierung nach Niveaustufen bzw. Fachstufen und zweitens eine Differenzierung mit Berücksichtigung einer berufsspezifischen Kategorie, wobei nicht ausschliesslich einer Stufung gefolgt wird.

Eine Ausdifferenzierung des Fachwissens zeigt sich z.B. im Projekt COACTIV (Baumert & Kunter, 2006). Das Fachwissen wird hier in vier Ebenen unterteilt: «1. Mathe-

matisches Alltagswissen ...; 2. Beherrschung des Schulstoffs ...; 3. Tieferes Verständnis der Fachinhalte des Curriculums der Sekundarstufe ...; 4. Reines Universitätswissen ...» (Krauss et al., 2008, S. 237). In der Studie selbst wurde nur auf der dritten Ebene Fachwissen erhoben. In der MT21-Studie (Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2008) ist eine ähnliche Differenzierung zu erkennen. Studien zum Fachwissen von (angehenden) Physiklehrkräften (Riese, 2009; Riese et al., 2015; Woitkowski et al., 2011) differenzieren das Fachwissen in die voneinander abgrenzbaren Niveaustufen «Schulwissen», «vertieftes (Schul-)Wissen» und «universitäres Wissen». Riese (2009, S. 80) beschreibt das vertiefte Wissen u.a. als «vertieftes und vernetztes Wissen in Bezug auf den Schulstoff; Schulphysik von einem höheren Standpunkt aus». Die hier verwendete Binnenstruktur des Fachwissens konnte mit konfirmatorischen Faktorenanalysen bestätigt werden (Riese, 2009). Das rein universitäre Wissen klärt, im Gegensatz zu den zwei anderen Niveaustufen, das fachdidaktische Wissen nur zu einem geringen Teil auf. Es zeigen sich jedoch positive Zusammenhänge zwischen dem universitären Wissen und dem vertieften Schulwissen. Universitäres Wissen ist also nicht irrelevant, aber das Schulwissen und das vertiefte Wissen scheinen für das Handeln im Kontext von Physikunterricht unmittelbar bedeutender zu sein (Riese, 2009). Weil Riese in den Aufgaben zu diesen Niveaustufen keinen steigenden Schwierigkeitsgrad nachweisen konnte, verwenden Woitkowski et al. (2011) statt des Begriffs «Niveaustufen» den Begriff «Fach-Stufen». Das vertiefte Wissen wird hier umschrieben als Wissen, das die Brücke schlägt zwischen Schulwissen und universitärem Wissen. Einige Charakteristika des vertieften Wissens sind beispielsweise «explizite Kombination von Schul- und universitärem Wissen», «Reflexion von Bedeutung, Genese und Verwendung von Begriffen der Schulphysik» oder «Erkennen von Fehlvorstellungen». Im Rahmen des Projekts Profile-P (Riese et al., 2015) wird das vertiefte Schulwissen als Orientierung zur Erstellung von Testitems u.a. mit den folgenden Fähigkeiten modelliert: «Verschiedene Wege zur Lösung einer Aufgabe identifizieren und anwenden» und «Randbedingungen einer Schulaufgabe erkennen».

Als Studien, die eine berufsspezifische Kategorie des Fachwissens modellieren und operationalisieren, sind im internationalen Bereich vor allem die oben beschriebenen Arbeiten der Michigan-Group zu nennen (u.a. Ball et al., 2008). Analysen deuten an, dass eine Multidimensionalität plausibel ist (Hill, Schilling & Ball, 2004). Darauf aufbauend beschreibt Loch (2015) im Rahmen der KiL-Studie (Mathematik) eine Komponente des fachspezifischen Wissens von Lehramtsstudierenden: das Fachwissen im schulischen Kontext (FWsK). Es wird gezeigt, dass ein dreidimensionales Modell (bestehend aus akademischem Fachwissen, FWsK und fachdidaktischem Wissen) die Struktur der erhobenen Daten am besten widerspiegelt. Das FWsK ist vom akademischen Fachwissen und fachdidaktischen Wissen empirisch trennbar (Heinze, Dreher, Lindmeier & Niemand, 2016; Loch, 2015). Das FWsK wird in drei Facetten unterteilt: (1) Das «Wissen über Zusammenhänge zur Hintergrundtheorie» stellt eine Art «Verknüpfungswissen» (Loch, 2015, S. 53) zwischen dem akademischen Fachwissen und dem Schulwissen dar. (2) Die Facette «Wissen über fachliche Folgen von Re-

duktionen» umfasst «Kenntnisse darüber, welche mathematischen Ungenauigkeiten, ... in didaktisch aufbereiteten Unterrichtsmaterialien entstehen können und welche Auswirkungen dies auf darauf aufbauende Themenbereiche des Unterrichts haben kann» (Loch, 2015, S. 53). (3) Zuletzt beschreibt das «Curriculare Wissen» die «Kenntnisse über die curriculare Anordnung von Inhalten aufgrund der mathematischen Struktur und der ... Abhängigkeit eines Inhalts von einem anderen» (Loch, 2015, S. 54).

4 Facetten des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext im Projekt PSI-Potsdam

Ausgehend von den beschriebenen Studien und theoretischen Arbeiten, die das erweiterte Fachwissen² und verwandte Konstrukte fachspezifisch in den Blick nehmen, wurde im Projekt PSI-Potsdam das Konstrukt «erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext» erstellt, welches, ebenso wie in den Projekten FALKO (Krauss et al., 2017) und ProwiN (Borowski et al., 2010), den Anspruch einer fachübergreifenden Gültigkeit erhebt und mindestens für die im Projekt PSI beteiligten Fächer Biologie, Geschichte, Mathematik, Physik und Wirtschaft-Arbeit-Technik (WAT) Passung zeigt. Das erweiterte Fachwissen wird von den anderen Kategorien des Fachwissens, d.h. hier Schulwissen und universitäres Wissen, abgegrenzt (vgl. Abbildung 1). In diesem Sinne folgen wir den Modellen von Riese (2009), ProwiN (Borowski et al., 2010) und Profile-P (Riese et al. 2015). Das Schulwissen beschreibt dabei curriculare Inhalte und Fähigkeiten bis zum Niveau der Sekundarstufe II. Das universitäre Wissen geht darüber hinaus und schliesst das Wissen ein, das in fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen gelehrt wird.

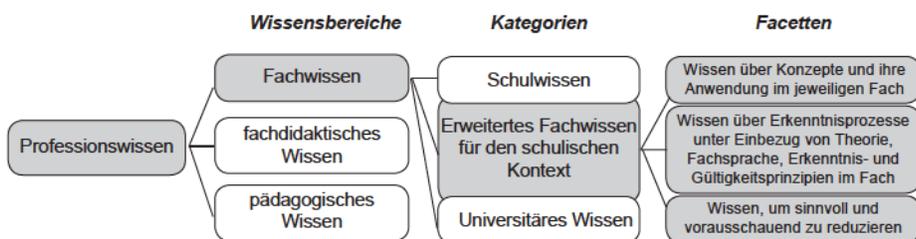


Abbildung 1: Einbettung des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext in das Modell des Professionswissens, angelehnt an Baumert & Kunter (2006) und Riese et al. (2015).

Das erweiterte Fachwissen wird hierbei jedoch keineswegs als «Niveaustufe» (Riese, 2009) zwischen dem Schulwissen und dem universitären Wissen definiert. Die dadurch implizierte Hierarchie führt zu der Vorstellung, dass es sich um eine stufenartig stei-

² Im Folgenden werden die Begriffe «erweitertes Fachwissen für den schulischen Kontext» und «erweitertes Fachwissen» (im Sinne einer Kurzform) synonym verwendet.

gende Komplexität zwischen den Kategorien handeln würde. Auch die von Woitkowski et al. (2011) vorgeschlagene Bezeichnung der «Fach-Stufen» empfinden wir aus den gleichen Gründen als unbefriedigend. Die in diesem Beitrag vorgeschlagene Bezeichnung «Kategorien des Fachwissens» ermöglicht die Loslösung von einer impliziten Hierarchie. Das erweiterte Fachwissen beschreibt dabei Wissen und Fähigkeiten, die es ermöglichen, Inhalte aus dem universitären Wissen und dem Schulwissen miteinander in Verbindung zu bringen. In Abgrenzung zum fachdidaktischen Wissen wird beim fachübergreifenden Konstrukt des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext angenommen, dass der Einbezug der Lernendenperspektive (z.B. Wissen über Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern) nicht gegeben ist. Es ist möglich, erweitertes Fachwissen aufzuweisen, ohne einen direkten Bezug zum unterrichtlichen Handeln herzustellen. Nicht nur Lehrkräfte, sondern auch Fachwissenschaftlerinnen und Fachwissenschaftler können, zumindest implizit, über ein hoch ausgeprägtes erweitertes Fachwissen in einzelnen Facetten oder deren Beschreibungen verfügen. In der Gesamtheit der Facetten kann das erweiterte Fachwissen allerdings als berufsspezifisch für Lehrkräfte angenommen werden. Das erweiterte Fachwissen beinhaltet dieser Definition nach drei Facetten (vgl. Abbildung 2).

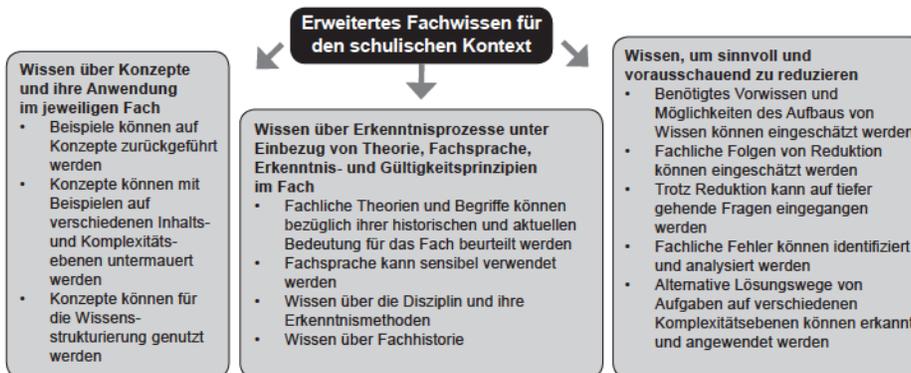


Abbildung 2: Die Facetten des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext.

4.1 Wissen über Konzepte und ihre Anwendung im jeweiligen Fach

Dieser Facette liegt die Annahme zugrunde, dass die Inhaltsbereiche der jeweiligen Fächer über übergeordnete Konzepte verfügen. Konzepte zeichnen sich durch Übertragbarkeit auf verschiedene Phänomene und Sachverhalte der jeweiligen Domäne aus und sichern einen systematischen Zugang, der es erlaubt, neue Informationen in das Wissensnetz zu integrieren (u.a. Novak & Cañas, 2006). Diese lassen sich beispielsweise nicht nur in den Basiskonzepten und fundamentalen Ideen (Bruner, 1977), sondern auch in wissenschaftlichen Konzepten wiederfinden. Sie müssen stets sinnstiftend mit Erklärungen und Beispielen vernetzt werden. Dieses Wissen würde sich, der Konzeption Shulmans (1986) folgend, als «substantive knowledge» widerspiegeln und ist dementsprechend deklarativ. Einzelne fachliche Sachverhalte können mithilfe dieses

Wissens auf ihre Konzepte zurückgeführt werden und im Umkehrschluss können die übergeordneten Konzepte auch mit Beispielen auf verschiedenen Inhalts- und Komplexitätsebenen untermauert werden. In Abgrenzung zum konzeptuellen Wissen und zur Verwendung von Basiskonzepten, im Sinne eines strukturierenden Elements von fachlichen Lernsituationen, müssen Lehrkräfte wissen, warum ein bestimmter Inhalt oder ein Konzept den zentralen Inhalten bzw. Konzepten der Disziplin zugeordnet wird, während andere eher eine randständige Zuordnung erfahren. Die Konzepte müssen daher selbst erkannt, benannt, voneinander abgegrenzt und innerhalb einer Wissensstrukturierung miteinander in Verbindung gesetzt werden können.

Für Geschichtslehrkräfte spielt beispielsweise das Verständnis von folgenden Konzepten eine massgebliche Rolle: Die industrielle Revolution und die Französische Revolution können als Beispiele für verschiedenen Arten von Revolutionen auf die zugrunde liegenden «meta concepts» «Wandel», «Prozess», «Entwicklung», «Veränderung», «Ursache» und «Folgen» zurückgeführt werden. Zudem spiegelt sich in den verwendeten Termini das «substantive concept» zu «Revolution» wider (Günther-Arndt, 2014). Für Biologielehrkräfte wiederum ist es von grosser Bedeutung, das Basiskonzept der Kompartimentierung mit den Konzepten «Kompartiment» und «Organell» in Verbindung zu bringen. Obgleich die beiden Konzepte der Einfachheit halber teilweise synonym verwendet werden, müssen sie voneinander abgegrenzt werden können. Als «Kompartiment» bezeichnet man die Summe der Reaktionsräume einer Art, wohingegen «Organell» auch als Bezeichnung für eine funktionelle Struktur in der Zelle ohne eine umschliessende Membran (z.B. Ribosomen, Centriolen) gelten kann.

4.2 Wissen über Erkenntnisprozesse unter Einbezug von Theorie, Fachsprache, Erkenntnis- und Gültigkeitsprinzipien im Fach

Ein fundiertes Verständnis von fachlichen Begriffen und Theorien erachten wir als zentral. Dieses Wissen schliesst auch Wissen über die Genese von allgemeinen Theorien und Begriffen in epistemologischer Hinsicht ein. Hierdurch wird auch der Bezug zur «syntactic structure», d.h. zum Wissen über die Disziplin (Shulman, 1986), deutlich. Lehrkräfte sollen in ihrer jeweiligen Disziplin z.B. wissen, wie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Forschungsfragen aus Modellen und Theorien entwickeln bzw. welche Standards unter welchen Bedingungen als etablierte methodische Standards für die Erhebung von Daten gelten. Dazu sollten die Grundstrukturen bezüglich fachspezifischer Erkenntniswege verstanden worden sein. Hier wird auch der Bezug zu Windschitls (2004) «disciplinary knowledge» im Sinne von «knowledge of domain-specific methods of investigation» deutlich.

Die Nähe zu den Konstrukten «Nature of Science» und «Nature of History» sowie zu den epistemologischen Überzeugungen (z.B. Sicherheit des Wissens) ist, wie oben beschrieben, unverkennbar. Für «syntactic knowledge» gilt jedoch eine höhere Disziplinspezifität als für die beiden anderen Konstrukte und insbesondere als für die epistemologischen Überzeugungen. Hinsichtlich der Lehrkräftebildung wird davon ausgegangen,

dass für den Erwerb des entsprechenden Wissens ähnliche Lerngelegenheiten notwendig sind wie für die Genese eines adäquaten Verständnisses von «Nature of Science» (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Hodson, 2009). Die eigene Erfahrung im Bereich der Erkenntnisgewinnung in der Disziplin, die für Lehramtsstudierende ohnehin nur in geringem Masse vorgesehen ist, hat sich dabei als unzureichend erwiesen und ist um spezielle Methodenkurse sowie explizite und reflexive Komponenten zum Thema zu erweitern (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Verfügen Lehrkräfte über das entsprechende Wissen, können sie im Unterricht eher eine Verbindung zwischen den Konstrukten zum Wissenschaftsverständnis und den Fachinhalten herstellen (Clough & Olson, 2012).

Ein fundiertes Verständnis von fachlichen Begriffen und Theorien ermöglicht der Lehrkraft auch eine sensible Verwendung von Fachsprache. Dieser Facette ist darüber hinaus ein Zugang zur Fachhistorie inhärent. Beispielsweise müssen Biologielehrkräfte wissen, inwiefern neue Theorien auf älteren aufbauen und inwiefern in den Biowissenschaften fachübergreifend gearbeitet wird. Die Entdeckung der DNA-Struktur als Doppelhelix mit Basenpaaren durch Watson und Crick folgte z.B. auf wichtige Vorarbeiten wie Paulings Erkenntnisse zu helikalen Proteinstrukturen und Franklins, Goslings und Wilkins' Röntgenbeugungsdiagrammen. Die angewendeten Methoden, die zur Erkenntnisgewinnung beitrugen, lassen sich nicht einer einzigen Disziplin zuordnen. Mathematiklehrkräfte müssen sich hinsichtlich der Fachsprache der Tatsache bewusst sein, dass sich Definitionen in der Mathematik durch ihre formallogische, symbolische Strenge von Definitionen in anderen Fächern und in der Umgangssprache unterscheiden. Auch für Physiklehrkräfte spielt der Aspekt eine Rolle; der Begriff «Kraft» hat in der Physik nicht immer die gleiche Bedeutung wie im Alltag.

4.3 Wissen, um sinnvoll und vorausschauend zu reduzieren

Diese Facette beinhaltet Einschätzungen über die fachlichen Rahmenbedingungen eines Sachverhalts. Wenn ein Sachverhalt auf konzeptueller Ebene verstanden wurde, ist es der Lehrperson möglich, das benötigte Vorwissen und die Möglichkeiten des Aufbaus von weiterführendem Wissen auf diesen Sachverhalt auf inhaltlicher Ebene einzuschätzen. Dies basiert auf rein fachlicher Ebene auf dem von Ball et al. (2008) beschriebenen «horizon knowledge» («awareness of how mathematical topics are related over the span of mathematics», Ball et al., 2008, S. 403) sowie dem von Loch (2015) beschriebenen curricularen Wissen. Des Weiteren werden in dieser Facette ein Wissen über die fachlichen Folgen von Reduktion und deren Reflexion verortet. Obwohl es hierbei um didaktische Reduktionen geht, grenzt auch Loch (2015) diese Facette vom fachdidaktischen Wissen ab, weil es sich hier um eine sachlogische (mathematische) Reflexion der fachlichen Inhalte handelt. Innerhalb dieser Facette werden Fragen aufgeworfen wie z.B. «Zu welchen fachlichen Ungenauigkeiten könnte eine Reduktion führen?». Ebenso wird es der Lehrkraft möglich, auf tiefer gehende Fragen der Schülerinnen und Schüler einzugehen. In der Terminologie der Michigan-Group (Ball et al., 2008) gehören diese Wissensaspekte zum «specialized content knowledge».

Fachliche Fehler bezüglich eines Sachverhalts können durch das erweiterte Fachwissen leichter auf ihre Ursache zurückgeführt werden. Dieses Erkennen von fachlichen Fehlern ist ohne einen Bezug zur Schülerin oder zum Schüler zu verstehen und daher abzugrenzen vom Antizipieren typischer Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern (Ball et al., 2008) und vom Umgang damit im Unterricht, was zum fachdidaktischen Wissen gehört. Es kann jedoch als Grundlage betrachtet werden, um fachdidaktisches Wissen (z.B. über mögliche Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern) zu generieren.

Alternative Lösungswege für Aufgaben, wie auch schon von Riese et al. (2015) beschrieben, kann es auf verschiedenen Komplexitätsebenen geben. Das erweiterte Fachwissen ermöglicht es der Lehrperson, sich innerhalb dieser Komplexitätsebenen flexibel zu bewegen. Für Physiklehrkräfte kann hier der Induktionsstrom als Beispiel gelten. Sie sollten wissen, dass sich die Richtung des Induktionsstroms mit der lenzschen Regel (Schulwissen), aber auch mithilfe der Maxwell-Gleichungen (universitäres Wissen) erklären lässt. Sie sollten zudem konzeptuell verstanden haben, wie die lenzsche Regel aus den Maxwell-Gleichungen hergeleitet werden kann. Hier wird auch deutlich, inwiefern das erweiterte Fachwissen eine Brücke zwischen beiden Fachwissenskategorien schlägt. Geschichtslehrkräfte wiederum sollten einschätzen können, welche fachlichen Folgen Reduktionen bewirken, z.B. die Kürzung oder die Übersetzung von Quellen. Die Kürzung einer Quelle etwa bedeutet eine subjektive Auswahl, aus der gegebenenfalls eine Änderung des Sinngehaltes resultiert; bei einer Übersetzung können Termini verwendet werden, die möglicherweise zu einer verzerrten Wiedergabe des zeitspezifischen, historischen Sinnkontextes führen.

5 Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als Leitlinie für die Gestaltung universitärer Lehrveranstaltungen

Durch das explizite Aufzeigen von Verknüpfungen zwischen universitärem Wissen und Unterrichtsinhalten kann sich berufsrelevantes Fachwissen besser entwickeln (Hoover, Mosvold, Ball & Lai, 2016). Für das erweiterte Fachwissen als der von uns beschriebenen berufsspezifischen Komponente des Fachwissens sind deshalb an der Universität geeignete Lerngelegenheiten zu etablieren. Abschliessend zeigen wir daher auf, inwiefern das Konstrukt des erweiterten Fachwissens für den schulischen Kontext als konzeptuelle Grundlage für Lehrveranstaltungen für angehende Lehrkräfte in verschiedenen Fächern genutzt werden kann. Dabei sind die beschriebenen Facetten des Modells des erweiterten Fachwissens grundsätzlich für Lehramtsstudierende und Lehrkräfte aller Schulstufen gleichermaßen relevant. Unterschiede ergeben sich lediglich in der inhaltlichen Konkretisierung des Wissens für die einzelnen Facetten, nicht aber in den grundsätzlichen Erwartungen hinsichtlich der Fähigkeiten. Diese Massnahmen werden innerhalb des Projekts PSI-Potsdam in verschiedenen Teilprojekten und unterschiedlichen Fächern realisiert.

Durch die explizite Vermittlung des erweiterten Fachwissens wird versucht, die Berufsrelevanz der universitären fachlichen Inhalte deutlicher darzustellen. Beispiele aus der Mathematik zeigen bereits, dass dies erfolgreich sein kann (Ableitinger, Kramer & Prediger, 2013). Eine Möglichkeit stellt die Durchführung fachwissenschaftlicher Lehrveranstaltungen ausschliesslich für Lehramtsstudierende dar, die explizit auf das erweiterte Fachwissen fokussieren. Ausserdem wird, wie auch von Heinze et al. (2016) vorgeschlagen, in fachdidaktischen Lehrveranstaltungen universitäres Wissen auf schulische Kontexte bezogen. Eine neu konzipierte Lehrveranstaltung in Seminarform wird additiv zu einer Fachvorlesung fakultativ angeboten. Die Lernaufgaben innerhalb dieser Lehrveranstaltungen werden auf der Grundlage der Facetten des erweiterten Fachwissens entwickelt und beziehen sich dabei auf die Anwendung des universitär erworbenen Wissens in berufsfeldbezogenen fachlichen Lerngelegenheiten. Das geschieht beispielsweise mittels der Erstellung von Concept-Maps zu zentralen schulrelevanten inhaltlichen Themen. Des Weiteren werden schulische Materialien auf inhaltlicher Ebene dekonstruiert und anschliessend rekonstruiert. Hierbei sind die Studierenden aufgefordert, Schulbuchtexte mithilfe von Leitfragen hinsichtlich ihrer fachlichen Qualität zu beurteilen und sich an Verbesserungsvorschlägen zu üben (z.B. evozierte Fehler bei der Darstellung von Ständen in einer Pyramide in Geschichtslehrwerken erkennen und alternative Darstellungsformen finden).

In einem weiteren Ansatz werden mit Übungsaufgaben, basierend auf dem erweiterten Fachwissen, universitäre Inhalte auf der Ebene des erweiterten Fachwissens reflektiert (Massolt & Borowski, 2017). Die Erwartung ist, dass dies nicht nur zu einer Verbesserung des Professionswissens der angehenden Lehrkräfte, sondern auch zu einer Steigerung der Motivation führt. Die Aufgaben schlagen die Brücke zwischen dem Schulwissen und dem universitären Wissen: Sie sollen aufzeigen, wie die beiden Kategorien des Fachwissens miteinander verbunden sind. Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext bietet demnach Anwendungsmöglichkeiten in der universitären Lehre, die dazu beitragen, fachliche Studieninhalte für Studierende spürbar berufsrelevanter zu gestalten, und kumulatives Lernen an der Universität ermöglichen.

Literatur

Ableitinger, C., Kramer, J. & Prediger, S. (Hrsg.). (2013). *Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerbildung*. Wiesbaden: Springer.

Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22 (7), 665–701.

AG Studienqualität. (2011). *Allgemeiner Bericht zur Onlinebefragung Professionsorientierung / Berufsqualifizierung im Lehramtsstudium an der Universität Potsdam*. Potsdam: Universität Potsdam, Zentrum für Lehrerbildung.

Anderson, D. & Clark, M. (2012). Development of syntactic subject matter knowledge and pedagogical content knowledge for science by a generalist elementary teacher. *Teachers and Teaching*, 18 (3), 315–330.

Ball, D. L. (1990). The mathematical understandings that prospective teachers bring to teacher education. *The Elementary School Journal*, 90 (4), 449–466.

- Ball, D. L., Thames, M. H. & Phelps, G.** (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59 (5), 389–407.
- Baumert, J. & Kunter, M.** (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9 (4), 469–520.
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R.** (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer: Wissen, Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierender und -referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung*. Münster: Waxmann.
- Borowski, A., Kirschner, S., Liedtke, S. & Fischer, H. E.** (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. *PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1 (10), 1–9.
- Borowski, A., Neuhaus, B. J., Tepner, O., Wirth, J., Fischer, H. E., Leutner, D. et al.** (2010). Professionswissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften (ProwiN) – Kurzdarstellung des BMBF-Projekts. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 341–350.
- Bromme, R.** (1994). Beyond subject matter: A psychological topology of teachers' professional knowledge. In R. Biehler, R. W. Scholz & B. Winkelmann (Hrsg.), *Mathematics didactics as a scientific discipline: The state of the art* (S. 73–88). Dordrecht: Kluwer.
- Bromme, R.** (2008). Lehrerexpertise. In M. Hasselhorn & W. Schneider (Hrsg.), *Handbuch der Pädagogischen Psychologie* (S. 159–167). Göttingen: Hogrefe.
- Bruner, J.** (1977). *The process of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Centrum für Hochschulentwicklung.** (2016). *Monitor Lehrerbildung*. Verfügbar unter: <http://www.monitor-lehrerbildung.de/web/thema/studieninhalte> (07.02.2018).
- Clough, M. P. & Olson, J. K.** (2012). Impact of a nature of science and science education course on teachers' nature of science classroom practices. In M. S. Khine (Hrsg.), *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies* (S. 247–266). Dordrecht: Springer.
- Deng, Z.** (2007). Knowing the subject matter of a secondary-school science subject. *Journal of Curriculum Studies*, 39 (5), 503–535.
- Grossmann, S.** (2002). Nichtbetroffene Betroffene. *Physik Journal*, 1 (3), 3.
- Günther-Arndt, H.** (2006). Conceptual Change-Forschung: Eine Aufgabe für die Geschichtsdidaktik? In H. Günther-Arndt & M. Sauer (Hrsg.), *Geschichtsdidaktik empirisch. Untersuchungen zum historischen Denken und Lernen* (S. 251–277). Münster: LIT.
- Günther-Arndt, H.** (2014). Historisches Lernen und Wissenserwerb. In H. Günther-Arndt (Hrsg.), *Geschichtsdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 24–49). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Hashweh, M.** (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching*, 11 (3), 273–292.
- Heinze, A., Dreher, A., Lindmeier, A. & Niemand, C.** (2016). Akademisches versus schulbezogenes Fachwissen – ein differenzierteres Modell des fachspezifischen Professionswissens von angehenden Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 19 (2), 329–349.
- Hill, H. C., Schilling, S. G. & Ball, D. L.** (2004). Developing measures of teachers' mathematics knowledge for teaching. *The Elementary School Journal*, 105 (1), 11–30.
- Hodson, D.** (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values*. Rotterdam: Sense.
- Hoover, M., Mosvold, R., Ball, D. L. & Lai, Y.** (2016). Making progress on mathematical knowledge for teaching. *The Mathematics Enthusiast*, 13 (1), 3–34.
- Kirschner, S.** (2013). *Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Kleickmann, T., Richter, D., Kunter, M., Elsner, J., Besser, M., Krauss, S. et al.** (2013). Teachers' content knowledge and pedagogical content knowledge: The role of structural differences in teacher education. *Journal of Teacher Education*, 64 (1), 90–106.
- Klein, F.** (1908). *Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus: Teil I: Arithmetik, Algebra, Analysis. Vorlesung gehalten im Wintersemester 1907-08*. Leipzig: Teubner.

Erweitertes Fachwissen als fachübergreifendes Konstrukt

- Koponen, M., Asikainen, M., Viholainen, A. & Hirvonen, P.** (2016). Teachers and their educators – Views on contents and their development needs in mathematics teacher education. *The Mathematics Enthusiast*, 13 (1), 149–171.
- Krauss, S.** (2011). Das Experten-Paradigma in der Forschung zum Lehrerberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf* (S. 171–191). Münster: Waxmann.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. et al.** (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29 (3–4), 233–258.
- Krauss, S., Lindl, A., Schilcher, A., Fricke, M., Göhring, A., Hofmann, B., Kirchhoff, P. & Mulder, R. H.** (Hrsg.). (2017). *FALKO: Fachspezifische Lehrerkompetenzen. Konzeption von Professionswissenstests in den Fächern Deutsch, Englisch, Latein, Physik, Musik, Evangelische Religion und Pädagogik*. Münster: Waxmann.
- Kultusministerkonferenz.** (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008)*. Berlin: KMK.
- Lederman, N. G.** (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 331–359.
- Loch, C.** (2015). *Komponenten des mathematischen Fachwissens von Lehramtsstudierenden*. München: Dr. Hut.
- Massolt, J. & Borowski, A.** (2017). Motivationssteigerung durch Fokussierung auf das vertiefte Schulwissen im Rahmen der Fachvorlesungen Physik. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016* (Tagungsband 37) (S. 660–663). Regensburg: GDGP.
- Mischau, A. & Blunck, A.** (2006). Mathematikstudierende, ihr Studium und ihr Fach: Einfluss von Studiengang und Geschlecht. *DMV-Mitteilungen*, 14 (1), 46–52.
- Novak, J. D. & Cañas, A. J.** (2006). *The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Technical report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 2008-01*. Pensacola, FL: Florida Institute for Human and Machine Cognition.
- Riese, J.** (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y. et al.** (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft* 61, 55–79.
- Schwab, J. J.** (1964). Structure of the disciplines. In G. W. Ford & L. Pugno (Hrsg.), *The structure of knowledge and curriculum* (S. 6–30). Chicago, IL: Rand McNally.
- Schwab, J. J.** (1978). Education and the structure of the disciplines. In I. Westbury & N. G. Wilkof (Hrsg.), *Science curriculum & liberal education* (S. 229–272). Chicago IL: University of Chicago Press.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. A.** (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88 (4), 610–645.
- Shulman, L.** (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4–14.
- Shulman, L.** (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57 (1), 1–23.
- Windschitl, M.** (2004). *What types of knowledge do teachers use to engage learners in «doing science»? Rethinking the continuum of preparation and professional development for secondary science educators*. Washington: National Academy of Sciences.
- Woitkowski, D., Riese, J. & Reinhold, P.** (2011). Modellierung fachwissenschaftlicher Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 289–314.

Autorinnen und Autoren

Sandra Woehlecke, M.Ed., Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie, Lehrstuhl für Didaktik der Biologie, sandra.woehlecke@uni-potsdam.de

Joost Massolt, M.Sc., Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie, Lehrstuhl Didaktik der Physik, massolt@uni-potsdam.de

Johanna Goral, M.Ed., Universität Potsdam, Institut für Mathematik, Lehrstuhl Didaktik der Mathematik, johanna.goral@uni-potsdam.de

Safyah Hassan-Yavuz, M.Ed., Universität Potsdam, Lehrinheit für Wirtschaft – Arbeit – Technik, shassan@uni-potsdam.de

Jessica Seider †, M.Ed., Universität Potsdam, Historisches Institut, Lehrstuhl Didaktik der Geschichte

Andreas Borowski, Prof. Dr., Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie, Lehrstuhl Didaktik der Physik, andreas.borowski@uni-potsdam.de

Monika Fenn, Prof. Dr., Universität Potsdam, Historisches Institut, Lehrstuhl Didaktik der Geschichte, mfenn@uni-potsdam.de

Ulrich Kortenkamp, Prof. Dr., Universität Potsdam, Institut für Mathematik, Lehrstuhl Didaktik der Mathematik, ulrich.kortenkamp@uni-potsdam.de

Ingrid Glowinski, Dr., Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie, Lehrstuhl für Didaktik der Biologie, ingrid.glowinski@uni-potsdam.de