

Timo Leuders
Matthias Nückles
Silke Mikelskis-Seifert
Kathleen Philipp *Hrsg.*

Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften

KeBU

Pro|Mat|Nat



Springer Spektrum

Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften

Timo Leuders · Matthias Nückles
Silke Mikelskis-Seifert · Kathleen Philipp
(Hrsg.)

Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften

 Springer Spektrum

Hrsg.

Timo Leuders
Institut für Mathematische Bildung
Pädagogische Hochschule Freiburg
Freiburg, Deutschland

Matthias Nückles
Institut für Erziehungswissenschaft
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Freiburg, Deutschland

Silke Mikelskis-Seifert
Institut für Chemie, Physik, Technik und ihre
Didaktiken
Pädagogische Hochschule Freiburg
Freiburg, Deutschland

Kathleen Philipp
Institut Primarstufe
Pädagogische Hochschule FHNW Basel
MuttENZ, Schweiz

ISBN 978-3-658-08643-5 ISBN 978-3-658-08644-2 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-08644-2>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Dieser Band leistet einen wichtigen Beitrag zur Diskussion um die Professionalisierung des Personals in Bildungsinstitutionen und deren empirischen Fundierung. Die einzelnen Kapitel beleuchten Kompetenzbereiche pädagogischer Professionalität in ihren verschiedenen Facetten (Fachbezogene diagnostische Kompetenzen und Lehrkompetenzen, berufsfeldspezifisches Fachwissen, Wissenschaftsverständnis etc.) und zeigen Wege zur deren Optimierung auf. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Erziehungswissenschaft, aus den Fachdidaktiken sowie der Psychologie des Freiburger Kompetenzverbundes Empirische Bildungs- und Unterrichtsforschung (KEBU) untersuchen in interdisziplinären Teams die fachbezogenen Kompetenzen von Lehrerinnen und Lehrern sowie von Erzieherinnen und Erziehern in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Domänen hinsichtlich ihrer Struktur, ihren Entstehungsbedingungen und ihren Wirkungen. Hierauf aufbauend ergeben sich konkrete Empfehlungen für die Lehreraus- und Fortbildung.

Die Herausgeber(innen)

Prof. Dr. Timo Leuders, Pädagogische Hochschule Freiburg

Prof. Dr. Matthias Nückles, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Prof. Dr. Silke Mikelskis-Seifert, Pädagogische Hochschule Freiburg

Prof. Dr. Kathleen Philipp, Pädagogische Hochschule FHNW Basel

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Teil 1 Konzepte und Theorien	1
1 Fachbezogene Pädagogische Kompetenzen und Wissenschaftsverständnis – Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften	3
<i>Timo Leuders, Matthias Nückles, Silke Mikelskis-Seifert, Kathleen Philipp</i>	
1.1 Fachbezogenes pädagogisches Wissen als Kern von Lehrerprofessionalität	4
1.2 Stand der Forschung	14
1.3 Überblick über die Beiträge in diesem Band	28
1.4 Literatur	29
2 Videobasierte Instrumente zur Testung und videobasierte Trainings zur Förderung von Kompetenzen bei Lehrkräften	39
<i>Anna F. Altmann, Celia Kändler</i>	
2.1 Einführung	39
2.2 Videos als Testinstrumente	45
2.3 Videos als Trainingsmethode	50
2.4 Diskussion	60
2.5 Literatur	62
3 Genderstereotype bei Lehrkräften: Ein Review	69
<i>Miriam Nürnberger, Josef Nerb</i>	
3.1 Leistungs, Interessens- und Motivationsdisparitäten zwischen Schülerinnen und Schülern	70

3.2	Befunde zu Genderstereotypen und geschlechtsdifferenten Leistungserwartungen von Lehrkräften	72
3.3	Bedeutung impliziter Stereotype	74
3.4	Mechanismen der Übertragung von Stereotypen	78
3.5	Zusammenfassung und Ausblick	82
3.6	Literatur	83
Teil 2 Empirische Modellierung von Kompetenzfacetten		91
4	Fachbezogene diagnostische Kompetenzen von Lehrkräften – Von Verfahren der Erfassung zu kognitiven Modellen zur Erklärung	93
	<i>Andreas Ostermann, Timo Leuders, Kathleen Philipp</i>	
4.1	Einführung	93
4.2	Hinweise auf Prozesse bei der Bildung diagnostischer Urteile	95
4.3	Neuere Befunde zu Urteilsprozessen im Rahmen des Modells von Nickerson	106
4.4	Ausblick: Förderung Diagnostischer Kompetenz	112
4.5	Literatur	113
5	Entwicklung eines computergestützten Messinstruments für die professionelle Wahrnehmung von Schülerinteraktionen	117
	<i>Michael Wiedmann, Timo Leuders</i>	
5.1	Einführung: Professionelle Wahrnehmung von Schülerinteraktionen beim kooperativen Problemlösen	117
5.2	Das Messinstrument	120
5.3	Diskussion	126
5.4	Literatur	128
6	Bereichsspezifische epistemologische Überzeugungen von Erzieherinnen und Erziehern und ihr Zusammenhang zum pädagogischen Handeln	131
	<i>Magdalena Maack, Christoph Mischo, Gerald Wittmann</i>	
6.1	Einführung	132
6.2	Epistemologische und lehr-lernbezogene Überzeugungen als Facetten der Orientierungsqualität	133
6.3	Einfluss von epistemologischen und lehr-lern-bezogenen Überzeugungen auf Lehr-Lern-Prozesse	135
6.4	Forschungsfragen und Hypothesen	136
6.5	Methode	137
6.6	Ergebnisse	141
6.7	Zusammenfassung und Diskussion	143
6.8	Literatur	146

7	Zur Interdependenz von Wissenschaftsverständnissen und Unterrichtsmethoden anhand deutschsprachiger Physiklehrkräfte	151
	<i>Lydia Schulze Heuling, Silke Mikelskis-Seifert, Matthias Nückles</i>	
7.1	Das Wissenschaftsverständnis von Lehrkräften	152
7.2	Unterrichtsmethoden im Physikunterricht	157
7.3	Interdependenzen von Wissenschaftsverständnis und Unterrichtsmethoden	162
7.4	Methodisches Vorgehen und Studiendesign	164
7.5	Ausgewählte Ergebnisse	171
7.6	Zusammenfassung und Ausblick	174
7.7	Literatur	175
8	Entwicklung und Evaluation eines Instruments zur Erhebung des Wissenschaftsverständnisses in Physik	181
	<i>Bernd Schüssele, Elmar Stahl, Silke Mikelskis-Seifert</i>	
8.1	Wissenschaftsverständnis in der Physik	182
8.2	Die Konzipierung eines Fragebogens auf der Basis der Adaption und Integration bestehender Instrumente	185
8.3	Die Erhebung des Wissenschaftsverständnisses in der Physik	190
8.4	Ausgewählte Ergebnisse	193
8.5	Zusammenfassende Diskussion	202
8.6	Literatur	203
	Teil 3 Förderung professioneller Kompetenzen	205
9	Lehrexpertise – Integration und Förderung von pädagogischem und psychologischem Wissen	207
	<i>Nora Harr, Andreas Eichler, Alexander Renkl</i>	
9.1	Einführung	207
9.2	Expertise und Wissensorganisation	209
9.3	Professionswissen von Lehrpersonen	211
9.4	Wissenskompartimentalisierung	214
9.5	Wissensintegration	216
9.6	Integrationsansätze zur Förderung anwendbaren Wissens	218
9.7	Diskussion	223
9.8	Resümee	228
9.9	Literatur	229

10	Erleichterung der Anwendbarkeit von Wissen aus einem Vortraining durch eine Prozeduralisierungshilfe	237
	<i>Andrea Ohst, Béatrice M. E. Fondu, Matthias Nückles, Alexander Renkl</i>	
10.1	Einleitung	238
10.2	Intuitives Wissen konzeptualisiert als Knowledge in Pieces	238
10.3	Methode	247
10.4	Ergebnisse	253
10.5	Diskussion	256
10.6	Literatur	260
11	Entwicklung pädagogischer Professionalität zur Förderung systemischen Denkens durch Lehrerfortbildung	265
	<i>Stefan Streiling, Christian Hörsch, Werner Rieß</i>	
11.1	Einführung	265
11.2	Von der Systemtheorie zu systemischem Denken	266
11.3	Förderung systemischen Denkens	268
11.4	Lehrerfortbildung zu systemischem Denken	269
11.5	Heuristisches Kompetenzmodell zum systemischen Denken	270
11.6	Fragestellung	272
11.7	Stichprobe und Durchführung	272
11.8	Intervention	273
11.9	Eingesetztes Messinstrument	275
11.10	Ergebnisse	276
11.11	Diskussion	279
11.12	Literatur	280
12	Strukturierte Förderung forschungsmethodischer Kompetenzen von Nachwuchswissenschaftlern im Rahmen des Promotionskollegs Pro Mat Nat	285
	<i>Janina Strohmer, Markus Wirtz</i>	
12.1	Zentrale Komponenten forschungsmethodischer Kompetenz	286
12.2	Inhaltliche Ausrichtung des Kollegs und konkrete Ziele der forschungsmethodischen Qualifizierung	288
12.3	Förderung forschungsmethodischer Kompetenzen im Kolleg und Qualitätssicherung	293
12.4	Literatur	295

Teil 1

Konzepte und Theorien



Fachbezogene Pädagogische Kompetenzen und Wissenschaftsverständnis – Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften

Timo Leuders, Pädagogische Hochschule Freiburg

Matthias Nückles, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Silke Mikelskis-Seifert, Pädagogische Hochschule Freiburg

Kathleen Philipp, Pädagogische Hochschule FHNW Basel

Zusammenfassung

Die Professionalität des pädagogischen Personals in Schulen und Kindertageseinrichtungen ist eine zentrale Determinante für die Qualität von Bildungsprozessen und Bildungsergebnissen. Professionelles pädagogisches Handeln ist bestimmt von einem komplexen Zusammenspiel unterschiedlicher Kompetenzfacetten: Neben allgemeinen pädagogischen sowie fachwissenschaftlichen Kompetenzen treten spezifische Kompetenzfacetten zur Gestaltung fachlicher Lernprozesse in den Vordergrund. Diese wurden erstmals von Shulman (1986, 1987) als *pedagogical content knowledge* (fachbezogenes pädagogisches Wissen) beschrieben und seitdem vielfach weiter ausdifferenziert und untersucht. In Hinblick auf das Professionswissen wurde ferner die Bedeutung eines reflektierten Verständnisses des zu lehrenden Fachs als Wissenschaft (*nature of science*) hervorgehoben. Die Vermittlung eines Verständnisses der Genese, Veränderbarkeit und Begründung fachwissenschaftlichen Wissens und dessen Bedeutung für die verschiedenen gesellschaftlichen Lebensbereiche wird zunehmend als ein wichtiges Ziel schulischer Bildung erachtet. Die Entwicklung empirischer Zugangsweisen für die genannten Kompetenzfacetten ist zurzeit noch ein Forschungsdesiderat, was unter anderem den konzeptuellen Unschärfen der beiden Konstrukte „*pedagogical content knowledge*“ sowie „*nature of science*“ geschuldet ist.

Der vorliegende Beitrag analysiert die genannten Kompetenzbereiche pädagogischer Professionalität in ihren verschiedenen Facetten (Fachbezogene diagnostische Kompetenzen und Lehrkompetenzen, berufsfeldspezifisches Fachwissen, Wissen-

schaftsverständnis etc.). Er bildet den theoretischen Rahmen für die nachfolgenden Einzelbeiträge, welche fachbezogene Kompetenzen von Lehrerinnen und Lehrern sowie von Erzieherinnen und Erziehern in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Domänen hinsichtlich ihrer Struktur, ihren Entstehensbedingungen und ihren Wirkungen untersuchen. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur empirischen Fundierung der Diskussion um die Qualität der Bildung des Personals in Bildungsinstitutionen geleistet.

1.1 Fachbezogenes pädagogisches Wissen als Kern von Lehrerprofessionalität

Die Frage nach den für Lehrpersonen relevanten Wissensbestandteilen wurde durch Shulman (1986, 1987) um die Kategorie des *pedagogical content knowledge (pck)* bereichert. *Pedagogical content knowledge* wird im Deutschen meist als fachdidaktisches oder fachbezogenes pädagogisches Wissen übersetzt (Bromme, 1992, 1997; Baumert & Kunter, 2006; Gramzow, Riese & Reinhold, 2013). Es ist festzuhalten, dass keine einheitliche Definition in Bezug auf die innere Struktur bzw. die konkreten Teilfacetten dieses Konstrukts existiert, da den Konstrukten in der Regel unterschiedliche Rahmenmodelle professioneller Handlungskompetenz zugrunde liegen.

In theoretischer Hinsicht wird fachdidaktisches Wissen oft als Synthese des allgemeinen pädagogischen Wissens (d. h. Wissen über Klassenführung und fachübergreifende Lehr-Lern-Prozesse) einerseits und dem Fachwissen (d. h. Wissen über Physik, Mathematik, Biologie, etc.) andererseits verstanden (Borko & Putnam, 1996, vgl. Abb. 1, vgl. auch die Amalgam-Metapher von Shulman, 1987, S. 8). Demnach kann dieses Konstrukt als Schnittmenge zwischen Fachwissen, pädagogischem Wissen und Wissen über Unterrichtssituationen und -bedingungen aufgefasst werden. Auf der Achse zwischen dem allgemeinen pädagogischen Wissen und dem Fachwissen von Lehrpersonen lassen sich vielfältige Wissens- und Fähigkeitselemente beschreiben, die kennzeichnend für die Tätigkeit als *Fachlehrperson* sind. Ferner lässt sich das fachbezogene pädagogische Wissen vom allgemeinen pädagogischen Wissen dadurch abgrenzen, dass es pädagogisches Wissen und Können bezeichnet, welches spezifisch für das jeweilige *Fach* ist. Vom rein fachlichen Wissen kann es dadurch unterschieden werden, dass es spezifisch für die Tätigkeit als *Lehrperson* ist. In diesem Sinne wird das fachdidaktische Wissen als ein eigenständiges Konstrukt innerhalb des Professionswissens verstanden (vgl. auch Ball et al. 2008; Baumert & Kunter, 2006; Borko & Putnam, 1996; Bromme & Rheinberg, 2006; DePaepe, Verschaffel & Kelchtermans, 2013; Riese & Reinhold, 2012).

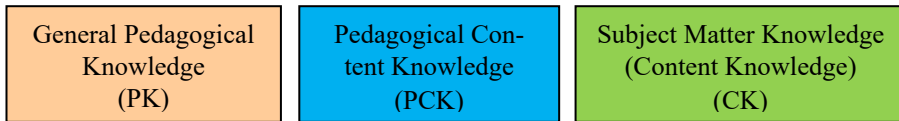


Abb. 1 Professionalitätskomponenten nach Shulman (1986) sowie Borko und Putnam (1996)

Aufgrund der vielfältigen Operationalisierungen des fachbezogenen pädagogischen Wissen trafen sich 2012 Experten zu einem „PCK Summit“ mit dem Ziel einer Konsensfindung (Berry et al., 2015). Das Modell „teacher professional knowledge and skill“ (TPK&S) war ein Ergebnis des Summits, in dem zwischen allgemeinen und themenspezifischen Professionswissen unterschieden wird (Gess-Newsome, 2015). Das allgemeine Lehrprofessionswissen, das auf empirischen Forschungsbefunden aber auch Praxiserfahrungen beruht, bildet die Basis, in der u. a. das pädagogische sowie das fachwissenschaftliche Wissen der Lehrkraft verortet sind. Neben diesem allgemeinen Lehrprofessionswissen existiert das themenspezifische Professionswissen. Kennzeichen dieses Wissens ist der spezifische Kontext, in dem u. a. Wissen über Instruktionsstrategien oder Wissen über Schülervorstellungen in dem jeweiligen Inhaltsbereich von Bedeutung sind. Durch die Unterscheidung der beiden Arten von Professionswissen wird der Domänenspezifität Rechnung getragen, da z. B. die Natur von Schülervorstellungen vom jeweiligen Inhaltsbereich abhängig sind (z. B. Optik, Wärmelehre oder Elektrizitätslehre). Damit schafft das themenspezifische Professionswissen Vernetzungen zwischen dem Wissen über Fachinhalte, Pädagogik und Kontexte.

1.1.1 Merkmale professionellen Wissens

Wissen und Können: Bevor wir die verschiedenen in Abb. 1 genannten Kategorien des professionellen Wissens von Lehrenden im Einzelnen betrachten, sind einige Differenzierungen zum Begriff des Wissens erforderlich. In Anschluss an die kognitionswissenschaftliche Forschung zum professionellen Wissen von Experten (Bromme, 1992, 1997, 2001; 2004; Ericsson & Smith, 1991; Ericsson, 1996; Ericsson, Charness, Feltovich & Hoffman, 2006; Gruber & Ziegler, 1996; Gruber & Renkl, 1997; Hoffman, 1992) verwenden wir eine breite Definition von Wissen, die Wissen und Können einschließt, also deklaratives, prozedurales und strategisches Wissen. Unter *deklarativem Wissen* ist das Wissen über Sachverhalte zu verstehen, das Personen im Gedächtnis gespeichert haben, das sie sich bewusst machen können und das sie in der Regel auch zu verbalisieren vermögen. *Prozedurales Wissen* bezieht sich demgegenüber auf die kognitiven Mechanismen, die Personen in die Lage versetzen, komplexe motorische und intellektuelle Handlungen durchzuführen. Dabei müssen die einzelnen Bestandteile dieser Handlungen nicht unbedingt bewusst kontrolliert werden (Oswald & Gadenne, 1984, Anderson, 2007). Erfahrene Lehrkräfte zeichnen sich beispielsweise dadurch aus, dass sie in problemati-

schen Unterrichtssituationen rasch und intuitiv situationsangemessen zu reagieren vermögen (Bromme, 1997). *Strategisches Wissen* bezeichnet schließlich die Fähigkeit, Handlungen bewusst selektieren und zielgerichtet einsetzen zu können. Dieses Wissen ist seiner Natur nach metakognitiv, da strategisches Handeln Wissen *über* Typen von Situationen und Handlungen bzw. Strategien impliziert, so dass man z. B. abschätzen kann, welche Strategie in welcher Situation voraussichtlich Ziel führend sein wird (Flavell, 1978; Schraw, 1998). Diese Definition von strategischem Wissen beinhaltet auch die Möglichkeit, dass Wissen und Handeln je nach Situation auseinander fallen, beispielsweise wenn Lehrkräfte zwar deklaratives Wissen über ein wünschenswertes Unterrichtsziel haben, allerdings nicht über das erforderliche prozedurale Wissen verfügen, um definierte Ziele zu erreichen (Bromme & Rheinberg, 2006; Dann & Humpert, 1987). Wir gehen mit Weinert (2001) sowie Baumert und Kunter (2006) davon aus, dass Wissen und Können, wie wir diese Kategorien in Anschluss an die kognitionswissenschaftliche Expertenforschung definiert haben, zentrale Komponenten der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften darstellen.

Ergänzend zu den bisher dargelegten Konzeptualisierungen kann auch eine Kategorisierung in deklaratives, prozedurales sowie konditionales Wissen erfolgen (siehe Tepner et al., 2012). Mit dem *konditionalen Wissen* wird das Wissen über Bedingungen beschrieben, unter denen eine Entscheidung bzw. eine Handlung angemessen ist. Nach Paris, Lipson und Wixson (1983) umfasst das konditionale Wissen zudem das in die Planung und die Begründung von Prozessen und Handlungen einfließende Wissen. Es bildet demnach die Grundlage, wann und warum ein Prozess oder eine Handlung angewandt werden kann oder sollte (ebd., S. 303).

Überzeugungen: Unsere breite, kognitionswissenschaftlich begründete Definition von Wissen schließt eine weitere wichtige Differenzierung, nämlich die Ergänzung des Begriffs von Wissen um den Begriff der Überzeugung mit ein. Ähnlich wie das fachbezogene pädagogische Wissen wird auch der Begriff der Überzeugungen, manchmal mit Vorstellungen oder beliefs bezeichnet, nicht einheitlich verwendet (Markic & Eilks, 2007). Im Allgemeinen meint der Begriff der Überzeugungen (engl. *belief*, vgl. Borko & Putnam, 1996), dass Lehrende im Laufe ihrer akademischen und beruflichen Sozialisation Vorstellungen über Lehren und Lernen (z. B. Pajares, 1992; Staub & Stern, 2002; Woolfolk Hoy, Davis & Pape, 2006), über ihr Fach (z. B. Prosser et al., 2005) und über sich selbst als Lehrende entwickeln, die den Charakter „subjektiver Theorien“ annehmen (Groeben, Wahl, Schlee & Scheele, 1988). Subjektive Theorien können mehr oder weniger in Einklang mit wissenschaftlichen Lehrmeinungen stehen. Sie sind oft implizit, d. h. nicht bewusst, und müssen deshalb dem Bewusstsein erst durch Reflexion zugänglich gemacht werden. Gleichwohl können sie handlungssteuernd wirken (Staub & Stern, 2002; Wahl et al., 1995). Eine in diesem Buch besonders interessierende Klasse subjektiver Theorien bilden die epistemologischen Überzeugungen (Hofer & Pintrich, 1997, Bromme & Kienhues, 2008). Darunter werden jene Vorstellungen subsumiert, die Personen über die Natur von Wissen und dessen Genese, also die Erkenntnisprozesse, ent-

wickeln (Hofer, 2000). Epistemologische Überzeugungen sind somit ebenfalls Metakognitionen, also Kognitionen *über* Wissen (vgl. Schraw, 1998; Kitchener, 1983; Kuhn, 1991; 2001). Epistemologische Überzeugungen können sich auf die Natur und Genese von Wissen im Allgemeinen (vgl. Duell & Schommer-Aikins, 2001; Hofer, 2000) oder von Wissen in bestimmten Domänen (z. B. Physik, Mathematik, Psychologie, etc.) beziehen. Im Kontext der Beiträge in diesem Buch werden wir uns verstärkt auf letztere, nämlich die *fachbezogenen epistemologischen Überzeugungen* des pädagogischen Personals konzentrieren, weil diese in Hinblick auf die Vermittlung fachlicher Inhalte (z. B. in Mathematik, Physik, Biologie) die größte Bedeutung haben dürften (Blömeke, Müller, Felbrich & Kaiser, 2008; Schoenfeld, 1992; Stipek, Givvin, Salmon, & MacGyvers, 2001).

Fallspezifische Organisation des Expertenwissens: Neben der Unterscheidung zwischen Wissen, Können und Überzeugungen muss ein weiteres, gewissermaßen quer liegendes Strukturprinzip professioneller Kompetenz berücksichtigt werden. Die Expertenforschung hat nämlich gezeigt, dass das Wissen von erfahrenen Experten typischerweise weniger im Sinne eines „Detail-Hierarchie-Modells“ systematisch organisiert ist (vgl. Bromme, 1992), sondern vielmehr eine fallspezifische Organisation aufweist entsprechend der Anforderungen und Problemstellungen, mit denen die Experten im beruflichen Alltag konfrontiert sind (Bromme, 1992; Rikers, Schmidt & Boshuizen, 2002; Schmidt & Boshuizen, 1990). Berufserfahrene Lehrkräfte verfügen über Unterrichtsskripts (Putnam, 1987; Seidel & Prenzel, 2006) oder Vorstellungen über das didaktische Potenzial von Aufgabenstellungen (vgl. Bromme, 1997; Krauss et al., 2008), um so konkrete Unterrichtssituationen und -abläufe gestalten zu können. In dieser fallspezifischen Wissensorganisation kommt die Integration bzw. Synthese unterschiedlicher Wissensbestände wie dem allgemeinen pädagogischen Wissen und dem Fachwissen zum Ausdruck, welche im Kern die Fähigkeit von Lehrkräften zum unterrichtlichen Handeln („knowledge in action“) im Kontext der Schulklasse, Fenstermacher, 1994; Baumert & Kunter, 2006) ausmacht. Nach Bromme (1997) ist diese Verschmelzung von Wissensbeständen unterschiedlicher Herkunft das Besondere des professionellen Wissens von Lehrenden.

Die hier dargestellten Überlegungen zum Wesen professionellen Wissens deuten einen offenen Diskurs an, der zu keinen konsensuellen Auffassungen der relevanten Konstrukte und noch weniger zu einer konsistenten Terminologie geführt hat. Befruchtet wurde dieser Diskurs in den letzten Jahren durch die systematische Auseinandersetzung mit dem Kompetenzbegriff, wie sie von Blömeke, Gustafson und Shavelson (2015) allgemein für die Kompetenzforschung im tertiären Bereich beschrieben wird. Dabei hat der vor allem im deutschen Forschungsraum verwendete Kompetenzbegriff den Vorzug, dass er einerseits unterschiedliche Facetten zusammenfasst (Wissen, Können, Überzeugungen, Motivation, Volition) und andererseits den Kontext- und Domänenbezug betont (pädagogische Situationen, Fachunterricht) (vgl. Klieme & Leutner, 2006; Blömeke, Zlatkin-Troitschanskaja, Kuhn & Fege, 2013). Aus diesem Grunde verwenden wir im

Folgenden zur Beschreibung übergreifender Bereiche ebenfalls vereinfachend die Bezeichnung „Kompetenz“ anstelle von „Wissen“ (knowledge).

1.1.2 Topologie der professionellen Kompetenzen von Lehrenden

Im vorherigen Abschnitt wurden allgemein die Wissensarten charakterisiert, hinsichtlich derer sowohl aus kognitions- als auch erziehungswissenschaftlicher und fachdidaktischer Perspektive Übereinstimmung besteht, dass sie den Kern von Professionalität ausmachen. In diesem Abschnitt werden nun einschlägige Systematisierungsversuche des Lehrerwissens (oft metaphorisch als „Topologien“ bezeichnet) herangezogen, um die für den Bereich der Lehrkompetenz relevanten Wissensbereiche und Wissensfacetten näher zu charakterisieren. Entsprechend unseres Leitthemas richten wir hierbei unsere Aufmerksamkeit auf die Konzeptualisierung des fachbezogenen pädagogischen Wissens und dessen Abgrenzung von dem fachbezogenen Wissen einerseits und dem allgemeinen, generischen pädagogischen Wissen andererseits. Diese Dreiteilung (vgl. Abb. 1) ist seit der klassischen Arbeit von Shulman (1986) in praktisch allen Übersichtsarbeiten zu Lehrerprofessionalität zu finden. Unter den bekanntesten Topologien des Lehrerwissens sind insbesondere die Arbeiten von Borko & Putnam (1996), Bromme (1992, 1997), Baumert und Kunter (2006), Ball et al. (2008), Riese und Reinhold (2012), die Projekte ProWin (Borowski et al., 2010 oder Tepner et al., 2012) und KIL (Kröger et al., 2012) sowie der Überblicksbeitrag von Depaepe et al. (2013) zu nennen, die wir nachfolgend als Grundlage für unser Arbeitsmodell von Lehrkompetenz heranziehen.

Allgemeines pädagogisches Wissen (general pedagogical knowledge). Nach Borko und Putnam (1996) beinhaltet das allgemeine bzw. generische pädagogische Wissen und Können (1) Wissen über effektive Klassenführung, (2) allgemeindidaktisches Wissen über Lehrmethoden und Unterrichtsgestaltung, sowie (3) Wissen über fachübergreifende Lern- und Denkprozesse von Schülerinnen und Schülern und wie diese durch Lehren beeinflusst werden kann. Baumert und Kunter (2006) ergänzen diese Facetten noch durch (4) konzeptuelles bildungswissenschaftliches Grundlagenwissen (u. a. erziehungsphilosophisches und bildungstheoretisches Wissen) sowie (5) Wissen über fachübergreifende Prinzipien des Diagnostizierens, Prüfens und Bewertens.

Fachbezogenes Wissen (subject matter knowledge). Bei der Kartographierung des fachbezogenen Wissens greifen Borko und Putnam (1996) die Argumente Shulmans (1986) sowie Grossmans (1989, 1990) auf, wonach es in Hinblick auf ein tiefes und flexibles Verständnis des eigenen Faches neben einem reichhaltigen Inhaltswissen (Wissen über Fakten, Begriffe, Verfahrensweisen) insbesondere auf das Verständnis der strukturierenden Prinzipien dieses Wissens ankomme. Fachbezogenes Wissen schließt daher neben Inhaltswissen auch Wissen über substanzielle materiale Strukturen sowie über syntaktische Strukturen mit ein. Substanzielle materiale Strukturen sind die Kernideen eines

Faches, die seine semantische Struktur ausmachen (in der Physik etwa Vorstellungen über Elementarteilchen etc., in der Psychologie der Begriff der Repräsentation oder des Gedächtnisses). Wissen über syntaktische Strukturen beinhaltet methodisches Wissen, also Wissen über die domänenspezifischen Verfahren und Regeln zur Produktion und Rechtfertigung von wissenschaftlichen Erkenntnissen (in den Naturwissenschaften z. B. Wissen über die Durchführung von Experimenten, in den Geisteswissenschaften Regelwissen in Hinblick auf die Interpretation von Texten). Borko und Putnam führen neben dem Wissen über substanziell materiale und syntaktische Strukturen noch eine weitere Kategorie, nämlich die fachspezifischen epistemologischen Überzeugungen („beliefs about the discipline“, vgl. Borko & Putnam, 1996) an, d. h. metakognitive Annahmen über die Natur und Genese fachwissenschaftlicher Erkenntnisse. Borko und Putnam gehen davon aus, dass subjektive Überzeugungen über die „*nature of science*“ einen starken Einfluss darauf haben, wie Lehrende ein Fach unterrichten, z. B. welche Aufgaben sie didaktisch für sinnvoll erachten, welche Lehrmethoden sie präferieren und welches Wissenschaftsverständnis sie den Lernenden vermitteln. Die Unterscheidung zwischen „knowledge of“ und „knowledge about the discipline“ findet sich entsprechend auch in einschlägigen mathematik- und physikdidaktischen Arbeiten (z. B. Ball, 1990, 1991: „knowledge of“ versus „knowledge about mathematics“; Hodson, 1993, 1996, 1998: „learning science“ versus „learning about science“). Es besteht somit offenbar sowohl aus erziehungswissenschaftlicher bzw. pädagogisch-psychologischer als auch fachdidaktischer Perspektive Einigkeit darüber, dass das persönliche Wissenschaftsverständnis von Lehrenden die Art und Weise, wie sie ihr Fach vermitteln, beeinflusst. Umso bemerkenswerter erscheint es vor diesem Hintergrund, dass es bislang kaum systematische empirische Studien gibt, die den Zusammenhang von Wissenschaftsverständnis und dem fachbezogenen pädagogischen Wissen von Lehrenden untersucht haben.

Fachbezogenes pädagogisches Wissen (pedagogical content knowledge). Hierbei handelt es sich um integriertes Wissen, insofern allgemeines pädagogisches Wissen und fachbezogenes Wissen quasi mit einander „verschmelzen“ müssen, wenn es beispielsweise darum geht, zu entscheiden, welche Aufgaben für bestimmte unterrichtliche Ziele geeignet sind, oder welche Analogien und Beispiele sich zur Veranschaulichung abstrakter fachlicher Zusammenhänge eignen. Diese Verschmelzung von Kenntnissen unterschiedlicher Herkunft ist das Besondere des professionellen Wissens von Lehrkräften (Bromme, 1997). Sie macht zugleich deutlich, weshalb die Erforschung der Professionalität von Lehrenden einer interdisziplinären Anstrengung bedarf, bei der die Fachdidaktiken und die allgemeine, fachübergreifende Lehr-Lern-Forschung aufeinander angewiesen sind. Hierbei sei ferner anzumerken, dass eine einheitliche und vollständige Konzeptualisierung des fachdidaktischen Wissens schwierig ist, da es, wie bereits erwähnt, vielfältige Definitionen mit verschiedenen Facetten gibt. Ausführlichere Diskussionen zur Konzeptualisierung des fachdidaktischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften ist in Gramzow, Riese und Reinhold (2013), im Bereich Mathematik bei Depaepae et al. (2013) zu finden.

In den Beiträgen dieses Buches nehmen wir vor allem Bezug auf Grossman (1990) und unterscheiden wie Borko und Putnam (1996) vier voneinander abgrenzbare Facetten des fachbezogenen pädagogischen Wissens: (1) Wissen über die Struktur und die Bedeutung der Fachinhalte, (2) Curriculares Wissen, (3) Wissen über inhaltspezifische Lernprozesse und Schülervorstellungen (also fachspezifisches diagnostisches Wissen bzw. „knowledge of content and students“, vgl. Ball et al., 2008), (4) Wissen über Instruktionsmethoden und Repräsentationen für bestimmte Inhalte („knowledge of content and teaching“, vgl. Ball et al., 2008). Ball et al. (2008) fügen eine weitere Facette hinzu, die sie (5) als „specialized content knowledge“ bezeichnen, also vertieftes fachliches Wissen, das Lehrkräfte speziell zum Zwecke des Lehrens benötigen.

Übergreifende Vorstellungen (1) zur **Bedeutung der Fachinhalte** werden von Bromme (1997; Bromme & Rheinberg, 2006) auch als „Philosophie des Schulfachs“ bezeichnet, um deutlich zu machen, dass diese Facette des Lehrerwissens bzw. der fachbezogenen Lehrerüberzeugungen eine bewertende Perspektive auf den Unterrichtsinhalt impliziert. Die persönlichen Überzeugungen von Lehrenden, wie z. B. zu welchen Zwecken die Vermittlung bestimmter Fachinhalte dient und welche Bedeutung der Vermittlung naturwissenschaftlich-mathematischem Wissen in Schule in Hinblick auf außerschulische Lebensbereiche zukommt, werden nicht nur von bildungswissenschaftlichen Fachdiskussionen, sondern auch von der öffentlichen Debatte über die Rolle der (Natur-)Wissenschaften in der Gesellschaft geprägt (vgl. hierzu das DFG-Schwerpunktprogramm „Wissenschaft und Öffentlichkeit“, Bromme et al., 2008). Lehrende sollten über eine reflektierte und informierte Philosophie des Schulfachs verfügen. Dazu gehört insbesondere auch, dass Lehrerinnen und Lehrer darüber Bescheid wissen, in welcher Beziehung das Fach zu anderen Bereichen des menschlichen Lebens und Wissens steht, mit welchen Anforderungen ihre Schülerinnen und Schüler auf einer weiterführenden Schule, im Studium oder Beruf konfrontiert werden und wie der schulische Fachunterricht dazu beitragen kann, dass sie diesen Anforderungen gewachsen sind.

Neben einer reflektierten Vorstellung über den Sinn und Zweck des Schulfachs benötigen Lehrende außerdem (2) **curriculares Wissen** über den horizontalen und vertikalen Aufbau der Curricula, also Wissen darüber, wie die Inhalte innerhalb einer Jahrgangsstufe (horizontal) und über die verschiedenen Jahrgangsstufen hinweg (vertikal) strukturiert sind, sowie Wissen über geeignete Lehrmaterialien (Schulbücher, Arbeitsblätter etc.). Als zentrale Dimensionen fachbezogenen pädagogischen Wissens gelten seit Shulman (1986) die nachfolgenden Facetten (3) und (4).

Die Facette (3), **das Wissen über fachspezifische Schülervorstellungen** ist trotz der Vielfalt in der Begriffsklärung zum fachdidaktischen Denken in allen Operationalisierungsansätzen zu finden (vgl. Depaepe et al., 2013). Schülervorstellungen, also Präkonzepte, Fehlkonzepte, typische Fehler und Strategien von Schülerinnen und Schülern werden seit den 1980er Jahren in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken, der Mathematikdidaktik sowie der Kognitions- und Entwicklungspsychologie ausführlich empirisch untersucht (Duit & Pfundt, 1985, 1988; Vosniadou & Brewer, 1992; Chi, 2005; Chi, Siler, & Jeong 2004; Krist, 1999). Erst in jüngster Zeit hingegen ist das Forschungs-

interesse daran erwacht, welches Wissen Lehrende über solche domänenspezifischen Schülervorstellungen besitzen (Krauss et al., 2008; Chi et al., 2004; Herppich, Wittwer, Nückles & Renkl, 2010; Ostermann, Leuders & Nückles, 2015). Die Fähigkeit von Lehrenden, die Fachinhalte quasi „aus der Schülerperspektive“ wahrzunehmen, ist ein zentrales Moment der fachbezogenen diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften. Dazu gehört insbesondere auch, abschätzen zu können, welche Inhalte und Aufgaben Lernenden voraussichtlich schwerfallen, welche typischen Fehler und Fehlkonzepte wahrscheinlich zu beobachten sein werden, oder welche Inhalte Schülerinnen und Schüler voraussichtlich interessant bzw. langweilig finden (Ball et al., 2008). Die Fähigkeit zur Perspektivenübernahme wird in der Expertenforschung als eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche instruktionale Kommunikation mit Anfängern bzw. Laien angesehen (Bromme, Rambow & Nückles, 2001; Nückles, Wittwer & Renkl, 2005; Wittwer, Nückles & Renkl, 2010). Empirische Untersuchungen zeigen jedoch, dass Lehrkräfte keineswegs vor einem „Expert Blind Spot“ gefeit sind und zu erheblichen Fehleinschätzungen neigen, weil sie sich tendenziell nicht aus ihrer fachlogischen Perspektive lösen können, wenn es beispielsweise darum geht, die Schwierigkeit von Aufgaben aus Schülersicht zu beurteilen (Nathan & Koedinger, 2000; Nathan & Petrosino, 2003). Die Erforschung und gezielte Förderung dieser Facette des fachbezogenen pädagogischen Wissens bildet daher ein wichtiges Forschungsdesiderat.

Facette **(4) das Wissen über Instruktionmethoden und Repräsentationen für bestimmte fachbezogene Inhalte** – hat seit den Arbeiten Shulmans die bislang größte wissenschaftliche Beachtung erfahren (Borko & Putnam, 1996). In der COACTIV-Studie wurde diese Facette im Fach Mathematik anhand des Wissens von Lehrkräften über das didaktische Potenzial von Aufgaben (Büchter & Leuders 2005a,b) sowie der Fähigkeit, zu bestimmten mathematischen Sachverhalten multiple Repräsentationen und Erklärungsmöglichkeiten zu generieren, erforscht (Krauss et al., 2008). Empirische Untersuchungen aus der Arbeitsgruppe um Ball (vgl. Hill, Rowan & Ball, 2005) weisen darauf hin, dass dieses fachbezogene pädagogische Wissen ein wichtiger Faktor für die Leistungsentwicklung von Schülerinnen und Schülern darstellt. Dementsprechend ist diese Facette in den verschiedenen Operationalisierungsansätzen ein wesentlicher Bestandteil fachdidaktischen Denkens.

Zusätzlich zu den vier soweit charakterisierten Facetten des fachbezogenen pädagogischen Wissens haben Ball et al. (2008) eine weitere Facette, **(5) specialized content knowledge**, hinzugefügt, die in enger Wechselbeziehung zu den Facetten 3 (Wissen über Schülervorstellungen) und 4 (Wissen über Instruktionmethoden und Repräsentationen) verortet werden muss. Mit ihrem Konzept des „specialized content knowledge“ gehen Ball et al. (2008) in der Charakterisierung der für die Lehrerbildung relevanten Wissensbestandteile einen Schritt weiter. Untermuert von vielfältigen Fallstudien konkreter fachlicher Lehr-Lernprozesse identifizieren sie fachbezogene Wissensaspekte, welche genuin für das didaktische Handeln relevant sind. Diese umfassen vertieftes Wissen zu fachlichen Begriffen, zu alternativen Definitionen und deren Zusammenhängen oder zu unterschiedlichen Repräsentationen fachlicher Konzepte. Am Beispiel der Brüche in der Mathematik sind dies alternative Bruchzahldefinitionen, deren logische Beziehung,

unterschiedliche begriffliche Aspekte von Brüchen (Brüche als Verhältnisse, als Anteile oder als Operatoren), verschiedene Repräsentationen und ihr Wechselverhältnis, usw. Nach Ball et al. (2008) handelt es sich hier um „unpacked“ oder „decompressed“ knowledge, also um dekomprimiertes und „wieder ausgepacktes Wissen“, welches es der erfahrenen Lehrkraft ermöglicht, bestimmte komplexe Zusammenhänge und Algorithmen für die Lernenden Schritt für Schritt nachvollziehbar zu machen (vgl. Ball et al., 2008). „Specialized content knowledge“ bzw. vertieftes fachliches Wissen – wie wir es im Folgenden bezeichnen – kann somit als Gegenstück von enkapsuliertem, verdichtetem Wissen verstanden werden, welches seit den klassischen Arbeiten von Boshuizen und Schmidt als charakteristisch für die fallspezifische Wissensorganisation von Experten angesehen wird (Rikers, Schmidt & Boshuizen, 2002; Boshuizen & Schmidt, 1992). Es handelt sich somit um fachliche Aspekte, die Fachwissenschaftler oft nur marginal interessieren, zu denen eine Lehrperson aber gut vernetztes und konsolidiertes Wissen benötigt. Aus diesem Grund wird der Bereich des vertieften fachlichen Wissens bei den fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen verortet.

1.1.3 Ein integrierendes Modell

In den letzten Jahren wurden im Bereich des fachbezogenen pädagogischen Wissens in der Nachfolge von Shulman, sowie im Bereich des Wissenschaftsverständnisses in verschiedenen Forschergruppen der unterschiedlichen Domänen eine Vielfalt von Klassifikationen und Konzeptualisierungen entwickelt und vorgeschlagen. Trotz zum Teil differierender Nuancen im Begriffsverständnis, finden sich wiederkehrende stabile Kernkonzepte, die in den vorangegangenen Abschnitten im Überblick dargestellt wurden. Aus diesen Analysen resultiert ein integrierendes Modell fachbezogener pädagogischer Kompetenzen.

Zu diesem Modell sind noch einige Bemerkungen angebracht: Im Sinne der oben dargelegten Sicht, bezeichnen wir die Facetten als Kompetenzen und deuten damit an, dass hier Wissen, Können und Überzeugungen als miteinander verschränkt gedacht sind. Im Bereich des eher fachbezogenen Wissens schließen wir uns Ball et al. (2008) an und sehen eine Trennlinie zwischen universitärem Wissen und solchen berufsfeldbezogenen vertieften Wissen, welches man mit dem spezifischen Berufsziel Lehramt erwirbt. Auf Seiten der fachlichen Kompetenzen unterscheiden wir die inhaltlichen und methodischen Kompetenzen im Fach einerseits und das disziplinäre Metawissen sowie die auf die Disziplin bezogenen Überzeugungen andererseits, welche wir als Wissenschaftsverständnis zusammenfassen. Ganz analog lassen sich die auf das Schulfach bezogenen Kompetenzen unterscheiden, nach den berufsspezifisch vertieften fachlichen Kompetenzen, dem auf das Schulfach bezogene Metawissen und die Überzeugungen zum Schulfach. Diese Überlegungen münden in das Modell, das in Abb. 2 dargestellt ist. Die Grafik 1.2 deutet an, dass die Grenzen zwischen den beteiligten Facetten nicht scharf sind. Dieses Modell darf nicht als Abbild einer kognitiven Struktur bei Lehrenden verstanden werden, sondern dient zur Strukturierung der hier in Rede stehenden Forschungen.



Abb. 2 Vorschlag für ein Arbeitsmodell von Lehrprofessionalität

1.2 Stand der Forschung

1.2.1 Empirische Erfassung fachbezogener pädagogischer Kompetenzen

In den letzten Jahren hat sich die Unterrichtsforschung im Zusammenhang mit den internationalen Leistungsvergleichen, den Fortschritten im Bereich statistischer Verfahren sowie mit einer methodischen Schärfung auch durch qualitative Ansätze methodisch und in Bezug auf die Erkenntnislage deutlich weiterentwickelt, während im Bereich der Lehrerbildungsforschung nur eine zögerliche Entwicklung zu verzeichnen ist. Gründe hierfür dürften in der deutlich höheren inhaltlichen Herausforderung für Studien auf Lehrer- oder Studierendenebene liegen, aber auch im höheren organisatorischen Aufwand für größere Testpopulationen.

Vor allem aber stellt sich die Kompetenzstruktur einer Lehrperson, die über reines Wissen hinausgeht, als sehr komplex dar (vgl. Baumert & Kunter, 2006; Lüders & Wisinger, 2007; speziell für das Unterrichtsfach Mathematik, Brunner et al., 2006, Blömeke, Kaiser & Lehmann, 2010). Insbesondere ist zu fragen, inwieweit eine Kompetenz, die Lehrkräfte zum Handeln befähigt, überhaupt expliziert und damit gemessen werden kann, da die Rolle des Professionswissens beim Handeln im Unterricht keineswegs geklärt ist (vgl. Fischler, 2008; Neuweg, 2002). Nach Reinhold (2004) hat sich die Operationalisierung bestimmter Konstrukte und damit verbunden die konkrete Entwicklung geeigneter Untersuchungsinstrumente in der empirischen Lehrerbildungsforschung als zentraler Problemkomplex herausgestellt (vgl. auch die Übersicht von Baxter & Lederman, 1999). Zieht man in diesem Bereich ein Zwischenfazit, so ist beim direkten Messen des Professionswissens von Lehrkräften mit reliablen und validen Instrumenten national wie international noch Forschungsbedarf festzustellen (vgl. Cochran-Smith & Zeichner, 2005; Krauss et al., 2008a,b). Dementsprechend wurden in den letzten Jahren die Facetten des fachdidaktischen Wissens, des fachwissenschaftlichen Wissens und des pädagogischen Wissens in verschiedenen Projekten zum Gegenstand von Forschung gemacht (z. B. Schmelzing, 2010; Tepner et al., 2012; Kröger et al., 2012; Cauet et al., 2015; Cauet, 2016).

Obwohl die zentrale Bedeutung des Professionswissens bei Lehrkräften in Bezug auf effektives Unterrichten unbestritten ist (vgl. etwa Bromme, 1992; Lipowsky, 2006; für die internationale Diskussion im naturwissenschaftlichen Bereich, Abell, 2007), herrscht mangels einheitlicher theoretischer Bezugspunkte und fehlender empirischer Evidenz weiterhin ein Dissens in der Literatur hinsichtlich verschiedener Wissenstypen sowie der Struktur, Topologie und Genese professionellen Wissens (vgl. Baumert & Kunter, 2006). Generell kann die empirische Befundlage im Bereich der Erfassung der Struktur, der Bedingungen und der Wirkungen fachbezogener pädagogischer Kompetenzen als sehr heterogen und in den verschiedenen Domänen stark unterschiedlich entwickelt angesehen werden.

Im Folgenden geben wir eine Übersicht über zentrale empirische Befunde, gegliedert danach, ob der Fokus (1) auf der Struktur, (2) auf der Genese und den Bedingungen oder (3) auf den Wirkungen von fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen liegt. In den ersten Jahren der Untersuchung fachbezogener pädagogischer Kompetenzen nach Shulmans initialem Beitrag lag der Fokus auf der Konstruktbildung und Messbarmachung, also auf dem Bereich (1). Mit zunehmender Konsolidierung der Konstrukte, traten Fragen nach (2) den Bedingungen des Entstehens fachbezogener pädagogischer Kompetenzen in den Blick, sei es in Form unterschiedlicher Studiengangsformate oder in der Lehrerweiterbildung. Erst in den letzten Jahren findet man Studien, (3) die Wirkung differentieller Kompetenzen von Lehrkräften auf die Leistungen ihrer Schülerinnen und Schülern untersuchen und dabei auf eine Operationalisierung im Bereich (1) zurückgreifen müssen. Die im Folgenden beschriebenen empirischen Erkenntnisstände beziehen sich vornehmlich auf das Fach Mathematik und zum Teil auf die Naturwissenschaften. Hier finden sich die bislang umfassendsten empirischen Erhebungsansätze.

(1) Strukturen fachbezogener Kompetenzen

Wesentliche Anregungen zu einer systematischen empirischen Erfassung der Shulman'schen Kategorien sind die Projekte der Michigan Group (Hill, Schilling & Ball, 2004), die COACTIV-Studie (Krauss et al., 2008a,b), ProwiN (Borowoski et al., 2010; Tepner et al., 2012), KIL (Kröger et al., 2012), das Verbundprojekt Profile-P (vgl. Kulgemeyer et al., 2012) und die internationale Vergleichsstudie TEDS-M (Blömeke et al. 2010). Versuche, verschiedene Facetten von fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen psychometrisch zu trennen, ergaben bislang allerdings erst wenige Befunde.

Hill et al. (2004, 2008) konnten im Rahmen einer explorativen Faktorenanalyse in ihren Itemsätzen zwei Dimensionen schulfachlichen Wissens von einer Dimension schülerbezogenen Wissens (KCS = knowledge about content and students) unterscheiden. Auch gelang ihnen eine schwache Trennung von fachbezogenem Alltagswissen und berufsfeldbezogenem vertieftem schulbezogenem Wissen, also solchem Wissen, das exklusiv in der Mathematiklehrausbildung erworben wird. Kirschner (2013) konnte im ProwiN Projekt zeigen, dass die Dimensionen CK, PCK und PK voneinander unterscheidbar sind.

Neben der Operationalisierung in Dimensionen können die fachbezogenen Kompetenzen in Niveaustufen beschrieben werden. Für die Physik konnten z. B. Riese und Reinhold (2008) drei Niveaus in einer Studie zur Erfassung des Fachwissens von Lehramtsstudierenden unterscheiden: empirisch abgesichertes Wissen auf Schulniveau, ein vertieftes Wissen und universitäres Wissen (Riese & Reinhold, 2010). Bei Woitkowski (2015) hingegen sind für das fachbezogene Wissen vier Stufen zu finden: Schulwissen, vertieftes Schulwissen, universitäres Wissen und fachliches Alltagswissen. Von den oben genannten Stufen beschränkte sich das ProwiN Projekt bei der Erhebung des fachbezogenen Wissens auf Schulwissen und vertieftes Schulwissen (vgl. Cauet, 2016). In der MT21-Studie (Mathematics Teaching in the 21st Century) sind für die Mathematik

vier Niveaustufen, die explizit den Schulbezug betonen, zu finden. Diese Stufen gehen auch über das für die Sekundarstufe I getestete Schulwissen hinaus: Mathematik der Sekundarstufe I, Mathematik der Sekundarstufe II, Schulmathematik vom höheren Standpunkt aus und universitäre Mathematik (Blömeke, Seeber, Lehmann, Kaiser & Schwarz et al., 2008).

Bezüglich des fachbezogenen pädagogischen Wissens konnten Gramzow et al. (2015) zeigen, dass sich die von ihre angenommene, modellkonforme innere Struktur des fachdidaktischen Wissens in der Physik empirisch abbilden lässt. In dieser Studie beschränkte sich Gramzow einerseits auf den physikalischen Inhaltsbereich der Mechanik sowie auf die vier folgenden fachdidaktischen Facetten: „Instruktionsstrategien“, „Schülervorstellungen“, „Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses“ sowie „Fachdidaktische Konzepte“.

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem *content knowledge* (CK) und dem *pedagogical content knowledge* (PCK) wurden im Rahmen der COACTIV-Studie (Krauss et al., 2008) beide Facetten auf ähnliche Weise wie bei Ball et al. (2008) operationalisiert und empirisch untersucht. Zudem wurde mathematisches Wissen als vertieftes Hintergrundwissen über Inhalte des mathematischen Schulcurriculums in Mathematik definiert, was der Definition von *specialized content knowledge* (SCK) bei Ball et al. (2008) nahekommt und in unserer Definition – konform mit der Michigan Gruppe und anders als bei COACTIV – als Facette von *fachbezogenem pädagogischen Wissen* angesehen wird. Das bei COACTIV verwendete Instrument aus insgesamt 26 Items erfasst dabei ausdrücklich keine handlungsnahen Aspekte des fachdidaktischen Wissens wie etwa die tatsächliche Reaktion auf kritische Unterrichtssituationen.

Die Korrelation zwischen den Scores für das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen von $r = .60$, wird von den Autoren als Indiz für eine Interdependenz bei klarer Unterscheidbarkeit von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen gewertet. Ähnliche Korrelationen (Primarstufe $r = 0.6$, Sekundarstufe 1: $r = 0.7$) zeigen die anders operationalisierten aber analog konzeptualisierten Erfassungsinstrumente aus TEDS-M (Blömeke et al., 2010) für die deutsche Teilpopulation. Die geringeren Korrelationen in anderen Teilnehmerländern (0.4–0.6) weisen auf eine durchaus vorhandene differentielle Validität der Instrumente hin. Die Autoren konzidieren allerdings eine große Nähe in der Operationalisierung der fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Skalen.

Die Erfassung von fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen über geschlossene oder halboffene Items stellt hohe Ansprüche an die Itemkonstruktion, insbesondere hinsichtlich der Validität. Bei jedem einzelnen Item muss sichergestellt werden, dass es nicht durch die Anwendung rein fachlicher oder allgemein pädagogischer Kenntnisse zu lösen ist (vgl. das Rationale von Kromrey und Renfrow (1991), zur Konstruktion so genannter C-P-Items, also Items, die content-spezifisches pädagogisches Wissen operationalisieren). Die relative Handlungsferne solcher Items verlangt allerdings die theoretische Diskussion und empirische Überprüfung ihrer ökologischen Validität (Kagan, 1990): Inwiefern ist anzunehmen, dass die Beantwortung der Items mit dem unterrichtlichen Verhalten der Lehrperson konform geht? Sicherlich ist die Darstellung der Kom-

plexität, Offenheit und Flexibilität erwünschten unterrichtlichen Handelns nicht vollständig in geschlossenen Kurzantworten und Items mit stark vereinfachenden Ausgangssituationen zu leisten.

Eine höhere Validität erreichen qualitative Verfahren wie strukturierte Interviews oder Concept Maps (z. B. Morine-Dersheimer, 1989), die jedoch bei der Analyse und Interpretation hohe Anforderungen stellen, vor allem, wenn man sie in quantitativ weiter verwendbare Daten überführen will. Dasselbe gilt für die Auswertung offener Frageitems. Hierzu sind mitunter hochinferente Raterurteile abzusichern, wie etwa bei Krauss et al. (2008) erfolgreich geschehen. Eine weitere Form handlungsnaher Erfassung fachbezogener pädagogischer Kompetenzen sind Aufforderungen zur Handlung im Anschluss an in Videovignetten dargestellten unterrichtlichen Episoden. Schmelzing (2010) entwickelte in jüngster Zeit ein Instrument zur Erfassung deklarativer und reflektiver Komponenten von *pedagogical content knowledge* von Biologielehrerinnen und -lehrern. Hierbei handelt es sich um einen paper-pencil-test, in dem bevorzugt Items mit offenem Antwortformat verwendet werden und fiktive Videoclips zum Einsatz kommen (vgl. auch Beck et al., 2008). In vielen Studien (beginnend bereits mit Hashweh, 1995) findet man daher auch multimethodale Designs (für einen Überblick im Bereich Naturwissenschaften vgl. Baxter & Lederman, 1999).

Insgesamt muss man bei der empirischen Erfassung fachbezogener pädagogischer Kompetenzen also weiteren Forschungsbedarf konstatieren, insbesondere hinsichtlich der folgenden drei, eng miteinander zusammenhängenden Bereiche: (a) der weiteren Diskrimination der Facetten fachbezogener pädagogischer Kompetenzen, (b) der Validierung der Erfassungsinstrumente (jenseits der testtheoretischen Validierung bei Krauss et al. (2008) und (c) der Weiterentwicklung handlungsnaher Operationalisierungen.

(2) Bedingungen für die Genese fachbezogener Kompetenzen

Die Lerngelegenheiten für Lehrkräfte in der ersten, zweiten und dritten Ausbildungsphase unterscheiden sich international, aber auch in den deutschen Bundesländern erheblich (Wang, Coleman, Coley & Phelps, 2003; Döhrmann et al., 2010; König et al., 2010; Blömeke et al., 2010). Das eröffnet die Möglichkeit, Zusammenhänge zwischen den Ausbildungsstrukturen und den Kompetenzen von Lehrkräften zu explorieren.

Generell zeigt sich, dass in Deutschland Gymnasiallehrkräfte in diesen Studien nach der universitären Ausbildungsphase deutlich höhere Kompetenzen im Bereich der fachwissenschaftlichen Kompetenzen besitzen (v. a. Krauss et al., 2008; Blömeke et al., 2010). Bei Grundschullehrkräften zeigt sich ein ausgeprägter positiver Zusammenhang zwischen *fachwissenschaftlichem* Wissen und der verpflichtenden Belegung eines Faches Mathematik in der ersten Ausbildungsphase: National wie international zeigt sich in Ländern mit „fachlosem“ Primarstufenlehrerstudium (Blömeke et al., 2010) eine merklich geringere Ausprägung fachlicher und fachdidaktischer Kenntnisse. Dieser Befund ist mit Blick auf die unterschiedlichen Umfänge fachlicher Ausbildungsinhalte erwartungskonform.

Für die Physik konnten Riese & Reinhold (2008, 2010) zeigen, dass die Haupt- und Realschulstudierenden gegenüber Studierenden des gymnasialen Lehramts hinsichtlich ihres fachbezogenen Vorwissens und ihrer allgemeinen kognitiven Leistungsfähigkeit benachteiligt sind. Von Anfang an ist ein Rückstand bei der fachbezogenen Kompetenzentwicklung zu beobachten. Hinsichtlich der Kompetenzentwicklung konnten nach Riese und Reinhold die Studierenden des gymnasialen Lehramts aufgrund eines deutlich größeren Umfangs ihrer fachlichen Ausbildung und unter Kontrolle der Abiturnote einen signifikanten Kompetenzvorsprung beim Fachwissen gegenüber den Haupt- und Realschulstudierenden verzeichnen.

Für die Fragestellungen unseres interdisziplinären Projektansatzes sind die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Ausbildungsgängen im Lehramt und den fachbezogenen Facetten *pädagogischen* Wissens, also insbesondere dem *fachdidaktischen* Wissen und den *fachbezogenen* Überzeugungen ebenfalls interessant. In Studien aus der Mathematik zeigt sich, dass Gymnasiallehrkräfte zu Beginn des Berufseinstiegs eine höhere fachdidaktische Kompetenz als Lehrkräfte der nichtgymnasialen Schulformen besitzen. Dies erscheint zunächst kontraintuitiv, da diese Gruppe trotz längerem Studium einen geringeren Umfang von spezifisch fachdidaktischen Lerngelegenheiten haben. Als Erklärungen werden verschiedene weitere Daten herangezogen: Zum einen muss hier die Ausgangsselektivität berücksichtigt werden: Gymnasiallehrkräfte stammen mit höherer Wahrscheinlichkeit aus Leistungskursen (85 % gegenüber 50 % bei Haupt- und Realschullehrkräften, Blömeke et al., 2010). Beim Vergleich von Lehrkräften mit gleichem Fachwissen hingegen löst sich dieses Paradox auf: In der COACTIV-Studie schnitten die Nicht-Gymnasiallehrkräfte bei Kontrolle des Fachwissens besser im fachdidaktischen Wissen ab als die Gymnasiallehrkräfte (Krauss et al., 2008).

Neben diesem Effekt der Eingangsselektivität weist aber auch die hohe Korrelation zwischen den fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Wissensanteilen darauf hin, dass die beiden Facetten eng aufeinander bezogen sind, so dass im Laufe der Lerngeschichte, fachwissenschaftliche Kompetenzen zu einer tieferen Durchdringung auch nur gering thematisierter fachdidaktischer Inhalte führen können (Ball et al., 2008). Andererseits könnten die hohen Werte im Bereich der fachdidaktischen Fähigkeiten auch auf die bereits angedeutete zu geringe Spezifität der Items in der fachdidaktischen Skala zurückzuführen sein.

Die sich hier andeutenden Zusammenhänge zwischen Lerngelegenheiten und resultierenden Kompetenzen müssen aber angesichts der empirischen Probleme (querschnittliche Quasiexperimente, unzureichende Erfassung der Eingangsbedingungen) zurzeit noch als spekulativ angesehen werden. Über die spezifischen Umstände der Genese dieser Unterschiede können die genannten Studien aber keinen Aufschluss geben. Diese Befundlage macht deutlich, dass umfassender Forschungsbedarf zur Genese fachdidaktischer Kompetenzen im Studium besteht.

Hinsichtlich der Einflüsse der Lerngelegenheiten in der – oft als dritte Ausbildungsphase – titulierten berufsbegleitenden Weiterbildung ergibt sich aus verschiedenen Studien ebenfalls ein heterogenes Bild. In der breit gestreuten Population bei COACTIV

(Berufsjahre $M=21$, $SD=10$, Fortbildungsstunden in den vorausgehenden drei Jahren $M=42$, $SD=53$) ergaben sich nur sehr schwache und durchweg insignifikante Zusammenhänge: Fortbildungen scheinen sich nicht auf die professionellen Kompetenzen auszuwirken. Lediglich bei Lehrkräften aus ehemaligen Diplomlehrerstudiengängen der DDR erreichen die Personen mit wenigen Berufsjahren ein höheres Kompetenzniveau, was aber eher durch den zwischenzeitlichen Wechsel des Ausbildungssystems zu erklären ist (Kraus et al. 2008). Diese aktuellen Analysen weisen darauf hin, dass das bestehende Fortbildungssystem und insbesondere seine fachbezogenen Angebote auf den Prüfstand gestellt werden muss, und dass Forschungen zu seiner Struktur und Effektivität von hohem Belang sind.

Aus dieser Befundlage einer einzelnen Querschnittsstudie kann aber nicht auf die generelle Ineffektivität von Fortbildungen geschlossen werden, Lipowsky (2010) gibt in einem breiten Review einen Überblick über die (in den letzten zehn Jahren erheblich gewachsene) empirische Befundlage zur Wirkung von Lehrerfortbildungen. So konnten Carpenter et al. (1989) und Franke et al. (2001) die nachhaltige Veränderung fachdidaktischen Wissens, insbesondere der fachbezogenen diagnostischen Fähigkeiten bei Lehrkräften im Rahmen einer Fortbildung zu problemlösenden Lernen von Grundschulern nachweisen. Auch ließen sich die Veränderung unterrichtsbezogener Überzeugungen bei Mathematiklehrkräften in moderierten videobasierten Qualitätszirkeln zeigen (Gärtner, 2007). Möller et al. (2006) konnten in einer sechzehntägigen Fortbildung zum naturwissenschaftlichen Unterricht die Vorstellung vom naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen als „conceptual change“ entwickeln. In den genannten Studien der Gruppen um Carpenter und Möller konnten im experimentellen Design sogar Effekte auf die Leistungszuwächse der Schülerinnen und Schüler festgestellt werden. Ehlert, Maag-Märki, Leuders et al. (2009) konnten eine Veränderung der unterrichtsbezogenen Überzeugungen von Lehrkräften im Rahmen einer halbjährigen Intervention aus fachdidaktischen Impulsveranstaltungen und Kooperationsphasen feststellen.

Lipowsky (2010) analysiert die hier genannten und viele weitere Fortbildungskonzepte drauf, welche Bedingungen zum Gelingen beitragen. Er stellt fest, dass sich *„erfolgreiche und wirksame Fortbildungen durch einen eher engen fachdidaktischen Fokus auszeichnen, der das Lernen und die Lernprozesse der Schüler/innen, ihre fachbezogenen Konzepte, Vorstellungen, Denkweisen und auch Misskonzepte in den Vordergrund rückt und hierdurch das fachdidaktische und diagnostische Wissen der Lehrpersonen vertieft. [...] Fortbildungen sind offenbar insbesondere dann veränderungswirksam, wenn es zu Dissonanzen zwischen den eigenen Erwartungen und Überzeugungen auf der einen Seite und der eigenen unterrichtlichen Praxis bzw. deren Wirkungen auf die Schüler/innen auf der anderen Seite kommt. [...] Zahlreiche wirksame Fortbildungen zeichnen sich durch eine Kombination aus Reflexions- und handlungspraktischen Erprobungsphasen aus. Eine Reihe wirksamer Fortbildungen nutzt Schülerdaten, um das fachdidaktische und diagnostische Wissen von Lehrpersonen weiterzuentwickeln, wobei die Lehrpersonen bei der Interpretation der Daten jedoch nicht sich selbst überlassen sind, sondern von wissenschaftlicher Seite begleitet werden.“* (Lipowsky 2010). Diese

Metaanalyse weist darauf hin, wie bedeutsam fachbezogene Aspekte hinsichtlich des Erfolgs von Lehrerfortbildung sind. Es finden sich Beispiele sowohl für die erfolgreiche Vermittlung fachbezogenen pädagogischen Wissens bezüglich Schülerkognitionen und bezüglich Lehrmodellen als auch für die Veränderung von Überzeugungen. Weitere Forschung zu den spezifischen Wirkungen unterschiedlicher Modelle der Vermittlung dieser Facetten professioneller Kompetenz ist hier von unmittelbarem Belang.

(3) Wirkungen von fachbezogenen Kompetenzen

Zu der größten Herausforderung in der Absicherung des Konzeptes der fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen gehört der Nachweis einer prädiiktiven Validität dieser Kompetenzen für die Unterrichtsqualität und die Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler.

Hill et al. (2008) konnten hier zeigen, dass sowohl das Fachwissen als auch das fachbezogene pädagogische Wissen von Grundschullehrkräften zur Vorhersage von Leistungsfortschritten von Schülerinnen und Schülern geeignet ist. Baumert et al. (2010) haben im Rahmen der COACTIV-Studie die Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und dem fachdidaktischen Wissen (CK und PCK) von Lehrkräften und den Lernerfolgen ihrer Schüler in einem einjährigen Längsschnitt untersucht. Dabei erfassten sie als Mediatoren verschiedene Variablen der Unterrichtsqualität, unter anderem die kognitive Aktivierung und die individuelle Schülerunterstützung. Dabei konnten sie durch Vergleich konkurrierender hierarchischer Strukturgleichungsmodellen die Hypothese untermauern, dass PCK und nicht CK der entscheidende Prädiktor ist für die Lernfortschritte und zwar vermittelt über die genannten Aspekte von Unterrichtsqualität. 39 % der Leistungsvarianz der Schüler wurden durch die latente Variable der PCK erklärt, die Effektstärke betrug 0,46 Standardabweichungen. Dieser positive Effekt von PCK zeigte sich zudem nachweislich stärker bei der Förderung schwächerer Schülerinnen und Schüler.

Die beschriebenen Studien weisen also insgesamt auf eine Multidimensionalität fachbezogener Kompetenzen hin, machen aber auch deutlich, dass die vielfältige Abhängigkeit der Ergebnisse von Populationen (Schulformen), Operationalisierungen (jeweils gewählte Fragestellungen, die die Facetten repräsentieren sollen) und Testformaten (Multiple-Choice, offene Fragen, Videovignetten) noch kein geschlossenes Bild erlaubt. In der Tendenz kann die besondere Bedeutung der fachbezogenen pädagogischen Kompetenzfacetten für die Unterrichtsqualität und die Lernerfolge als nachgewiesen angesehen werden.

Die empirische Untersuchung von fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen steht vor mehreren großen Herausforderungen:

- Die zugrundeliegenden theoretischen Modelle nähern sich dem Konstrukt aus sehr unterschiedlichen Perspektiven und mit unterschiedlicher Nähe zur Domäne. Dabei gibt es immer wieder Abgrenzungsfragen, wie z. B.: Wie sind die epistemologischen Überzeugungen zur Wissensgenese in der Disziplin zu trennen von solchen zur individuellen Wissensgenese bei Schülerinnen und Schülern? Wo liegt die Trennlinie

zwischen für die Verwendung im Lehrberuf spezialisiertem Fachwissen und solchem, das rein universitären Charakter hat?

- Die Vielgestaltigkeit der beschriebenen Kompetenzaspekte (Wissen, Handeln, Überzeugungen) erfordert eine entsprechend weit gefächerte Methodik. Besondere Herausforderungen stellen dabei die handlungsnahen Kompetenzaspekte, die bislang kaum erfasst wurden.
- Die Teilbereiche der fachlichen, fachbezogenen pädagogischen und allgemeinen pädagogischen Kompetenzen sind konstruktbedingt eng vernetzt. Eine einfache Trennung in unabhängige Dimensionen ist daher nicht möglich. Dadurch werden korrelative Zusammenhänge etwa mit Leistungszuwächsen von Lernenden oder Ausbildungsbedingungen nur schwer interpretierbar.

Diese Schwierigkeiten zeigen sich in den aktuellen Studien deutlich: Die Operationalisierung von *pedagogical content knowledge* bei COACTIV ist nahe an fachlichem Wissen: Fachdidaktische Fähigkeiten werden durch Umgang mit Aufgaben repräsentiert und dieser wiederum durch die Angabe multipler Lösungswege operationalisiert. Es ist nicht auszuschließen, dass das gute Abschneiden von Gymnasiallehrkräften bei dieser Skala auf einen kompensatorischen Einfluss ihres Fachwissens zurückzuführen ist. Hingegen zeigten Ball et al. (2008) an einer großen Zahl von Einzelfähigkeiten auf, dass insbesondere fachdidaktisch-diagnostische Kompetenzen von Lehrkräften mit einem fachdidaktisch vertieften Fachwissen (*specialized content knowledge*) einhergehen. Eine weitere Ausdifferenzierung von fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen sollte also vor allem folgende Forschungsrichtungen berücksichtigen:

- Differentielle Messbarmachung von Facetten fachbezogener pädagogischer Kompetenzen, insbesondere durch handlungsnaher Operationalisierungen
- Experimentelle Studien zum Erwerb von Facetten fachbezogener pädagogischer Kompetenzen in der Aus- und Weiterbildung
- Experimentelle Studien zur Wirksamkeit fachbezogener pädagogischer Kompetenzen in der Unterrichtspraxis
- Validitätssteigerung empirischer Instrumente zur Erfassung fachbezogener pädagogischer Kompetenzen durch qualitative Analysen
- Fächerübergreifende Konzeptualisierungen und parallele Validierung fachbezogener pädagogischer Kompetenzen

1.2.2 Empirische Befunde zu Wissenschaftsverständnis und fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen zur Vermittlung von Wissenschaftsverständnis

Schülerinnen und Schüler sollten in der Schule angemessene Vorstellungen über die Naturwissenschaften vermittelt bekommen, um naturwissenschaftliche Methoden und Informationen, denen sie alltäglich in Schulbüchern und in den Medien begegnen, kri-

tisch bewerten zu können (Eggert & Bögeholz, 2006; McComas, Almazroa & Clough, 1998; Toth, Suthers & Lesgold, 2002). Ein angemessenes Wissenschaftsverständnis gilt als eine wichtige Voraussetzung, um aktiv an der modernen Wissenschafts- und Technikbasierten Gesellschaft teilzunehmen (Bromme, 2005) und um die höhere Schulbildung erfolgreich abzuschließen (Trautwein & Lüdtke, 2004). Allerdings gibt es viele empirische Befunde aus der fachdidaktischen und psychologischen Lehr-Lern-Forschung, die zeigen, dass ein Großteil der Schülerinnen und Schüler aller Altersklassen zu naiv-realistischen und wissenschaftsgläubigen Vorstellungen neigt. Diese Defizite auf Schülerseite legen es nahe, nach dem Wissenschaftsverständnis der Lehrkräfte und deren fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen zur Vermittlung angemessener Vorstellungen über die „Natur“ der Naturwissenschaften zu fragen. Denn es ist anzunehmen, dass es Wechselwirkungen zwischen dem Wissenschaftsverständnis von Schülerinnen und Schülern und den epistemologischen Einstellungen ihrer Lehrkräfte und dem damit verbundenen Unterrichtsstil gibt (Buelens, Clement, & Clarebout, 2002; Hofer, 2004a, b; Johnston, Woodside-Jiron, & Day, 2001; Smith, Maclin, Houghton, & Hennessey, 2000; Tsai, 1998).

Im folgenden Abschnitt werden kurz die wichtigsten Befunde zu den Defiziten im Wissenschaftsverständnis auf Schülerebene berichtet. Danach folgt eine Übersicht über die empirische Befundlage zum Wissenschaftsverständnis von Lehrkräften und eine Darstellung der Befundlage zu den fachbezogenen pädagogischen Kompetenzen von Lehrkräften in Bezug auf die Vermittlung von Wissenschaftsverständnis.

Befunde zu Defiziten im Wissenschaftsverständnis von Schülern

Vorstellungen über die Naturwissenschaften werden in der fachdidaktischen Forschung unter dem Stichwort „nature of science“ untersucht. Nature of science umfasst das Verständnis der prinzipiellen Unsicherheit und Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, Wissen über die Funktion von Theorien und empirischen Methoden und Einblicke in die sozialen und persönlichen Aspekte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses (Leach, Driver, Millar & Scott, 1997; Lederman, Wade & Bell, 1998; McComas et al., 1998). Das Wissenschaftsverständnis von Schülerinnen und Schülern wird derzeit insbesondere in der Physik-, Biologie- und Mathematikdidaktik untersucht (Mikelskis-Seifert, 2002; Mikelskis-Seifert & Müller, 2005; Norris, Macnab, Wonham, & de Vries, 2009; Leder, Pehkonen, & Törner, 2002; Blömeke, Müller, Felbrich & Kaiser, 2008). Neben der fachdidaktischen Forschung, welche sich explizit dem Wissenschaftsverständnis in Bezug auf bestimmte Fächer und Domänen widmet, gibt es in der psychologischen Lehr-Lern-Forschung eine wachsende Zahl theoretischer und empirischer Arbeiten zu epistemologischen Überzeugungen (vgl. Hofer & Pintrich, 1997, 2002; Khine, 2008). Als epistemologische Überzeugungen werden dort Vorstellungen über die Struktur, Sicherheit, Quelle und Rechtfertigung von Wissen (Hofer, 2000; Urhahne & Hopf, 2004) bezeichnet. Neuere Studien weisen darauf hin, dass epistemologische Überzeugungen als domänenspezifisch, d. h. als Überzeugungen über die Genese