

**Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem
fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und
Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei
Grundschülerinnen und -schülern**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
des Doktors in den Erziehungswissenschaften
an der Westfälischen Wilhelms-Universität

Münster

Vorgelegt von:

Kim Lange

geboren am 01.04.1981 in Düsseldorf

2010

1. Gutachter: Frau Prof. Dr. Kornelia Möller

2. Gutachter: Herr Prof. Dr. Joachim Wirth

Tag der mündlichen Prüfung: 22.07.2010

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich auf dem Weg zur Promotion unterstützend begleitet haben.

Da diese Arbeit im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Seminar für Didaktik des Sachunterrichts an der Universität Münster entstanden ist, möchte ich mich zunächst bei allen (auch ehemaligen) Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bedanken, die durch konstruktive Gespräche oder tatkräftige Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. An erster Stelle gilt mein Dank Prof. Dr. Kornelia Möller und Dr. Thilo Kleickmann, die mich erst auf den Weg gebracht haben, wissenschaftlich zu arbeiten. Ihnen danke ich für das Eröffnen dieser Perspektive, die Unterstützung und Betreuung der vorliegenden Arbeit sowie die inhaltlichen Diskussionen darüber, wie man das, was Lehrkräfte für das Unterrichten naturwissenschaftlicher Themen im Sachunterricht wissen sollten, messbar machen kann. Für das gemeinsame Stemmen des übergeordneten PLUS-Projektes sowie die konstruktive, aber immer auch kritische Begleitung meiner Arbeit möchte ich mich auch bei Anne Ewerhardy bedanken, die während der letzten drei Jahre nicht nur eine geschätzte Kollegin, sondern auch eine gute Freundin geworden ist. Danken möchte ich außerdem Steffen Tröbst, der durch die ISEI-Kodierung und die Hilfe bei der Datenaufbereitung die vorliegenden Analysen in diesem Umfang erst ermöglicht hat. Hervorheben möchte ich auch Sarah Ermke, die z. B. durch die das Besorgen von Untersuchungsmaterialien, das Verlängern zahlreicher Hiwi-Verträge oder das Organisieren von Tagungsreisen stets eine großartige Unterstützung war.

Auch über unsere Arbeitsgruppe hinaus haben mir viele Menschen ihre Zeit geschenkt: Dr. Marco Adamina, Prof. Dr. Mirjam Steffensky, Nicola Meschede, Prof. Dr. Deborah Ball und Prof. Dr. Elizabeth Davis möchte ich ganz herzlich für das kritische Lesen und Diskutieren der Items und des Kodiermanuals danken.

Des Weiteren gilt mein Dank allen beteiligten Lehrkräften der PLUS-Studie und deren Klassen sowie allen beteiligten Teilnehmern der zusätzlichen Pilotierungs- und Validierungsstudien, ohne die die vorliegende Untersuchung nicht möglich gewesen wäre.

Bedanken möchte ich mich auch bei dem DFG Graduiertenkolleg und der Forschergruppe „Naturwissenschaftlicher Unterricht“, in dessen Zuge mir exzellente Ausbildungsbedingungen sowie die Möglichkeit zu intensivem interdisziplinären Austausch im In- und Ausland geboten wurden.

Mein persönlicher Dank gilt meiner Familie und meinen Freunden, ohne deren Rückhalt diese Promotion nicht möglich gewesen wäre. Besonders hervorheben möchte ich meine Geschwister Jana und Nina Lange sowie meine beiden Großmütter Agnes Lange und Ilse Loggen, die mich von Beginn an ermutigt haben, diesen Weg zu gehen. Insbesondere gilt mein Dank meinen Eltern Margit und Dr. Herwig Lange, die mich nicht nur während der gesamten Promotion, sondern seit 29 Jahren stets bedingungslos unterstützt und mir dadurch viele Türen und Tore geöffnet haben.

Von ganzem Herzen möchte ich mich bei meinem Freund Dr. Martin Scheel bedanken, der während der letzten drei Jahre wohl am meisten Geduld aufbringen musste: Ob technischer Support bei Hard- und Softwareproblemen, inhaltliche Diskussionen über die Dissertation zu später Stunde oder das Aufrechterhalten durch liebe Worte und gutes Essen – seine Hilfe und Unterstützung haben diese Promotion ein Stück leichter gemacht.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Stand der Forschung und offene Forschungsfragen	6
2.1 Konzeptuelles Verständnis von Grundschulkindern als Kriterium für leistungsbezogenen Lernerfolg im naturwissenschaftlichen Sachunterricht.....	6
2.1.1 Konzeptuelles Verständnis als Ziel des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts der Grundschule	7
2.1.2 Verständnisvolles Lernen aus entwicklungs- und lernpsychologischer Sicht	12
2.1.3 Naturwissenschaftliches Lernen als Veränderung von Konzepten.....	13
2.1.3.1 Forschung zu Schülervorstellungen.....	13
2.1.3.2 Naturwissenschaftliches Lernen als Veränderung von Konzepten.....	17
2.1.4 Naturwissenschaftliches Lehren: Ansätze und Befunde zur Gestaltung von naturwissenschaftlichem Unterricht.....	20
2.1.4.1 Das genetisch-sokratische Lehren als Konzeption des Sachunterrichts.....	20
2.1.4.2 Konstruktivistisch orientierte, Conceptual Change-fördernde Lehr-Lernumgebungen.....	22
2.1.4.3 Die Rolle der Lehrkraft	24
2.2 Ansätze und Befunde der empirischen Unterrichtsforschung zur Vorhersage von leistungsbezogenem Lernerfolg.....	25
2.2.1 Grundlegende Paradigmen der Unterrichtsforschung.....	26
2.2.2 Ansätze und Befunde im Persönlichkeitsparadigma.....	27
2.2.3 Ansätze und Befunde im Prozess-Produkt-Paradigma.....	28
2.2.4 Ansätze und Befunde im Expertenparadigma.....	30
2.2.5 Konstruktivistisches Paradigma.....	31
2.2.6 Ansätze und Ergebnisse der aktuellen Angebots-Nutzungs-Modelle.....	33
2.2.7 Zusammenfassung der historischen Entwicklung in Hinblick auf Determinanten des Lernerfolgs	37
2.3 Theoretische Ansätze und Befunde zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften.....	38
2.3.1 Theoretische Rahmung: Das fachspezifisch-pädagogische Wissen als Bestandteil des professionellen Lehrerwissens als Voraussetzung für unterrichtliches Handeln.....	39
2.3.1.1 Zur zentralen Rolle des Wissens.....	39
2.3.1.2 Das professionelle Wissen von Lehrkräften.....	41
2.3.1.3 Topologie des professionellen Lehrerwissens.....	43
2.3.1.4 Empirische Befunde zur Unterscheidbarkeit der Wissensdomänen.....	46
2.3.2 Ansätze und Befunde zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen als besondere Komponente des professionellen Wissens von Lehrkräften	48
2.3.2.1 Definition des Konstrukts fachspezifisch-pädagogisches Wissen von Lehrkräften	50
2.3.2.2 Modellierungen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens	53
2.3.2.3 Beschaffenheit, Entstehung und Organisation des fachspezifisch-pädagogischen Wissens	58
2.3.2.4 Zusammenfassung zur Definition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens	60
2.3.3 Das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften.....	63
2.3.3.1 Ein Modell zum naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften.....	65
2.3.3.2 Taxonomie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens	75
2.3.3.3 Ableiten einer Arbeitsdefinition des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens	77

2.3.4 Befunde zum Zusammenhang von fachspezifisch-pädagogischem Wissen und dem Lernerfolg von Schülern.....	81
2.3.4.1 Ergebnisse quantitativer Studien mit distalen Indikatoren.....	85
2.3.4.2 Ergebnisse quantitativer Studien im Bereich der Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach.....	86
2.3.4.3 Ergebnisse qualitativer Studien zur Erfassung der themenspezifischen Komponenten.....	88
2.3.4.4 Ergebnisse quantitativer Studien zur direkten Erfassung der themenspezifischen Komponenten.....	90
2.3.5 Zusammenfassung der Ansätze und Befunde zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen	96
3 Ableiten offener Forschungsfragen, Zielsetzung und Hypothesen.....	99
3.1 Offene Forschungsfragen/Forschungsbedarf.....	99
3.2 Zentrale Zielsetzungen.....	100
3.3 Forschungsleitende Hypothese.....	102
4 Methoden.....	103
4.1 Anbindung an das DFG- Projekt „PLUS“ und Anlage der Studie.....	104
4.2 Anlage der vorliegenden Untersuchung.....	106
4.3 Stichproben.....	107
4.3.1 Stichprobe der Lehrkräfte	107
4.3.2 Schülerstichprobe.....	109
4.4 Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften	110
4.4.1 Verfahren zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens.....	110
4.4.2 Entwicklung des Tests zur Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften.....	112
4.4.2.1 Modellierung und Operationalisierung des themenbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens	113
4.4.2.2 Testkonstruktion: Itemgewinnung, Kodiermanual und Vortestung.....	117
4.4.3 Analyse der Items zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Inhaltsbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser.....	123
4.4.3.1 Testadministration.....	124
4.4.3.2 Zentrale Kennwerte des Testinstrumentes.....	124
4.4.3.3 Hinweise auf Validität.....	126
4.5 Erfassung des konzeptuellen Verständnisses aufseiten der Schüler	135
4.5.1 Konzeptuelles Verständnis im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge..	135
4.5.2 Testkonstruktion und eingesetzte Aufgabenformate.....	136
4.5.3 Testadministration.....	139
4.5.4 Bildung von Summenwerten.....	139
4.5.5 Ergebnisse der Testanalysen.....	140
4.6 Erfassung der Kontrollvariablen auf Individual- und Klassenebene.....	142
4.7 Statistische Analysen	145
5 Ergebnisse der Zusammenhangsanalyse.....	153
5.1 Deskriptive Befunde.....	153
5.2 Varianz im konzeptuellen Verständnis des Nachtests zwischen den Klassen.....	155

5.3 Zusammenhänge des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften mit Lernfortschritten der Schüler.....	157
6 Diskussion und Ausblick.....	161
6.1 Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse.....	161
6.2 Beschränkungen der Studie.....	166
6.3 Konsequenzen für die Lehrerbildung.....	170
6.4 Ausblick.....	172
7 Literaturverzeichnis.....	175
8 Abbildungsverzeichnis.....	197
9 Tabellenverzeichnis.....	198
10 Anhang.....	199
10.1 Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens	199
10.1.1 Auszug aus dem Kodiermanual zur Bewertung der Itemantworten	199
10.1.2 Übersicht über die theoretisch erreichbaren und empirisch erreichten Punkte	202
10.1.3 Übersicht über die Kennwerte der Übereinstimmungsprüfung	203
10.1.4 Übersicht über die statistischen Kennwerten der Einzelitems in der Pilotstudie.....	203
10.1.5 Post-Hoc-Test-Ergebnisse der Validierungsstudie: Mittelwertunterschiede in den Kontrastgruppen.....	204
10.2 Erfassung des konzeptuellen Verständnisses aufseiten der Schüler	205
10.2.1 Inhaltliche Zuordnung der Aufgaben im Schülerleistungstest.....	205
10.2.2 Kennwerte der Items im Schülerleistungstest (Sekundarschule und Gesamtsample)...	206
10.3 Instrumente zur Erfassung der Kontrollvariablen.....	207
10.3.1 Skalen zur Erfassung der Klassenführung durch die Schülerwahrnehmung.....	207
10.3.2 Skalen zur Erfassung des physikbezogenen Sachinteresses von Lehrkräften.....	208

1 Einleitung

Vor dem Hintergrund, dass Bildung einen entscheidenden Beitrag für die Zuteilung von Lebenschancen und die Wahrung gesellschaftlichen Wohlstandes leistet, hat die Sicherstellung der Qualität von schulischen Bildungsprozessen individuell wie gesellschaftlich gesehen einen hohen Stellenwert. Nach einer langen Phase der sog. Input-Orientierung, in der man glaubte, die Bildungsqualität von Schule allein über die zentrale Vorgabe der Ausbildungsgesetze, der Curricula oder der Stundentafeln sichern zu können, müssen sich Schule und Unterricht heute auch in Deutschland und schon in der Grundschule daran messen lassen, welche nachweisbaren Erträge sie bei Schülern¹ erzielen. Die Ausrichtung an messbaren Wirkungen der Schule (Output) wird von Bildungspolitikern, Eltern- und Lehrerverbänden sowie Bildungsforschern generell befürwortet. Sie spiegelt sich in der Entwicklung von Bildungsstandards, der kontinuierlichen Beteiligung an internationalen Lernstandserhebungen wie IGLU², PISA³ oder TIMSS⁴, der Etablierung von flächendeckenden Vergleichsarbeiten (VERA) sowie der Einrichtung von Qualitätsagenturen zur Sicherung der Schulqualität in der täglichen Schularbeit sowie in der Bildungsforschung und -politik deutlich wider. Terhart (2002) fasst die Folgen dieser empirischen Wende wie folgt zusammen:

Nur zu behaupten, dass ein Mehr an Investitionen hier oder dort eben hier oder dort dann schon gesteigerte Effekte nach sich ziehen werde, ist nicht mehr ausreichend – es geht um tatsächlich zustande kommende Wirkungen, und zwar Wirkungen auf der Seite der Schüler, denn die Schule ist letztendlich für die Schüler da. (S. 104)

Es besteht Konsens darüber, dass diese Wirkungen von Schule multidimensional sind und nicht allein auf leistungsbezogene Zielkriterien reduziert werden dürfen, sondern dass auch motivationale und selbstbezogene Zielbereiche eine wichtige Rolle einnehmen. Da das Unterrichten aber als Kernbereich der professionellen Lehrertätigkeit eine zentrale Rolle einnimmt, muss sich Schule letztendlich daran bemessen lassen, welche Lernfortschritte sie bei Schülern erzielt (Terhart, 2007).

Eine bildungspolitisch besonders brisante Erkenntnis, die durch diese Output-Orientierung gewonnen wurde, ist die, dass deutsche Schüler sowohl in der Sekundar- als auch in der Primarstufe in internationalen Vergleichsstudien unter Berücksichtigung des kulturellen und ökonomischen Hintergrundes im Bereich der Naturwissenschaften nur mittelmäßig abschneiden (Prenzel, Geiser, Langeheine, & Lobemeier, 2003; Rost, Walter, Carstensen, Senkbeil, & Prenzel, 2004). Auch wenn die neueren Untersuchungen den deutschen Sekundarschülern ein besseres Abschneiden attestieren

1 Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

2 Projekt „Internationale Grundschul-Lese-Untersuchung“

3 Programme for International Student Assessment

4 Projekt „Third International Mathematics and Science Study“ seit 1999: „Trends in International Mathematics and Science Study“

(Prenzel et al., 2008) und auch die Ergebnisse der neuesten TIMS-Studie für den Bereich der Grundschule als erfreulich eingeschätzt werden, so bleibt ein ursprünglich erwarteter Spitzenplatz noch in weiter Ferne (Wittwer, Sass, & Prenzel, 2009). Obwohl die deutschen Grundschüler zwar insgesamt im oberen Drittel der internationalen Vergleichsstaaten liegen, unterscheiden sie sich nicht signifikant vom europäischen Durchschnitt. Gegenüber Schülern aus Ländern wie den USA und England, in denen dem naturwissenschaftlichen Unterricht traditionell eine besondere Bedeutung beigemessen wird, schneiden deutsche Grundschüler deutlich schlechter ab. Eine noch größere Distanz ist zudem zu vielen ostasiatischen Staaten wie Singapur und Taiwan zu verzeichnen (Bos et al., 2008).

Vor diesem Hintergrund scheint es wünschenswert, dass auch an deutschen Grundschulen vermehrt Maßnahmen zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts ergriffen werden (Granzer, Bonsen, & Möller, 2009; Wittwer, et al., 2009). Die Ergebnisse der großen Evaluationsstudien helfen hier nur bedingt weiter: Zwar zeigen sie fachliche Stärken und Schwächen der deutschen Schüler auf, darüber hinaus verraten sie aber nicht, welche Konsequenzen für die systematische Verbesserung des Lehrens und Lernens gezogen werden sollten. Weinert (2000) schlägt für eine weiterführende Unterrichtsforschung daher eine Rückbesinnung auf den Unterricht als wesentlichen Faktor der Schule vor, wenn er äußert: „Meiner Meinung nach gibt es nur eine wirkliche Möglichkeit schlechte Bildungsergebnisse zu korrigieren, und das ist eine Verbesserung der Qualität des Lernens und Lehrens“ (S. 5).

Die Frage nach der Verbesserung der Qualität des Lernens und Lehrens war und ist Gegenstand sehr unterschiedlicher Ansätze sowie Forschungstraditionen und -methoden innerhalb der pädagogisch-psychologischen und fachdidaktischen Lehr-Lern-Forschung. Seit mehr als einem Jahrhundert beschäftigt man sich dabei mit der Rolle der Lehrkräfte als zentrale Akteure des institutionellen Lehrens und Lernens, nimmt diese jedoch aus unterschiedlichen Perspektiven in den Blick. Nachdem man sich zu Beginn der wissenschaftlichen Bemühungen um Aufklärung über Unterrichtsqualitätsmerkmale zunächst ausschließlich mit Persönlichkeitsmerkmalen von Lehrkräften beschäftigt hat, interessierte man sich unter dem Einfluss des Behaviorismus fast ausschließlich für die unterrichtlichen Handlungen der Lehrkräfte. Aktuell, insbesondere durch den Experten-Novizen-Ansatz inspiriert, ist die professionelle Wissensbasis von Lehrkräften für unterrichtliches Handeln zum Gegenstand der Forschung geworden (Bromme, 1997). Es scheint zunächst plausibel, dass das, was Lehrkräfte über ihr Fach und das Unterrichten dieses Faches wissen, relevant für die unterrichtliche Gestaltung und darüber vermittelt auch für den Lernzuwachs der Schüler ist. Über diese intuitive Plausibilität hinaus gibt es jedoch erst wenige empirische Hinweise, die diese Annahme stützen. Obwohl das sog. professionelle Wissen von Lehrkräften im Zuge der kognitiven Wende in der Psy-

chologie und der zunehmenden Unzufriedenheit mit Ansätzen und Ergebnissen der (damaligen) behavioristisch geprägten Prozess-Produkt-Forschung seit etwa Mitte der 1980er Jahre besonders in der angloamerikanischen Lehr-Lern-Forschung eine bedeutende Rolle spielt und sich die fachspezifische Erforschung dieses Lehrerwissens nach der Kritik Shulmans (1986a) an der Vernachlässigung der fachlichen Inhalte in der Unterrichtsforschung stärker durchsetzt, existieren bislang nur wenige Studien, die den Zusammenhang zwischen Lehrerwissen und Schülerleistung direkt untersuchen. Terhart (2002) fasst den Stand der Forschung so zusammen: „Die Wirkungskette Lehrerbildung – Lehrerhandeln – Schülerlernen ist zwar in allen Köpfen fest verknüpft; einer empirischen Überprüfung ist man aber bislang eher ausgewichen“ (S. 105).

Die wenigen Studien, die bislang nur für das Fach Mathematik vorliegen, erscheinen allerdings vielversprechend und untermauern die intuitive Annahme, dass das fachspezifische Wissen von Lehrkräften für die Qualität des Lehrens und Lernens von großer Bedeutung ist (Baumert, et al., 2010; Hill, Rowan, & Ball, 2005). Sowohl die amerikanische LMT-Studie, die im Grundschulbereich angesiedelt ist, als auch die deutsche COACTIV-Studie, die den Mathematikunterricht der Sekundarstufe beleuchtet, untersuchten fachspezifische Komponenten des professionellen Wissens von Lehrkräften und fanden eine hohe Relevanz dieser Wissensbereiche für das, was Schüler im Unterricht dieser Lehrkräfte lernen. In diesen Studien scheint sich das fachspezifisch-pädagogische Wissen als Komponente des professionellen Lehrerwissens als besonders bedeutsam herauszukristallisieren.

Zentrales Anliegen der vorliegenden Arbeit ist vor diesem Hintergrund die Untersuchung der Frage, ob sich auch im naturwissenschaftlichen Unterricht ein Zusammenhang zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften und Lernfortschritten von Schüler im naturwissenschaftlichen Verständnis finden lässt und diese Komponente des professionellen Lehrerwissens damit als eine Möglichkeit zur Verbesserung der Qualität des Lehrens und Lernen und so als Merkmal von Unterrichtsqualität identifiziert werden kann. Da ein Instrument, das naturwissenschaftsbezogenes fachspezifisch-pädagogisches Wissen von Grundschullehrkräften erfasst, noch nicht vorliegt, stellt die Entwicklung eines solchen Instrumentes ein weiteres Anliegen der vorliegenden Arbeit dar.

Die Untersuchung ist in eine Studie eingebettet, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Graduiertenkollegs „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ gefördert wurde. In dieser Studie mit der Abkürzung PLUS⁵ wurde ein systematischer Vergleich des professionellen Lehrerwissens und des unterrichtlichen Handelns von Lehrkräften im physikbezogenen Unterricht

5 Professionswissen von Lehrkräften, naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe

zwischen der Primar- und der Sekundarstufe vorgenommen und darüber hinaus die Wirkungen dieser Merkmale von Unterrichtsqualität auf die motivationale, selbst- und leistungsbezogene Zielerreichung bei Schülern untersucht.

Um in die vorliegende Arbeit einzuleiten, wird zunächst der Stand der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen skizziert. Dies geschieht zum einen, um aufzuzeigen, dass das Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten, das in der vorliegenden Arbeit als abhängige Variable gewählt wurde, auch schon im Sachunterricht der Grundschule als leistungsbezogenes Zielkriterium des naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens angesehen wird und damit ein relevantes Zielkriterium untersucht wird. Zum anderen liefert der Stand der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen aber auch wertvolle Hinweise darauf, was Lehrkräfte wissen sollten, um das Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten als Ziel im Sachunterricht erreichen zu können. Nach Shulman (1987) könnten hier insbesondere die Befunde zur Bedeutung von Schülervorstellungen über naturwissenschaftliche Phänomene und die Ansätze zur Gestaltung von naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Umgebungen, die eine Umstrukturierung dieser Schülervorstellungen anstreben, relevante Grundlagen für die Expertise von Lehrkräften darstellen.

The study of student misconceptions and their influence on subsequent learning has been among the most fertile topics for cognitive research. We are gathering an ever-growing body of knowledge about the misconceptions of students and about the instructional conditions necessary to overcome and transform those initial conceptions. Such research-based knowledge, an important component of the pedagogical understanding of subject matter, should be included at the heart of our definition of needed pedagogical knowledge. (Shulman, 1987, S. 10)

Nachdem also aufgezeigt wurde, dass das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte ein bedeutsames Ziel des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts darstellt und welche Hinweise Theorien zum (naturwissenschaftlichen) Lehren und Lernen zur Gestaltung von Unterricht für die Erreichung von Verständnis geben, wird in einem sich anschließendem Kapitel skizziert, welche Determinanten für Lernerfolg im oben genannten Sinne bisher durch empirische Studien gefunden wurden. Hierbei wird auf einen historischen Aufriss zurückgegriffen, der die unterschiedlichen Suchrichtungen zu dem, was Lernerfolg vorhersagt, widerspiegelt. So sollen die Bedeutung des Faktors „Lehrkraft“ für die Unterrichtsforschung herausgearbeitet und die Suchrichtung dieser Arbeit legitimiert, aber auch wichtige Kontrollvariablen für den vorliegenden Untersuchungsansatz herausgearbeitet werden.

Im anknüpfenden Kapitel werden theoretische Ansätze und Befunde zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften referiert. Dazu wird zunächst noch einmal begründet, warum die aktuellen Untersuchungsansätze zum Einfluss des professionellen Lehrerwissens ausgerechnet auf die kognitiven Voraussetzungen von Lehrkräften fokussieren, und das fachspezifisch-pädagogische

Wissen wird in eine Topologie des Lehrerwissens eingeordnet. Daran anschließend wird auf das fachspezifisch-pädagogische Wissen als viel beachtete Facette des Professionswissens von Lehrkräften fokussiert, und eine Definition des Konstruktes wird vorgestellt. Dabei stellt es ein Problem dar, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen über die vorliegenden Arbeiten hinweg unterschiedlich definiert und konzeptualisiert wird. Vor diesem Hintergrund werden in der Literatur bestehende Gemeinsamkeiten des Konstruktes identifiziert, um anschließend für den Bereich der Naturwissenschaften, in dem die vorliegende Arbeit angesiedelt ist, ein Modell zur Beschreibung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in diesem Bereich vorstellen zu können, das den Stand der Forschung bestmöglich berücksichtigt. So soll eine Anschlussfähigkeit dieser Arbeit an die nationale und internationale Diskussion um das fachspezifisch-pädagogische Wissen gewährleistet werden. In die Vorstellung dieses Modells des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens werden Forschungsergebnisse zur inhaltlichen Beschreibung und Ausprägung sowie zur hochgradigen Vernetzung und zur Bedeutung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften integriert. Auf der Basis dieses Modells und unter Einbezug einer Taxonomie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften wird dann eine Arbeitsdefinition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens für die vorliegende Dissertation abgeleitet, bevor Studien, die die Zusammenhänge des fachspezifisch-pädagogischen Wissens mit Lernergebnissen der Schüler direkt untersucht haben, vorgestellt werden. In Einklang mit Terharts oben zitierter Äußerung wird gezeigt werden, dass Studien, die das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften direkt erfasst und mit Lernergebnissen der Schüler in Zusammenhang gebracht haben, erst seit kurzem im Bereich der Mathematik existieren und im Bereich der Naturwissenschaften bislang völlig fehlen.

Aus dem Stand der Forschung werden im sich anschließenden Kapitel die offenen Forschungsfragen abgeleitet und die zentrale Zielsetzung sowie das erwartete Ergebnis dargestellt.

Im darauf folgenden Teil werden das Design der Untersuchung und die methodischen Grundlagen zur Beantwortung der Forschungsfrage näher erläutert. Zunächst wird die Anbindung der vorliegenden Untersuchung an das oben bereits genannte DFG-Projekt PLUS beschrieben und die dieser Dissertation zugrunde liegende Anlage der Untersuchung sowie die Stichprobe skizziert. Da mit der Entwicklung eines Tests zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften gewissermaßen „Forschungsneuland“ betreten wurde, wird relativ detailliert auf die Beschreibung des Instrumentes zur Erfassung dieses Wissens eingegangen. Auch die Erfassung des konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnisses der Schüler als zentrale abhängige Variable wird genauer beschrieben, bevor die Erfassung der Kontrollvariablen skizziert wird. Den Abschluss des methodischen Kapitels bildet eine Beschreibung zum Umgang mit

fehlenden Werten in Daten und eine theoretische Beschreibung des eingesetzten mehrebenenanalytischen Auswertungsverfahrens.

Im Ergebnisteil werden zunächst deskriptive Ergebnisse zur Beschreibung der untersuchten Variablen aufgeführt. Es folgt die Darstellung der zentralen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zu den Zusammenhängen zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften und Fortschritten von Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis.

Im Abschlusskapitel werden die Ergebnisse dieser Arbeit schließlich zusammenfassend bewertet und Beschränkungen der Untersuchung sowie sich ergebende Konsequenzen für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften diskutiert. Abschließend wird ein Ausblick auf offene Forschungsfragen und möglicherweise sich anschließende Untersuchungsansätze zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften gegeben.

2 Stand der Forschung und offene Forschungsfragen

2.1 Konzeptuelles Verständnis von Grundschulkindern als Kriterium für leistungsbezogenen Lernerfolg im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

In diesem einleitenden Kapitel wird der Stand der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen überblicksartig referiert. Dies geschieht zum einem, um die für die vorliegende Untersuchung gewählte abhängige Variable – das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte von Schülern – als Zielkriterium zu legitimieren. Zum anderen stellt die Aufarbeitung des Stands der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen aber auch das notwendige „Hintergrundwissen“ für die Entwicklung und Bewertung des Tests zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften dar. Während die vorwiegend angloamerikanische Literatur zum Professionswissen von Lehrkräften direkt beschreibt, was Lehrkräfte als professionelle Wissensbasis wissen sollten, beschreiben die in Europa stärker verbreiteten fachdidaktischen Theorien wie naturwissenschaftlicher Unterricht durch eine Zusammenführung aus psychologischen und pädagogischen Erkenntnissen sowie eine Analyse des zu vermittelnden sachlichen Inhaltes gestaltet sein muss, um Schülern unter Berücksichtigung ihrer vorunterrichtlichen Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen ein Verstehen dieser zu ermöglichen (Duit, 1995; Duit, Niedderer, & Schecker, 2007). Die angemessene Gestaltung von Lerngelegenheiten zur Ermöglichung verständnisorientierten Lernens ist dabei fundamental mit der Rolle der Lehrkraft im Unterrichtsgeschehen verbunden und weist daher große Überschneidungen mit der Idee des fachspezifischen pädagogischen Wissens von Lehrkräften auf (Duit, et al., 2007; Gudmundsdottir & Grankvist, 1992). Die Theorien zum Lehren und Lernen spannen so also auch den Rahmen auf, aus dem das, was Lehrer

wissen sollten, um erfolgreich unterrichten zu können, abgeleitet werden kann und in dem dies verankert sein muss. Vor diesem Hintergrund werden in Anlehnung an die Zusammenfassungen bei Kleickmann (2008), Vehmeyer (2010) und Gais (2009) Ansätze und Befunde aus der allgemein empirisch orientierten Lehr-Lern-Forschung wie auch aus eher fachdidaktischer Forschung vorgestellt. Dabei soll zunächst aufgezeigt werden, dass das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte ein Zielbereich des naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens im Allgemeinen, aber auch ein Zielbereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts im Speziellen ist. Im Anschluss daran wird allgemein auf Grundsätze des verständnisvollen Lernens eingegangen, bevor in einem anschließenden Unterkapitel die besonders für die Naturwissenschaftsdidaktik relevante Rolle von Präkonzepten und der Conceptual Change-Theorien erörtert werden. In einem letzten Unterkapitel werden Hinweise zur Gestaltung naturwissenschaftlichen Unterrichts aus Konzeptionen des Sachunterrichts herausgearbeitet, um abschließend die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Rolle der Lehrkraft abzuleiten.

2.1.1 Konzeptuelles Verständnis als Ziel des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts der Grundschule

Das übergeordnete Ziel einer grundlegenden naturwissenschaftlichen Bildung ist nicht die Vermittlung systematisch organisierten Wissens in der Absicht, möglichst viel Wissen für weiterführendes Lernen anzuhäufen, sondern, dass Kinder 1) Interesse und Freude am Nachdenken über Phänomene aus Natur und Technik empfinden, 2) Selbstvertrauen entwickeln, etwas herausfinden und verstehen zu können, 3) Fähigkeiten entwickeln, über naturwissenschaftlich-technische Fragen zu kommunizieren, 4) beginnen, ein Verständnis von Wissenschaft und wissenschaftlichen Arbeitsweisen aufzubauen und entsprechende Verfahren wie das Experimentieren zu erlernen und 5) ein konzeptuelles Basiswissen erwerben, das sie zum Vorhersagen und Erklären von Phänomenen nutzen können (Möller, 2006). Diese Zielsetzungen sind multikriterial, d. h. die Zielsetzungen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule verknüpfen konzeptuelle, verfahrensbezogene, metakognitive, motivationale und selbstbezogene Zielbereiche. Dem Ziel der kognitiven Lernfortschritte wird im Allgemeinen, aber auch im Bereich der Sachunterrichts, eine zentrale Rolle zugesprochen, da eine solide und gut organisierte Wissensbasis die wichtigste Voraussetzung für kumulative und anspruchsvolle Lernprozesse ist (Helmke, 2009; Weinert, 2000; für den Sachunterricht Hartinger, 1997). In der vorliegenden Arbeit wird vor diesem Hintergrund der Fokus auf kognitive Lernfortschritte gerichtet, während nicht-leistungsbezogene Zielkriterien wie Interesse, Lernfreude, oder selbstbezogene Kognitionen nicht berücksichtigt werden. Als kognitives oder auch leistungsbezogenes Erfolgskriterium wird in der vorliegenden Untersuchung das konzeptuelle Verständnis

naturwissenschaftlicher Konzepte gewählt, dessen Bedeutung für den Sachunterricht in diesem Kapitel begründet werden soll.

Die historische Entwicklung des Faches Sachunterricht in Deutschland zeigt, dass die Forderung nach leistungsbezogenen Zielsetzungen im naturwissenschaftlichen Unterrichts bereits seit den frühen 1970er Jahren besteht (Möller, 2004). In Anlehnung an die in den 1960er Jahren in den USA entwickelten Curricula wurde in Deutschland durch die Empfehlungen des Deutschen Bildungsrates ein sog. wissenschaftsorientierter Sachunterricht, der auf die Fächer der Sekundarstufe vorbereiten sollte, implementiert (Möller, 2006). Dabei wurden in Anschluss an die amerikanischen Curricula sowohl prozessorientierte Ziele wie das Einüben von naturwissenschaftlichen Verfahren (z. B. Adaption des „Science – A Process Approach“-Curriculums (AAAS, 1967)) als auch konzeptorientierte Ziele wie die Vermittlung naturwissenschaftlicher Basiskonzepte (z. B. Adaption des „Science Curriculum Improvement Study“-Curriculums (Herrera & Thier, 1967)) verfolgt (Kleickmann, 2008). Bereits Ende der 1970er Jahre galt der wissenschaftsorientierter Sachunterricht als gescheitert. Hauptkritikpunkt war dabei die Vernachlässigung kindlicher Denkweisen und Interessen, die dazu führten, dass die Lernenden kognitiv überfordert waren und ein Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte und Begriffe nicht erreicht wurde (Lauterbach, 1992; Möller, 2004). In der Folgezeit setzte in Anlehnung an englische Curricula (z. B. Nuffield Junior Science Project (Nuffield Foundation, 1964-1966)) eine Hinwendung zu offenen, lebensweltorientierten Ansätzen ein. Obwohl diese Ansätze in England selbst noch in den 1980er Jahren wegen ihrer starken Unverbindlichkeit in Zielen und Inhalten revidiert wurden, war die deutsche Diskussion bis spät in die 1980er Jahre hinein durch eine Auseinandersetzung zwischen Befürwortern der offenen, lebensweltlichen und Befürwortern der geschlossenen, lernzielorientierten Ansätze gekennzeichnet (Möller, 2006). Die Auseinandersetzung endete darin, dass physikalische und chemische Inhalte fast komplett aus den Lehrplänen eliminiert wurden, so dass auch keine leistungsbezogenen Zielsetzungen naturwissenschaftlichen Unterrichts verfolgt wurden (Einsiedler, 2002).

Heute besteht international Konsens darüber, dass bereits Grundschulkindern ein verstehendes und Interessen förderndes, naturwissenschaftliches Lernen ermöglicht werden muss (Möller, 2004; 2006). Vor dem Hintergrund der Diskussionen um TIMSS und PISA findet in Deutschland derzeit in einigen Bundesländern eine Trendwende in Form von neuen Lehrplänen statt. Besonders der von der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) entwickelte „Perspektivrahmen Sachunterricht“ (GDSU, 2002), der fünf inhaltsbezogene Perspektivfelder unterscheidet, diene bzw. dient bei der Ausgestaltung dieser Lehrpläne als Orientierung. Für alle aufgeführten Perspektiven, die naturwissenschaftliche Perspektive ist eine davon, werden *Kompetenzen als Zielkategorien* beschrieben, die „über den bloßen Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten hinaus, auf die Förderung des

Verstehens“ naturwissenschaftlicher Konzepte und Verfahren zielen (S. 4). Im Bereich Naturwissenschaften sind dies: (1) „Naturphänomene sachorientiert wahrnehmen, beobachten, benennen und beschreiben“; (2) „Ausgewählte Naturphänomene auf physikalische, chemische und biologische Gesetzmäßigkeiten zurückführen und zwischen Erscheinungen der belebten und der unbelebten Natur unterscheiden können“; (3) „Fragehaltungen aufbauen, Probleme identifizieren und Verfahren der Problemlösung anwenden“; (4) „Die Regelmäßigkeit der unbelebten Natur auch als Bedingungen für die Existenz der belebten Natur verstehen“; (5) „Gründe für einen verantwortlichen Umgang mit der Natur erfassen“. (GDSU, 2002, S. 15-16) Der Perspektivrahmen für den Sachunterricht empfiehlt also, neben Sach- und Faktenwissen (deklaratives Wissen) auch verfahrensbezogene Fähigkeiten und Fertigkeiten zu berücksichtigen, wobei das Verstehen dieser Zielkriterien im Vordergrund steht.

Wie Kleickmann (2008) in seiner Arbeit durch einen Verweis auf Klafki (1992) aufzeigt, wird dem verstehenden Lernen auch in der bildungstheoretischen Diskussion um den Bildungsauftrag des Sachunterrichts der Grundschule ein besonderer Stellenwert zugesprochen. Klafki (1992) sieht die Aufgabe der Grundschule nämlich darin, in geistige Grundrichtungen des „Weltverstehens“ einzuführen, d. h. elementare Grundbegriffe und Grundarbeitsweisen z. B. im naturwissenschaftlichen Denken zu erarbeiten. Dabei muss herausgestellt werden, dass es im naturwissenschaftlichen Sachunterricht nicht allein um eine systematische Wissensvermittlung in den Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts mit fachpropädeutischen Charakter und die Akkumulation von Fakten gehen kann, sondern in Anlehnung an Carey (1985) unter Wissenserwerb der Erwerb theoriegeleiteter Begriffe und Konzepte verstanden werden muss (Möller, 2006). Es geht um kategoriales, d. h. erschließendes Wissen bei dessen Erwerb es um das gründliche Erarbeiten und Verstehen einzelner Frage- und Problemstellungen geht (Möller, 1999). Dabei meint Verstehen im Sachunterricht noch nicht das Verstehen im Sinne einer wissenschaftlichen Disziplin, nachdem Verstehen allein als ein gedanklich-theoriegeleitetes Nachkonstruieren von Sachverhalten nach Maßgabe von Prinzipien und Perspektiven der betreffenden Wissenschaft aufzufassen ist, sondern vielmehr einen inneren Akt des Entdeckens und Erfassens von Ähnlichkeiten, des Erzeugens von geistigen Entwürfen, die sich in Vorstellungen und Konzepten niederschlagen (Köhnlein, 1999). Es ist ein Prozess des Aufbaus von stimmigen Zusammenhängen, des Verbindens von Neuem mit dem schon Bekannten und des Einordnens in die eigene kognitive Struktur. Die Bedeutung des bereits bestehenden Wissens und die Notwendigkeit der Vernetzung des Neuen mit den bereits bestehenden Strukturen wird dabei deutlich hervorgehoben (Köhnlein, 1999; Harlen, 1998). Der Aufbau nachhaltigen Wissens als Wissen, welches aus eigenen geistigen Aktivitäten entsteht, verlangt demnach Akte der Verinnerlichung, bei denen ein Sachverhalt durch das Herstellen von Zusammenhängen, das Erfassen von Strukturen und

das Zurückführen von Sachverhalten auf etwas Bekanntes oder Einfacheres in Gedanken (nach-)konstruiert wird (Köhnlein, 1991, 1999). Köhnlein (1988), Soostmeyer (1998) und Harlen (1998) betonen auch, dass das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte sich insbesondere in der Anwendbarkeit des Wissens in verschiedenen Kontexten und in einem flexiblen Gebrauch dieses Wissens bei der Erklärung oder Vorhersage von Naturphänomenen widerspiegelt. Vor diesem Hintergrund soll das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte dem Vorschlag von Kleickmann (2008) in Anlehnung an die Definition von Seiler (1997) und Harlen (1998) folgend als integriertes, gut organisiertes konzeptuelles Wissen definiert werden, das in verschiedenen Kontexten sachlich angemessen angewendet und in verschiedener Weise, wie z. B. zur Erklärung von Naturphänomenen, gebraucht werden kann.

Diese Grundlegung naturwissenschaftlicher Bildung in der Grundschule mit dem Ziel des Verstehens zentraler, exemplarisch relevanter naturwissenschaftlicher Konzepte und Verfahren ist heute auch international unumstritten (Cavalcante & Newton, 1997; Harlen, 1998; Linn & Eylon, 2006; Newton, 2002; van den Akker, 1998). Wie Kleickmann (2008) und Vehmeyer (2010) aufzeigen, spiegelt sich dieser internationale Konsens u. a. in der aktuellen naturwissenschaftsbezogenen bildungstheoretischen Diskussion um das Konzept der Scientific Literacy – der naturwissenschaftlichen Grundbildung – wider (Bybee, 1997). Auch hier wird das naturwissenschaftliche Verständnis als zentrales Zielkriterium des naturwissenschaftlichen Unterrichts beschrieben, das die Teilhabe an einer von Naturwissenschaft und Technik geprägten Kultur gestattet (Prenzel, Duit, Euler, Lehrke, & Seidel, 2001). Diese Teilhabe setzt vielfältige und anspruchsvolle Kompetenzen voraus, die sich folgenden Dimensionen zuordnen lassen:

1. Wissen bzw. Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte und Theorien, die zur Erklärung und Vorhersage natürlicher Phänomene dienen.
2. Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und -verfahren, sowie Denk- und Arbeitsweisen (Durchführung naturwissenschaftlicher Untersuchungen, Wissen über diese Verfahren, grundlegende Fertigkeiten, Denkhaltungen).
3. Vorstellung über die Besonderheit bzw. das Wesen der Naturwissenschaft (NOS = nature of science, epistemologische Vorstellungen, Wissen über die Grenzen der Naturwissenschaft).
4. Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft.
5. Einstellungen und Werthaltungen gegenüber der Naturwissenschaft sowie die Bereitschaft und das Interesse sich mit naturwissenschaftlichen Themen auseinanderzusetzen.

(Bybee, 1997, 2002; Bybee & Ben-Zvi, 1998; Duit, Häußler, & Prenzel, 2001; Prenzel, et al., 2001; Rost, et al., 2004)

Die Auflistung der Zielbereiche zeigt deutlich, dass das Konzept der Scientific Literacy dem Verständnis und der Anwendung von naturwissenschaftlichen Konzepten zwar eine zentrale Rolle einräumt, es sich aber dennoch um ein mehrdimensionales Konzept handelt, das auch nicht-kognitive Ziele umfasst (Norris & Phillips, 2003; Prenzel, et al., 2001; Rost, et al., 2004). Die beschriebenen Zielbereiche stellen weitgehend konsensfähige Ziele für naturwissenschaftliches Lernen auch in der Grundschule dar (AAAS, 1993; Bybee & DeBoer, 1994), wobei das Ziel der frühen naturwissenschaftlichen Bildungsangebote nicht eine umfassende Erarbeitung aller Fachinhalte der Naturwissenschaften sein kann, sondern vielmehr in einer ersten anschlussfähigen Grundbildung gesehen wird, die beim jeweiligen Übergang in die weiterführende Schule und ggf. in die Ausbildung sowie nach Beendigung der formalen naturwissenschaftlichen Bildungsangebote weiterentwickelt wird (Steffensky, 2008). Dementsprechend wird der Grundschule große Bedeutung für die Grundsteinlegung der naturwissenschaftlichen Grundbildung zugesprochen (Prenzel, et al., 2003).

Die Forderung nach einem frühen naturwissenschaftlichen Unterricht, der bereits in der Grundschule solch anspruchsvolle Zielkategorien wie das elementare Verstehen anstrebt, wird durch neuere entwicklungspsychologische Erkenntnisse gestützt, die zeigen, dass Grundschulkinder zu anspruchsvollen Lernprozessen fähig sind (Schrempp & Sodian, 1999; Sodian, 1995; Stern, 2003). Zudem belegen jüngere empirische Studien, dass naturwissenschaftliche Themen im Sachunterricht bei strukturierter Gestaltung der Lehr-Lern-Umgebungen durchaus zu verstandenem Wissen auf Seiten der Schüler führen kann (Möller, Jonen, Hardy, & Stern, 2002; Prenzel, et al., 2003; Sodian, Jonen, Thoermer, & Kircher, 2006). Nach dem Stand der Forschung sind Grundschulkinder also durchaus in der Lage, vertiefte Einsichten in naturwissenschaftliche Basiskonzepte und in das Wissenschaftsverständnis sowie ein Verständnis naturwissenschaftlicher Verfahren zu erzielen.

Zusammenfassend sollte gezeigt werden, dass die für die vorliegende Untersuchung gewählte Zielvariable des konzeptuellen Verständnisses als leistungsbezogenes Kriterium für Lernerfolg national wie international als relevantes Ziel für frühes naturwissenschaftliches Lernen angesehen wird und im Rahmen des Sachunterrichts angestrebt werden sollte. Sowohl die im Perspektivrahmen zur Präzisierung des Bildungsanspruchs von Sachunterricht und die im Rahmen der Idee der Scientific Literacy formulierten Kompetenzen als Zielvorgaben zielen über den Erwerb bloßer Kenntnisse und Fertigkeiten hinaus auf Förderung von Verstehen ab. Auch aktuelle entwicklungspsychologische Erkenntnisse belegen, dass Grundschüler in der Lage sind, abstrakte Denkvorgänge zu vollbringen und anspruchsvolle naturwissenschaftliche Inhaltsbereiche zu verstehen.

Wie umfangreiche Forschung aus den letzten 40 Jahren belegt, stehen dem Erwerb eines solchen Verständnisses naturwissenschaftlicher Konzepte häufig z. T. tief verwurzelte Vorstellungen der Schüler über natürliche Phänomene entgegen. Auf die besondere Rolle der vorunterrichtlichen Vor-

stellungen und ihre Bedeutung für das Lernen von Naturwissenschaften sowie auf Ansätze zur Förderung des Erwerbs eines konzeptuellen Verständnisses, wird in den Kapiteln 2.1.3 und 2.1.4 näher eingegangen, nachdem zuvor einige generelle Grundsätze des verständnisvollen Lernens skizziert worden sind. Die genaue Operationalisierung des konzeptuellen Verständnisses im Rahmen der vorliegenden Studie wird im methodischen Teil dieser Arbeit näher beschrieben.

2.1.2 Verständnisvolles Lernen aus entwicklungs- und lernpsychologischer Sicht

Auf Grundlage der Theorien von Jean Piaget (1966; 1969) ging man lange Zeit davon aus, dass sich die geistige Entwicklung des Kindes über die Ausbildung von inhaltsübergreifenden Denkschemata vom Konkreten hin zum Abstrakten vollzieht. Dabei ist die Phase der konkreten Operation, in der sich Grundschul Kinder i. d. R. befinden, vor allem durch die Unfähigkeit, auf nicht tatsächlich verfügbare Informationen zu schließen, gekennzeichnet. Die Annahme dieser bereichsübergreifenden Veränderung des Denkens und der Informationsverarbeitung gilt heute jedoch als nicht mehr tragbar (Stern & Möller, 2004). Insbesondere die Befunde zur Bedeutung der Inhaltsspezifität der geistigen Entwicklung machen deutlich, dass Kinder in einer inhaltlichen Domäne bereits sehr fortgeschrittene geistige Operationen vollziehen, während sie in einem anderen Inhaltsgebiet bei vergleichbar schwierigen Aufgaben überfordert sind (Schrempf & Sodian, 1999; Stern, 2002).

Auch ein Blick auf die Entwicklung der Instruktionspsychologie zeigt, dass sich die Vorstellungen von Lernen und die damit verbundenen Bilder der Lernenden und Lehrenden im Verlauf des 20. Jahrhunderts enorm verändert haben. Wurde Lernen zu Beginn des 20. Jahrhunderts noch als rezeptiver Prozess verstanden und Lernende als passive Stimuli-Empfänger angesehen, gelten diese Sichtweisen heute nicht mehr als angemessen. Seit den 1980er Jahren haben sich Instruktionstheorien durchgesetzt, die zum Ziel haben, den Lernenden zu weitgehend eigenständigem Lernen zu befähigen und die ihren Fokus in der Forschung auf den Lernenden lenken (Gerstenmaier & Mandl, 1995; Klauer & Leutner, 2007; Landwehr, 2001; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2006). Auch wenn die hierzu vorliegenden Konzepte nicht auf eine konsistente Theorie zurückgeführt werden können (Duit, 1995, 1996), so lassen sich doch gemeinsame Grundgedanken finden, die Gerstenmaier und Mandl (1995) als pragmatischen und moderaten Konstruktivismus bezeichnen. Dieser Ansatz berücksichtigt moderne konstruktivistisch orientierte Lerntheorien, Sichtweisen des kognitiven Konstruktivismus (Piagets Theorie der Äquilibration), sozial-konstruktivistische Ansätze und Ansätze der situierten Kognition und hat sich in der aktuellen naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung als fruchtbar und flexibel erwiesen (Duit, 1995; Gerstenmaier & Mandl, 1995; Möller, 2001a; Palincsar, 1998; Überblicks- und kritische Darstellungen bei Terhart, 2003). Lerntheoretisch liegen dieser Sichtweise zusammenfassend die Annahmen zugrunde, dass Wissen aktiv und in-

dividuell vom Lernenden konstruiert werden muss und nicht direkt vermittelt werden kann, dass der Lernende aktiv im Lernprozess involviert sein muss, dass Wissensaufbau durch soziale Interaktion gefördert wird und dass Lernsituationen, die das Lösen von Problemen erfordern, die Anwendbarkeit des erworbenen Wissens fördern (Gerstenmaier & Mandl, 1995). Wissen kann also nicht ohne die kognitive Aktivität der Lernenden erworben werden. Entscheidend für diesen Konstruktionsprozess ist das Vorwissen der Lernenden. Mit Hilfe des bereits existierenden Wissens werden neue Informationen interpretiert, wobei sowohl das ursprüngliche als auch das neue Wissen vom Individuum verändert werden können. Lernen ist also die Veränderung bestehender Strukturen. Dieses Verändern, Erweitern, Vernetzen, Ordnen und Bilden von Wissensstrukturen kann auch durch das *rezeptive* (aufnehmende) Lernen erreicht werden, solange die Lernenden kognitiv aktiviert werden (Baumert, Blum, & Neubrand, 2002; Gudjons, 2007; Klauer & Leutner, 2007; Renkl, 2005).

2.1.3 Naturwissenschaftliches Lernen als Veränderung von Konzepten

Diese soeben skizzierte Diskussion um das entwicklungs- und instruktionspsychologische Verständnis von Lernen bildet die theoretische Grundlage für die fachdidaktische, bereichsspezifische Lehr- und Lernforschung, die sich fachspezifisch auf die Fragen konzentriert, wie Konzepte durch den Lernenden aufgebaut werden und wie Wissensaufbau durch instruktionale Maßnahmen seitens der Lehrenden effektiv unterstützt werden kann. Auf diese Punkte wird, bezogen auf das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, im vorliegenden Kapitel kurz eingegangen, indem der Stand der Forschung zu Schülervorstellungen und zu Conceptual Change-Theorien, die die Sicht von naturwissenschaftlichem Lernen und Lehren entscheidend geprägt haben, zusammengefasst wird.

2.1.3.1 Forschung zu Schülervorstellungen

Die große Zahl von Untersuchungen zu den Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, die seit den 1970er Jahren durchgeführt worden sind, belegen eindrucksvoll, dass Schüler im Bereich der Naturwissenschaften bereits über teilweise tief in Alltagserfahrungen verankerte Vorstellungen von Phänomenen und Begriffen verfügen, mit denen sie in den Unterricht hineinkommen (für einen Überblick siehe Duit, 2006). Häufig stimmen diese vorunterrichtlichen Vorstellungen mit den zu lernenden naturwissenschaftlichen Konzepten in zentralen Aspekten nicht überein (Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994). Forschung auf diesem Gebiet hat gezeigt, dass Schüler beständig an diesen Vorstellungen festhalten und sich diese Vorstellungen Veränderungen gegenüber als äußerst resistent erweisen (Duit, 2006; Duit & Treagust, 1998, 2003). Zur Beschreibung von solchen vorunterrichtlichen Vorstellungen der Lernenden werden in der Literatur zahlreiche Begriffe

verwendet wie z. B. Alltagsvorstellungen, Fehlvorstellungen, Präkonzepte, alternative beliefs oder auch naive Theorien, um nur einige zu nennen (Wandersee, et al., 1994; Wodzinski, 1996). Die Begriffe sind in unterschiedliche Theorien eingebunden (Wodzinski, 1996) und unterscheiden sich teilweise in wesentlichen Aspekten (Möller, 1999). Dies kann als Hinweis auf die große Variation an unterschiedlichen Schülervorstellungen gedeutet werden (Kleickmann, 2008). In der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe Schülervorstellungen und Präkonzepte verwendet. Vorstellungen bezeichnen, so Duit (1997, S. 234), geistige Entwürfe, „die sich ein Mensch von der ihn umgebenden und durch Sinneseindrücke auf ihn wirkenden Welt macht“. Wenn diese Vorstellungen nur begrenzt empirisch belastbar sind, sollen sie als alternative Vorstellungen oder Fehlvorstellungen⁶ bezeichnet werden (Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann, & Blumberg, 2006). Der Begriff Präkonzepte hebt hervor, dass es sich um Schülervorstellungen handelt, die bereits vor der Teilnahme an institutionalisierten Lerngelegenheiten vorliegen. Die bspw. durch schulischen Unterricht veränderten Vorstellungen der Schüler werden dementsprechend als Postkonzepte bezeichnet. Sie können natürlich wieder zu Präkonzepten für spätere Lernprozesse werden (Einsiedler, 1996; Möller, 1999).

Präkonzepte bzw. vorunterrichtliche Schülervorstellungen lassen sich hinsichtlich ihrer Stabilität unterscheiden: Deep Structures sind stabile, tief in bestehenden Strukturen verankerte, Vorstellungen, die relativ resistent gegenüber unterrichtlichen Veränderungen sind (Wodzinski, 1996). Davon abgegrenzt werden üblicherweise sog. Current Constructions oder Ad-hoc-Vorstellungen, die beschreiben, dass Schüler, die aufgefordert werden, einen (naturwissenschaftlichen) Sachverhalt zu erklären, oft auf der Basis vorgängiger Erfahrungen spontane Sinn-Konstruktionen entwickeln. Schülervorstellungen in diesem Sinne sind also nicht als dauerhaft repräsentierte, stabile Strukturen zu verstehen, sondern als in einer Befragungssituation spontan erzeugte Verlegenheitsäußerungen (Möller, 1999; Niedderer & Schecker, 1992; Wodzinski, 1996). Die Vorstellungen der Schüler lassen sich auch hinsichtlich ihrer Kohärenz beschreiben. Zahlreiche Studien zeigen, dass Vorstellungen der Schüler oft wenig kohärent sind: Sie erscheinen fragmentiert und divers, d. h. nur lose verbunden und stark an den Kontext gebunden, in dem sie erworben wurden (diSessa, 1983, 1988; Linn & Eylon, 2006). Auch wenn Schüler einige Vorstellungen ihres Repertoires an Ideen stärker vertreten als andere, so äußern sie doch auch widersprüchliche Vorstellungen zu ein und demselben Phänomen (diSessa, 1988; Linn & Eylon, 2006). Andererseits werden aber auch kohärentere, systematische Erklärungsmuster berichtet (Vosniadou, 2002). Einzelne Vorstellungen der Schüler können auch in einen größeren Rahmen integriert sein, so dass Vertreter dieser Position von systematischen Theorien sprechen, in denen die Vorstellungen der Schüler organisiert sind (Carey, 1999; Vosniadou & Brewer, 1992). Die Diskussion wird aktuell unter dem Stichwort „pieces vs. coherence“ (diSessa,

6 Die Verwendung des Terms Fehlvorstellung impliziert nicht, dass diese Vorstellungen im Einzelfall nicht situational angemessen und logisch begründet sein können.

2008) geführt, ohne zu einem Abschluss gekommen zu sein.

Größere Einigkeit besteht in der Literatur in Hinblick auf die Herkunft von Schülervorstellungen. Den Stand der Forschung aus entwicklungspsychologischen, soziokulturellen, kognitiven und konstruktivistischen Perspektiven zu diesem Bereich zusammenfassend kann man festhalten, dass Schülervorstellungen sowohl auf der Basis von Alltagserfahrungen als auch durch den Unterricht entstehen können (Duit & Häußler, 1997; Häußler, Bündler, Duit, Gräber, & Mayer, 1998; Linn & Eylon, 2006). Im Alltag entstehen Schülervorstellungen z. B. im Umgang mit der Natur (Dingen und Lebewesen), durch Sinneserfahrungen, Spracherfahrungen (Alltagssprache), durch Gespräche mit Mitmenschen oder durch Medien (Duit & Häußler, 1997; Wandersee, et al., 1994) In Alltagssituationen erlauben diese Vorstellungen durchaus ein erfolgreiches Handeln, obwohl sie oftmals nicht mit der naturwissenschaftlichen Sichtweise übereinstimmen und dadurch zu Lernschwierigkeiten im Unterricht führen (Linn & Eylon, 2006). Neben Alltagserfahrungen stellen aber auch institutionellen Lerngelegenheiten eine Quelle für alternative Schülervorstellungen dar, da auch Unterricht zur Entwicklung von Vorstellungen führt, die angemessenen naturwissenschaftlichen Sichtweisen gegenüberstehen (Duit & Häußler, 1997).

Im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge, in dem das Verständnis der Schüler durch die Anbindung an das PLUS-Projekt (siehe Kap. 4.2) erhoben wird, existieren ebenfalls zahlreiche (alternative) Schülervorstellungen. Im Folgenden werden einige dieser Vorstellungen beispielhaft aufgeführt, da diese zum einen den theoretischen Hintergrund für die Konstruktion des Tests zur Erfassung des Schülerverständnisses (siehe Kap. 4.5), aber auch für die Konstruktion und Bewertung des Tests zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen (siehe Kap. 4.4) darstellen. Skizziert werden Fehlkonzepte zu den im Test adressierten Aggregatzuständen sowie zu den Übergängen zwischen ihnen.

Strunk (1999) fasst die grundlegende Schwierigkeit beim Thema Aggregatzustände zusammen, indem er schreibt: „Unsere erwachsene klare Einteilung in Feststoffe, Flüssigkeiten und Gase, die jeweils andere grundlegende Eigenschaften haben, bildet sich unter Grundschulern nicht spontan aus“ (S. 101-102). Neben der Unterscheidung zwischen festen und flüssigen Stoffen fällt Lernenden der Grundschule dabei insbesondere das Verständnis von gasförmigen Stoffen lange Zeit schwer. Eine Hauptschwierigkeit stellt dabei die Erkenntnis dar, dass Gase dauerhafte Substanzen sind, die Masse besitzen und Raum einnehmen (Strunk, 1999). Das Verständnis dieser Eigenschaften von Gasen wird aber wiederum als Voraussetzung für das Verständnis der Aggregatzustandswechsel z. B. durch Verdunstung angesehen.

In diesem Themengebiet untersuchten Bar und Galili (1994) die Vorstellungen von Schülern im

Alter zwischen fünf und vierzehn Jahren, indem sie deren Erklärungen von alltäglichen Verdunstungsphänomenen analysierten. Abhängig vom jeweiligen Kontext wurden unterschiedliche Antwortmuster gefunden, die typische (alternative) Schülervorstellungen zum Thema Verdunstung repräsentieren. Über die verschiedenen Kontexte hinweg extrahieren Bar und Galili (1994) die folgenden typischen Schülervorstellungen zum Thema Verdunstung:

- A Water disappears.
- B Water was absorbed in the floor (or/and ground).
- C The water 'evaporates', meaning it is now unseen and being transferred into an alternative location or medium, etc: 'somewhat in the sky', 'sun', 'ceiling', 'air', or 'clouds'.
- D The water changes into vapour, as small (commonly unseen) droplets, dispersed in the air, or water is transformed into air. (S. 162)

Bar und Galili untersuchten ferner, wie häufig diese Schülervorstellungen in den unterschiedlichen Altersklassen vorkommen. Sie fanden, dass die unspezifische und nicht weiter begründete Vorstellung, dass Wasser einfach verschwindet (A), von 60% der Fünfjährigen vertreten wird, d. h. von der überwiegenden Mehrheit der jüngeren Kindern. Die Sieben- und Achtjährige dagegen vertreten mehrheitlich die Vorstellung, dass das Wasser vom Untergrund eingesaugt wird (B). Dies deuten die Autoren dahingehend, dass die Kinder das Wasser als Substanz, die nicht einfach verschwinden kann, erkennen. Im selben Alter, aber auch bis zum zwölften Lebensjahr, geben Schüler an, Wasser ändere seinen Aufenthaltsort (C) „to somewhere upwards“ (Bar & Galili 1994, S. 162), was schon die Ortsveränderung des Wassers, aber noch nicht die Zustandsveränderung berücksichtigt. Die wissenschaftlich angemessenste Vorstellung, das Wasser ändere seinen Zustand (D), wird ausschließlich von älteren Schülern und dann nur stark vereinzelt vertreten (Bar & Galili 1994, S. 162-163). Insgesamt lässt sich festhalten, dass die gefundenen alternativen Schülervorstellungen je nach Kontext aktiviert werden und mit steigenden Altersstufen abnehmen, aber nicht völlig verschwinden und bis zum zwölften Lebensjahr sogar gehäuft (bis zu 20%) gefunden wurden.

Auch Russell, Harlen und Watt (1989) fanden in ihrer Studie ähnliche Ergebnisse. Sie untersuchten die Vorstellungen von Schülern jedoch hauptsächlich an einem Kontext (ein Wassertank, aus dem Wasser verdunstet) und ordneten die Schülervorstellungen zur Verdunstung drei Gruppen zu. Die erste Gruppe umfasst sowohl die Vorstellung, dass sich das Wasser gar nicht verändert, als auch die Vorstellung, dass das Wasser verschwindet, sich sozusagen entmaterialisiert. In einer zweiten Gruppen werden diejenigen Vorstellungen zusammengefasst, die dem Wasser eine Ortsänderung zusprechen ohne jedoch eine Veränderung der Materie zu benennen. Als Auslöser für diese Veränderung des Ortes werden sowohl menschliche als auch tierische oder mythische Akteure in Betracht

gezogen, die das Wasser entweder selbst beanspruchen („The sun sucks the water into the sun“) oder bewirken, dass das Wasser an einen anderen Ort übergeht („The water from puddles goes to the clouds. The sun acts as a magnet and brings the water up drop by drop“) (Russell, et al., 1989, S. 570). Die dritte Gruppe beinhaltet Vorstellungen nach denen das Wasser in wahrnehmbaren und auch nicht-wahrnehmbaren Formen transformiert und konserviert wird. Wahrnehmbare Formen, in die das Wasser nach diesen Vorstellungen überführt werden kann, wären beispielsweise Nebel oder Wassertröpfchen, nicht wahrnehmbare Formen Wasserdampf. Diese Vorstellungen stehen dem wissenschaftlichen Konzept am nächsten.

Auch zur Kondensation, also dem Übergang vom Gasförmigen zum Flüssigen, wurden Untersuchungen zu Schülervorstellungen durchgeführt. Johnson (1998) konfrontierte in einer auf drei Jahre angelegten Längsschnittstudie elf bis vierzehn Jahre alte Schüler mit der Frage, woher das Kondenswasser an einer gekühlten, zuvor trocken geputzten Limonadendose stamme. Typische Schülervorstellungen zur Erklärung des Kondensationsphänomens waren u.a. eine Benennung der veränderten Temperatur als Ursache für die Tröpfchenbildung, eine Eisschicht, die sich im Kühlschrank um die Dose gebildet habe, Wasser, das aus dem Inneren der Dose stamme und Wasser, das aus der Luft komme (Johnson, 1998, S. 701-702). Es zeigt sich, dass einige Schüler relativ unspezifisch die Kälte aus der Luft als Ursache für die Tröpfchenbildung ausmachen.

Die hier dargestellten Studien sind nur exemplarisch ausgewählt. Die in diesen Studien beschriebenen Schülervorstellungen stehen aber in Einklang mit übrigen Studien zu diesem Thema (Bar, 1989; Bar & Travis, 1991; Osborne & Cosgrove, 1983; Tytler, 2000; Tytler & Peterson, 2000) und spiegeln die Vielfalt der unterschiedlichen Vorstellungen der Schüler wider.

2.1.3.2 Naturwissenschaftliches Lernen als Veränderung von Konzepten

In den 1980er Jahre widmete sich die naturwissenschaftsbezogene Lehr-Lern-Forschung nun nicht mehr ausschließlich der Erkundung der bestehenden Schülervorstellungen, sondern ging darüber hinaus der Frage nach, ob und unter welchen Umständen Lernenden der Übergang von einer (Alltags-) Vorstellung zu einem wissenschaftlicheren Konzept gelingt (Duit, Treagust, & Widodo, 2008). Die Veränderung ursprünglicher Vorstellungen wird dabei als Conceptual Change beschrieben (Duit, 1997; Duit & Treagust, 2003; Möller, 2007). Der Begriff Conceptual Change steht für Reorganisation von bestehenden Wissensstrukturen (Duit & Treagust, 2003) bzw. für die Veränderung und Weiterentwicklung von Vorstellungen und Begriffen (Möller, 2007). Der englische Begriff Conceptual Change sowie die deutsche Übersetzung Konzeptwechsel erscheinen heute jedoch ungeeignet, da sie implizieren, dass es sich ausschließlich um einen Austausch eines nicht angemessenen Konzeptes zu Gunsten einer adäquateren Vorstellung handelt (Duit, 1996, 1997; Möller, 2007).

Begrifflichkeiten wie z. B. „Konzeptveränderungen“ (Möller, 2007) oder „conceptual reconstruction“ (Kattmann, 2005) werden vor diesem Hintergrund heute als angemessener erachtet.

In Anlehnung an die Äquilibrationstheorie Piagets lassen sich zwei Arten von Conceptual Change voneinander unterscheiden. Die Assimilation bezeichnet dabei zum einen einen Vorgang, bei dem neue Konzepte in die bestehenden Wissensstrukturen aufgenommen werden, ohne dass größere Veränderungen der bisherigen kognitiven Strukturen notwendig sind (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982). Der Lernende nimmt dabei nur geringfügige Erweiterungen und kleinere Veränderungen seiner Vorstellungen vor (Duit & Treagust, 2003). Solche Assimilationsprozesse werden in der Literatur z. B. auch als „conceptual enrichment“ (Carey, 1991; Vosniadou, 1994) oder „kontinuierliche Lernwege“ (Duit, 1995) bezeichnet. Der Prozess der Akkommodation bezeichnet dagegen eine grundlegende Umstrukturierung der bestehenden Wissensstruktur, bei dem nicht belastbare Konzepte durch neue adäquatere Konzepte ersetzt werden (Duit, 1995; Posner, et al., 1982). Akkommodative Prozesse der kognitiven Umstrukturierung werden auch als „radical reconstruction“ (Carey, 1985), „conceptual revision“ (Vosniadou, 1994) oder „diskontinuierliche Lernwege“ (Duit, 1995) bezeichnet.

Es liegen mittlerweile zahlreiche Conceptual Change-Ansätze vor, die in unterschiedliche Rahmentheorien eingebettet sind (Duit & Treagust, 2003; Limón & Mason, 2002). Die meisten von den in den 1980er Jahren entwickelten Ansätzen gehören zu den klassischen Conceptual Change-Theorien, die ihr Hauptaugenmerk auf die Entwicklung von individuellen Konstruktionsprozessen legen und versuchen, diese zu beschreiben (Duit, 1997). Die Theorie von Posner, Strike, Hewson und Gertzog aus dem Jahr 1982 wird heute als „'classical' conceptual change approach“ (Duit, et al., 2008, S. 630) bezeichnet und versucht unter Berücksichtigung instruktionspsychologischer Aspekte aufzuklären, unter welchen Bedingungen ein Wechsel von (Alltags-)Vorstellungen zu fachwissenschaftlich begründeten Vorstellungen vollzogen werden kann. Gemäß ihrer Theorie sind vier Bedingungen für Conceptual Change erforderlich: Als wesentliche Bedingung für Konzeptwechsel beschreiben Posner und Kollegen (1982) in Anlehnung an die Äquilibrationstheorie Piagets, dass die Lernenden mit ihren vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein müssen (dissatisfactions). Des Weiteren müssen die neuen Konzepte dem Lernenden minimal verständlich sein (intelligible), die neuen Konzepte müssen ihm glaubwürdig (plausible) und fruchtbar erscheinen, d. h. sie müssen sich in der Anwendung auf andere Phänomene bewähren (fruitful). Sind diese vier Bedingungen erfüllt, kann es zu einem Wechsel bzw. einem Austausch von Konzepten kommen. Diese klassische Position wurde seither aus unterschiedlichen Perspektiven kritisiert (Duit & Treagust, 2003).

Zunächst hat sich gezeigt, dass die konzeptuellen Umstrukturierungen von Schülern in Richtung auf die wissenschaftlichen Konzepte durch institutionelle Instruktion selten erreicht werden (Duit,

et al., 2008). Der komplette Austausch von alten Vorstellungen zu Gunsten von neuen, wissenschaftlichen Vorstellungen konnte in keiner Studie eindeutig berichtet werden (Duit & Treagust, 1998). Ganz im Gegenteil berichten die meisten Studien davon, dass in bestimmten Kontexten die vorher bestehenden Konzepte wieder aktiviert werden, weshalb man dazu übergegangen ist, eher von graduellen und häufig langwierigen Umstrukturierungsprozessen als von harten Konzeptwechseln auszugehen (Möller, 2007), an deren Ende ein sog. „peripheral conceptual change“ (Chinn & Brewer, 1993) steht, bei dem Teile des initialen Konzeptes mit Teilen der wissenschaftlichen Konzeptes vermischt und zu sog. „Hybridvorstellungen“ (Jung, 1993) oder „synthetic models“ (Vosniadou & Brewer, 1992) zusammengefügt werden. Hewson und Kollegen (Hewson, 1982; Hewson & Lemberger, 2000) beschreiben konzeptuelle Veränderungen daher als Statusveränderungen, bei denen die Lernenden im Laufe des Lernprozesses den wissenschaftlichen Vorstellungen einen höheren Status zubilligen als ihren bisherigen (Alltags-)Vorstellungen. Dabei betonen sie den graduellen Charakter von Umstrukturierungsprozessen, da sich der Status von wissenschaftlichen Konzepten schrittweise erhöht, der Status von Alltagsansichten entsprechend reduziert, wobei alte und neue Vorstellungen parallel existieren können (Duit & Treagust, 2003; Hewson, 1982; Hewson & Lemberger, 2000).

Unter einer affektiven Perspektive beruht die Kritik auf der fehlenden Berücksichtigung motivationspsychologischer Aspekte beim Lernen (Pintrich, 1999; Pintrich, Marx, & Boyle, 1993). Mit Bezug auf empirische Studien, die belegen, dass Lernprozesse nicht losgelöst von Emotion vollzogen werden können, ergänzen Pintrich, Marx und Boyle (1993) die von ihnen als „kalt“ bezeichnete klassische Theorie um sozial-affektive Faktoren, die auf individueller Ebene und im Klassenkontext gegeben sein müssen, damit Lernende überhaupt bereit sind, vorhandene Vorstellungen zu verändern oder sogar aufzugeben. Als individuelle, motivationale Faktoren nennen die Autoren Interessen, Zielsetzungen, Selbstwirksamkeitsüberzeugungen und auch epistemologische Überzeugungen. Merkmale des Klassenkontextes sind u.a. Merkmale von Aufgaben oder der Umgang mit Fehlern (Pintrich, 1999; Pintrich, et al., 1993). Pintrich et al. (1993) von einer „heißen“ Conceptual Change-Theorie.

Aktuelle Conceptual Change-Ansätze berücksichtigen darüber hinaus auch sozial-konstruktivistische Positionen und Sichtweisen der Theorie Vygotskys (1978), da sowohl Aspekte der individuellen als auch der sozialen Konstruktion miteinander verbunden werden (Palincsar, 1998). Zudem spielt die Idee des situierten Lernens in neuen Conceptual Change-Ansätzen eine zentrale Rolle. Ansätze in diesem Sinne betonen die Kontextgebundenheit und Situietheit der Entwicklung von Wissensstrukturen (Stark, 2003).

2.1.4 Naturwissenschaftliches Lehren: Ansätze und Befunde zur Gestaltung von naturwissenschaftlichem Unterricht

Bisher wurde gezeigt, dass Schüler nicht als unbeschriebene Blätter in den naturwissenschaftlichen Unterricht kommen, sondern eine Reihe von alltagsnahen Erklärungen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen und Begriffen mitbringen. Oft stimmen diese vorunterrichtlichen Vorstellungen zumindest in zentralen Aspekten nicht mit den zu lernenden naturwissenschaftlichen Vorstellungen überein. Deshalb sind aktive Umstrukturierungsprozesse seitens der Schüler notwendig, um die erforderlichen Konzeptveränderungen herbeizuführen. Ziel von Unterricht ist es daher, Kindern die Möglichkeiten zur Konstruktion adäquaterer, naturwissenschaftlicher Erklärungen zu bieten, um so den Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses zu fördern. Auf der Basis der Forschung zu Schülervorstellung und den Theorien zum Konzeptwechsel sind Ansätze zur Gestaltung von Unterricht entwickelt worden, die Konzeptveränderungen begünstigen sollen. In der fachdidaktischen und pädagogisch-psychologischen Diskussion wird ein solcher Unterricht unter dem Begriff eines konstruktivistisch orientierten, auf verstehendes, kooperatives und problemorientiertes Lernen ausgerichteten Unterrichts diskutiert (vgl. Duit, 1995; Möller, 2002; Duit & Treagust, 1998; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001). Insbesondere das Konzept des genetischen Lehrens in der Tradition Martin Wagenscheins erfährt dabei im deutschsprachigen Raum verstärkt Beachtung. Im Folgenden werden die Charakteristika des genetischen Lehrens sowie der konstruktivistisch orientierten Lehrumgebungen skizziert, um anschließend die sich daraus ableitende Rolle der Lehrkraft zu thematisieren, die eng mit dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften, das den Schwerpunkt dieser Arbeit bildet, verbunden ist. Abschließend werden kurz empirische Befunde zur Wirksamkeit der dargestellten Ansätze hinsichtlich der Erreichung von leistungsbezogenen Zielkriterien seitens der Schüler skizziert.

2.1.4.1 Das genetisch-sokratische Lehren als Konzeption des Sachunterrichts

Genetisch orientierte Konzeptionen des Lehrens und Lernens werden in der deutschsprachigen mathematik- und naturwissenschaftsbezogenen Fachdidaktik aktuell wieder verstärkt aufgegriffen (Clausen, 2002; Möller, 2007). Im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik gelten die Arbeiten von Martin Wagenschein bis heute als bedeutendste Werke in der Diskussion um genetisch orientierte Lehrformen (Wagenschein, 1976). Wagenschein versteht unter dem Begriff des genetischen Unterrichts das genetisch-sokratisch-exemplarische Lehren. Mit dem genetischen Lehren ist dabei eine pädagogische Grundstimmung gemeint. Pädagogik beziehe sich immer auf den werdenden Menschen, im Unterricht und in der Didaktik demnach auf das Werden des Wissens im Menschen (Wagenschein, 1992). Wissen genetisch zu erwerben meint, es möglichst kontinuierlich, selbsttätig und

produktiv aufzubauen und es dabei in die ursprüngliche Welt einzuwurzeln (Wagenschein, 1992). Mit dem Genetischen hebt Wagenschein hervor, dass Kinder bruchlos vom Nachdenken über auffällige Phänomene in die wissenschaftliche Sichtweise geführt werden könnten. Sie seien bereits auf dem Wege zur Physik und die Lehrperson müsse ihnen nur entgegenkommen und sie da abholen, wo sie gerade stünden (Wagenschein, 1976). Die sokratische Methode gehört zum genetischen Vorgehen, da „das Erwachen geistiger Kräfte“ sich im Gespräch am wirksamsten vollzieht (Wagenschein, 1992, S. 75). Die Lehrperson solle Gespräche mit den Schülern leiten, dabei aber nicht dozieren oder informieren, sondern die Beiträge der Schüler aufgreifen und das Nachdenken und Sprechen der Schüler über das thematisierte Phänomen herausfordern. Das exemplarische Prinzip bezieht sich auf die stoffliche Auswahl und bedeutet eine mit Rückgriff auf Bildungskategorien begründete Beschränkung auf beispielhafte Themen oder Arbeitsweisen mit dem Ziel, Zeit für eine vertiefte Auseinandersetzung zu gewinnen. Ein genetisch-sokratisches Verfahren kann sich nur auf einen exemplarischen Themenkreis beziehen (Möller, 2007; Wagenschein, 1992).

Unter Berücksichtigung kognitionspsychologischer Aspekte greift Köhnlein (1996) das Prinzip des Genetischen auf und überträgt es Anfang der 1980er Jahre auf den Sachunterricht (Möller, 2007). Die „genetische Orientierung“ bezeichnet bei Köhnlein ein Unterrichtsverfahren, das „die Erfahrungen, Vorkenntnisse und Überlegungen der Lernenden konstruktiv aufnimmt und zusammen mit ihnen Wege des Entdeckens sucht, um gemeinsam zu gesichertem und verstandenem Wissen zu kommen“ (S. 61). Die Vorstellungen der Schüler werden also als Ausgangspunkt des Lehrens und Lernens betrachtet und sollen zu wissenschaftlicherem Denken ausgebaut werden (Köhnlein, 1996, 1998). Köhnlein betont dabei, dass Lernen ein aktiver Aufbauprozess ist, der nur durch die eigene Aktivität des Lernenden, aber mit Hilfe der Lehrperson oder der Lerngruppe generiert werden kann. Er beschreibt die gemeinsame Arbeit an den Vorstellungen der Lernenden als „Prozess der Wissenskonzstruktion im sozialen Kontext“ (S. 82), fokussiert dabei aber auch die individuelle Wissenskonzstruktion und spricht so von einem „konstruktiv-genetischen“ Ansatz (S. 63).

Eine weitere Variante in der Entwicklung der Wagenscheinschen Gedanken sind die von Spreckelsen (1997) entwickelten *Phänomenkreise*. Phänomenkreise bestehen aus einer Reihe von „strukturell identischen“ Experimenten, denen das gleiche physikalische Funktionsprinzip unterliegt (Spreckelsen, 1997, S. 125). Ein einzelnes Phänomen muss dann seitens der Schüler nicht durch Einlagerung in eine bei ihm (meist nicht) bestehende geistige Struktur verstanden werden, sondern eine solche entsteht im Vergleichen mehrerer strukturell identischer Phänomene untereinander. Den Lernenden soll so ebenfalls Verstehen ermöglicht werden.

Im Kern sehen sowohl Wagenschein als auch Köhnlein und Spreckelsen genetisches Lehren im Bereich der Naturwissenschaften als Unterstützung der Schüler bei einem Wissensaufbau, der an ih-

ren vorhandenen Vorstellungen ansetzt und diese durch dialogische oder direkte Auseinandersetzung mit dem Sachverhalt in tragfähigere wissenschaftliche Konzepte überführt (Kleickmann, 2008). Auch wenn die Idee des genetischen Lehrens nicht über den deutschsprachigen Raum hinaus rezipiert worden ist, so finden sich inhaltlich große Übereinstimmungen mit dem auf Bruner zurückgehenden Ansatz des entdeckenden Lernens und auch mit dem in der heutigen angloamerikanischen Naturwissenschaftsdidaktik weit verbreiteten Scientific Inquiry-Ansatz (Möller, 2007).

2.1.4.2 Konstruktivistisch orientierte, Conceptual Change-fördernde Lehr- Lernumgebungen

Aus den in Kapitel 2.1.2 vorgestellten konstruktivistisch orientierten Lerntheorien sowie der in Kapitel 2.1.3 vorgestellten Theorien zum Konzeptwechsel wurden Anregungen für die Gestaltung von Lernumgebungen im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens abgeleitet, die Konzeptveränderungen seitens der Schüler begünstigen sollen. Obwohl infolge der enormen Bandbreite an Theorien in diesem Bereich auch viele, unterschiedliche Vorschläge zur praktischen Umsetzung konstruktivistischer Lernumgebungen gemacht wurden, bildet die Idee, dass Lernumgebungen den aktiven Wissenserwerb fördern müssen, einen gemeinsamen Kern. Im Folgenden werden fünf Merkmale für Conceptual Change-fördernde Lernumgebungen skizziert, über deren Bedeutsamkeit für den Erwerb konzeptuellen Verständnisses in der naturwissenschaftsdidaktischen Diskussion weitgehender Konsens besteht (Duit, 1997; Duit & Treagust, 1998; Möller, 2001a; Möller, et al., 2006; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2006):

Kognitiv aktivierende Lernumgebungen. Lernen als aktiver Konstruktionsprozess ist ohne die Eigenaktivität und die emotionale Beteiligung der Lernenden nicht vorstellbar. Konstruktivistisch orientierter Unterricht muss deshalb nicht nur die kognitive Aktivität der Lernenden fördern, sondern auch Motivation und Interesse der Lernenden berücksichtigen. Dies kann z. B. durch problemorientierte Lernumgebungen, die Raum für forschendes Experimentieren, selbsttätiges Handeln und offene Fragestellungen unter Berücksichtigung eines angemessenen Schwierigkeitsgrad bereitstellen, realisiert werden. Zudem sollte Lernenden die Möglichkeiten zur Selbst- und Mitbestimmung gegeben werden, um Kompetenz- und Autonomieerleben zu ermöglichen und darüber das Interesse zu fördern (Einsiedler, 1994; Gerstenmaier & Mandl, 1995; Harlen, 1998; Krapp, 1998; Möller, 1999; Möller, et al., 2006).

Anregen von konstruktiven Lernprozessen. Die Lernumgebung sollte den Lernenden die Möglichkeit bieten, eigene Wissenskonstruktionen und Interpretationen vorzunehmen, also die oben beschriebenen Conceptual Change-Prozesse ermöglichen. Die vorunterrichtlichen Vorstellungen müssen bei der gesamten Planung und Gestaltung der Lernumgebung berücksichtigt werden. Sowohl die Sachstruktur für den Unterricht als auch die Auswahl der eingesetzten Medien ist vor dem Hin-

tergrund der Schülervorstellungen zu treffen, da Schüler sie aus ihrer Perspektive ganz anders interpretieren als dies beabsichtigt war (Duit, 1997). In Abhängigkeit von der Art der vorunterrichtlichen Schülervorstellungen werden in der fachdidaktischen Literatur verschiedene Lehrstrategien beschrieben (Scott, Asoko, & Driver, 1992): Stehen die ursprünglichen Vorstellungen der Schüler konträr zu den wissenschaftlichen Vorstellungen, werden sog. Konfliktstrategien empfohlen, die harte Konzeptwechsel einleiten sollen. Die Lernenden sollten in diesen Fällen mit Evidenzen konfrontiert werden, die im Gegensatz zu ihren Erwartungen stehen. Mit Hilfe dieser Konfrontation sollen kognitive Konflikte und eine Unzufriedenheit mit den bisherigen Erklärungsansätzen ausgelöst werden (Limón, 2001; Möller, 1999). Weisen die vor dem Unterricht bestehenden Schülervorstellungen Überschneidungsbereiche mit den wissenschaftlichen Vorstellungen auf, werden Anknüpfungsstrategien empfohlen. Diese Überschneidungsbereiche werden als Ankervorstellungen (anchoring conceptions) bezeichnet, von denen ausgehend die wissenschaftlichen Konzepte aufgebaut werden sollen (Möller, 1999). Auch das Lernen über Analogien im Sinne Spreckelsens (vgl. Kap.2.1.4.1) oder der Einsatz von Brücken-Strategien, bei denen den Schülern Vorstellungen angeboten werden, mit deren Hilfe sie von der ursprünglichen, teilweise schon angemessenen Vorstellung hin zu wissenschaftlichen Konzepten geführt werden sollen, stellen solche Anknüpfungsstrategien dar (Möller, 1999; Wodzinski, 2004). Das alleinige Vorgeben von Erklärungen und Problemlösungen durch die Lehrkraft, wird kritisch gesehen. Sollte sich diese Art der direkte Instruktion aber nicht vermeiden lassen, so müsse diese für die Schüler nachvollziehbar und aktiv nachkonstruierbar sein (Möller, 1999).

Berücksichtigung von bedeutungsvollen Kontexten. Um Lernen als situativen Prozess umsetzen zu können, müssen authentische Aufgaben in relevante und bedeutungsvolle Kontexte eingebettet werden. Damit das Wissen auch außerhalb des speziellen Kontextes, in dem es ursprünglich erworben wurde, angewandt werden kann, sollen Lerngelegenheiten immer vielfältige Beispiele und Kontexte für die Wissensanwendung bereitstellen (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998, 2006).

Gelegenheiten für soziales und kooperatives Lernen. Neben Gelegenheiten zur individuellen Wissenskonstruktion sollten Lernumgebungen auch den sozialen Austausch über den Lerngegenstand anregen und fördern. In gemeinsamen Diskussionen sollen die Lernenden die Gelegenheit erhalten, die Adäquatheit ihrer Vorstellungen und Deutungen über natürliche Phänomene zu überprüfen und auszuhandeln (Appleton, 2007; Möller, 1999; Tytler, 2002).

Möglichkeiten der Selbststeuerung und der Anleitung. Die Selbstbestimmtheit des Lernens ist ein langfristiges Ziel von Unterricht, für das die Voraussetzungen beim Lernenden aber oft erst geschaffen werden müssen (Möller, 1999). Um einen aktiven Aufbau von Wissen bewältigen zu können, sind Steuerungs- und Strukturierungshilfen bzw. allgemeine und individuelle Hilfen durch die Lehr-

kraft notwendig, um einer Überforderung der Lernenden durch zu viel Selbststeuerung entgegenzuwirken (Stark, Gruber, & Mandl, 1998). Solche Strukturierungshilfen können im Sinne des „Scaffolding“ (Wood, Bruner, & Ross, 1976) neben Maßnahmen der sinnvollen Sequenzierung von fachlichen Inhalten, auch eine unterstützende Gesprächsführung und der gezielte Einsatz von Denk- und Fokussierungshilfen sein, um Schüler durch ein optimales Level an Hilfestellungen bei der Umstrukturierung ihres Wissens bzw. beim Aufbau neuer Vorstellungen zu unterstützen (Davis & Linn, 2000; Davis & Miyake, 2004; Möller, et al., 2006).

2.1.4.3 Die Rolle der Lehrkraft

Ein derartiger Unterricht, der auf kognitive Konstruktion unter Berücksichtigung des Vorwissens ausgerichtet ist und neben dem kognitiven und motivationalen Engagement auch eigenes und gemeinsames Forschen und Entdecken sowie gemeinsame Diskussionen ermöglichen sollte, stellt hohe fachliche und fachdidaktische Anforderungen an die Lehrkraft (Möller et al, 2006). Einerseits soll die Lehrkraft durch schülerorientierten Unterricht Möglichkeiten für selbstgesteuerte, individuelle Lerngelegenheiten eröffnen. Andererseits sind bei komplexen Themenbereichen strukturierende Maßnahmen der Lehrkraft erforderlich, um die Umstrukturierung oder den Aufbau von Wissen zu ermöglichen. Die in der konstruktivistisch orientierten Literatur häufig beschriebene Rolle des Lehrers als Begleiter von Lernprozessen, die durch Zurückhaltung gekennzeichnet ist, muss um kognitiv aktivierende Lehrformen im Sinne eines Anregens, Perturbierens und Strukturierens erweitert werden (Möller, 2004). Das Finden einer angemessenen Balance zwischen der Unterstützung selbstgesteuerter Schüleraktivität und deren Einschränkung durch instruktive Anteile im Unterrichtsgeschehen mit dem Ziel der Komplexitätsreduktion wird als eine der größten Herausforderungen des Lehrerberufs gesehen (Einsiedler, 2007; Hardy, 2007). Auch Reiser (2004) weist auf die schwierige Rolle der Lehrkraft im Klassenkontext hin, die ein optimales Niveau an kognitiver Strukturierung (gleichzeitig) für alle Lernenden schaffen soll. Um dies zu erreichen, hat die Lehrkraft die Aufgabe, eine sachliche Analyse des Themas vorzunehmen und das Unterrichtsthema zu strukturieren, die Lernwege der Schüler beim Design und der Auswahl des Lernmaterials zu antizipieren, den Lernstand der Kinder im Hinblick auf ihre Alltagsvorstellungen, Interessen und Vorerfahrungen hin zu analysieren und mögliche Zugänge und Lernschwierigkeiten zu identifizieren und im Unterricht angemessen auf die letzteren zu reagieren (Duit, 1997; Möller, 2004; Möller, et al., 2006; Reiser, 2004). Darüber hinaus kommt der strukturierenden Gesprächsführung im Unterricht eine besondere Bedeutung zu, wobei strukturierende Lehreräußerungen im naturwissenschaftlichen Unterricht sowohl reine Zusammenfassungen oder Spiegelungen von Schüleräußerungen als auch Ermutigungen zum Weiterdenken und zum Formulieren von Begründungen sowie auch das Herausstellen von Un-

terschieden zwischen Schüleräußerungen und das Anregen von Transferäußerungen sein können (Davis & Miyake, 2004; Hardy, Jonen, Möller, & Stern, 2006; Möller, 2004).

Aus diesen didaktischen Theorien zur Gestaltung von Lehr-Lern-Umgebungen zieht Möller (2004) Rückschlüsse auf die von Lehrkräften benötigten Kompetenzen: Um die oben skizzierten Anforderungen umsetzen zu können, benötigen Lehrkräfte „allgemeindidaktische und lernpsychologische Kenntnisse wie auch fachliche und fachdidaktische Kenntnisse in Bezug auf biologische, physikalische, chemische und technische Aspekte des Sachunterrichts und ihre interdisziplinären Verflechtungen, um einen verständnisfördernden und motivational aktivierenden Unterricht [...] gewährleisten zu können.“ (S. 75) Das Wissen und die Kenntnisse der Lehrkräfte über diese pädagogisch-psychologischen, fachlichen und fachdidaktischen Inhalte scheint also eine unmittelbare Voraussetzung für die erfolgreiche Bewältigung der Anforderungen im Unterrichtsgeschehen zu sein. Auf dieses sog. professionelle Wissen von Lehrkräften soll aus Sicht und Tradition der angloamerikanischen Literatur in Kapitel 2.3 detaillierter eingegangen wird.

2.2 Ansätze und Befunde der empirischen Unterrichtsforschung zur Vorhersage von leistungsbezogenem Lernerfolg

Nachdem im vorherigen Kapitel das konzeptuelle Verständnis von Schülern, das dieser Arbeit zugrunde liegt, als wichtiges leistungsbezogenes Zielkriterium für naturwissenschaftliches Lehren und Lernen der Grundschule begründet worden ist, werden in diesem Kapitel die bisher empirisch gefundenen Determinanten, die Lernerfolg im oben genannten Sinne vorhersagen, skizziert. Hierbei wird auf einen historischen Aufriss zurückgegriffen, der die unterschiedlichen Suchrichtungen zu dem, was Lernerfolg vorhersagt, widerspiegelt. Die jeweils gefundenen Ergebnisse werden entlang des historischen Überblicks vorgestellt. Das Kapitel verfolgt dabei zwei Ziele: Zum einen soll die Bedeutung des Faktors „Lehrkraft“ für die Unterrichtsforschung herausgestellt und die Suchrichtung dieser Arbeit legitimiert werden. Darüber hinaus sollen aber an diesem Punkt auch Einflussgrößen auf die Lernleistung neben der Variable „Lehrkraft“ herausgearbeitet werden, da diese wichtige Kontrollvariablen für den vorliegenden Untersuchungsansatz darstellen und im Design der Studie mitbedacht werden müssen. Der Überblick über die Forschungsparadigmen sowie über die zentralen Ergebnisse kann dabei nur einen Ausschnitt aus dem Gesamtspektrum der unterrichtswissenschaftlichen Forschung repräsentieren, da eine Gesamtdarstellung im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich erscheint. Die Auswahl geschieht daher vor dem Hintergrund der Fragestellung dieser Arbeit und beschränkt sich vor allen Dingen auf Überblicksartikel zur Aufklärung von schulischen Leistungsunterschieden zwischen Schülern. Auf Untersuchungen zum Unterrichtsklima (Gruehn, 2000) wird nicht eingegangen, da sie für diese Arbeit nicht relevant erscheinen.

2.2.1 Grundlegende Paradigmen der Unterrichtsforschung

Im Zentrum der Unterrichtsforschung steht das Finden von Bedingungen für erfolgreiches schulisches Lernen. Das Ziel, das die Forschung dabei verfolgt, ist das Erklären und die Vorhersage von schulischem Lernerfolg durch Theorien (Kleickmann, 2008). Schulischer Lernerfolg kann dabei, wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben, an leistungsbezogenen, motivationalen, emotionalen oder persönlichkeitsbezogenen Kriterien aufseiten der Schüler festgemacht werden, wobei in einem multikriterialen Ansatz auch mehrere dieser Kriterien herangezogen werden können. Die überwiegende Mehrheit der Studien im Gebiet der Unterrichtsforschung fokussieren dabei jedoch ein leistungsbezogenes Kriterium, nämlich das des Lernzuwachses aufseiten der Schüler (Gruehn, 2000; Muijs, 2006). Unter welcher Suchrichtung Unterricht jedoch in den Blick genommen wird und wie Unterricht selbst konzeptualisiert wird, unterliegt historischen Veränderungen. In der wissenschaftshistorischen Entwicklung der empirischen Lehr-Lern-Forschung zeigt sich, dass die Aufmerksamkeit der Forschung über die Zeit auf unterschiedliche Merkmale, die Lernerfolg der Schüler vorhersagen, gerichtet ist. Die Veränderung in den forschungsleitenden Perspektiven fasst Weinert (1996) wie folgt zusammen:

Seit mehr als einem Jahrhundert beschäftigt sich die pädagogisch-psychologische Forschung mit der Persönlichkeit von Lehrerinnen und Lehrern, ihrem pädagogischen Handeln, mit der Bedeutung didaktischer Expertise und den Wirkungen des Unterrichts auf das Erleben, Verhalten und Lernen der Schülerinnen und Schüler. Was ist der gegenwärtige Erkenntnisstand dieser vielfältigen empirischen Forschungsbemühen? Gibt es den „guten Lehrer“, die „gute Lehrerin“ überhaupt, und, wenn ja, wodurch lassen sie sich charakterisieren? Sind bestimmte *Persönlichkeitsmerkmale* entscheidend, spielen wirksame *Lehrtechniken* eine Rolle oder geht es bevorzugt um die professionalisierte *Unterrichtsexpertise*? (S. 146)

In Anlehnung an die bei Doyle (1977), Shulman (1986a) und Bromme (1997) beschriebenen forschungsleitenden Perspektiven in der Unterrichtsforschung lassen sich in Weinerts Äußerung drei der bedeutendsten Strömungen innerhalb der Lehr-Lern-Forschung identifizieren: Das *Persönlichkeitsparadigma*, das *Prozess-Produkt-Paradigma* und das *Expertenparadigma*. Der Begriff des Paradigmas wird dabei verwendet, um zu betonen, dass es sich nicht nur um eine Aneinanderreihung von Forschungsergebnissen handelt, sondern dass sich mit der Erweiterung und Veränderung der methodischen und theoretischen Grundannahmen auch die Suchrichtung der Forschung sowie die Interpretation der Ergebnisse verändert hat (Bromme, 1997; Doyle, 1977; Gruehn, 2000; Shulman, 1986a). Im Gegensatz zu den forschungsleitenden Veränderungen in den Naturwissenschaften sind die Veränderungen in der Unterrichtsforschung aber nicht nur auf innerwissenschaftliche Neuerungen wie z. B. veränderte Methoden und Sichtweisen zurückzuführen. Sie spiegeln darüber hinaus auch immer ein mit dem Wandel der Gesellschaft verändertes Anforderungsprofil an den Untersu-

chungsgegenstand wider: Für die Unterrichtsforschung heißt das, dass Lehrkräfte heute anderen Anforderungen und Schwierigkeiten gegenüberstehen als vor 50 Jahren, was regelmäßig neue Untersuchungsfragen aufwirft (Bromme, Rheinberg, Minsel, & Weidemann, 2006).

Obwohl die Abgrenzung der einzelnen Paradigmen nicht unproblematisch ist (Gruehn, 2000) und je nach Einteilung drei bis sechs grundlegende Paradigmen unterschieden werden, soll hier die Gliederung von Bromme (1997) in Anlehnung an Shulman (1986a) aufgegriffen und um das bei Gruehn (2000) beschriebene „konstruktivistische Paradigma“ ergänzt skizziert werden, um die unterschiedlichen Suchrichtungen zu verdeutlichen und die jeweiligen Ergebnisse in Bezug auf die Erklärung und Vorhersage von Lernleistungen herauszuarbeiten.

2.2.2 Ansätze und Befunde im Persönlichkeitsparadigma

Eine erste Phase des wissenschaftlichen Bemühens, Unterschiede in der Schulleistung zwischen Schülern und Schulklassen mithilfe empirischer Untersuchungen vorherzusagen, war zur Mitte des 20. Jahrhunderts durch die Suche nach Eigenschaften der positiven Lehrerpersönlichkeit geprägt (Bromme, 1997; Helmke, 2009). Das grundlegende Ziel der Lehr-Lern-Forschung innerhalb dieses Paradigmas bestand darin, Persönlichkeitsmerkmale von Lehrkräften zu identifizieren, die Unterschiede in den pädagogischen Wirkungen der Lehrkraft erklären und vorhersagen. Kriterien für erfolgreiches Wirken der Lehrkraft waren dabei in erster Linie an Merkmalen auf Schülerseite festgemacht, die als pädagogisch wünschenswert gelten (z. B. Angstfreiheit, Selbstbilder), aber auch an schulischer Leistung (Bromme, et al., 2006). Nachdem man zunächst relativ unsystematisch nach globalen Lehrertugenden suchte, richtete sich das Interesse in den 1960er Jahren auf die systematische Beobachtung von bestimmten Persönlichkeitsmerkmalen wie z. B. bestimmten Charaktereigenschaften oder einen bestimmten Führungs- oder Unterrichtsstil (Gruehn, 2000; Helmke, 2009). Die wenigen konsistenten Zusammenhänge, die in diesem Paradigma zwischen den Eigenschaften der Lehrperson und den Lernfortschritten von Schülern entdeckt wurden, wie, dass gute Lehrer eher freundlich, heiter, sympathisch oder tugendhaft als grausam, depressiv, unsympathisch oder amoralisch sind (Pause, 1970), gelten heute als trivial (Bromme, 1997; Helmke, 2009). Darüber hinaus gelang es nicht, erfolgreiches Lehrerhandeln durch die Benennung eines generell notwendigen Persönlichkeitsprofils ausreichend aufzuklären (Bromme & Haag, 2004). Die zentralen Schwächen des Persönlichkeitsparadigmas bestanden neben der eingeschränkten Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Unterrichtssituationen, Fachinhalte und Klassenstufen (Bromme, 1997) vor allem in der Fokussierung auf sehr allgemeine, dadurch abstrakte und kaum operationalisierbare Persönlichkeitsmerkmale, die das Verhalten in konkreten Situationen determinieren sollten (Bromme, et al., 2006). Die große Distanz zwischen den allgemeinen Persönlichkeitseigenschaften und den tatsächlichen

Lehrer-Schüler-Interaktionen erschwerte das Finden von Ursache-Wirkungs-Beziehungen, weshalb diese Versuche heute als gescheitert betrachtet werden (Bromme & Haag, 2004).

Betrachtet man vor diesem Hintergrund die Weiterentwicklung der forschungsleitenden Perspektiven, so wird verständlich, warum sich die Suchrichtung im folgenden Prozess-Produkt-Paradigma verstärkt auf die konkreten Lehrerhandlungen richtete.

2.2.3 Ansätze und Befunde im Prozess-Produkt-Paradigma

Unter dem Einfluss des Behaviorismus verlagerte sich etwa ab 1960 der Fokus der Unterrichtsforschung weg vom eigenschaftsorientierten Forschungsansatz hin zum tatsächlichen Lehrerhandeln im Unterricht. Die Grundidee dieses Paradigmas bestand darin, die Wirkung von Verhaltensmustern und Fertigkeiten der Lehrenden auf eng umschriebene Schülerleistungen zu analysieren (Bromme, 1997). Untersucht wurde der Zusammenhang zwischen einzelnen, quantifizierbaren Lehrerverhaltensweisen wie z. B. der Anzahl anspruchsvoller Fragen oder positiver Rückmeldungen zu Schüleräußerungen, der Klarheit der Lehrersprache oder der Strukturierungsgrad von Gesprächsphasen (sog. Prozessmerkmalen des Unterrichts) und den Zielkriterien (sog. Produktmerkmalen) des Unterrichts, wie z. B. dem Lernzuwachs aufseiten der Schüler (Gruehn, 2000). Die Zusammenhänge wurden dabei entweder durch systematische Beobachtung des realen Unterrichtsgeschehens oder durch experimentelle Anordnungen erforscht und über das Berechnen von Korrelationen zwischen den untersuchten Prozessen und Produkten bestimmt (Bromme, 1997; Brophy & Good, 1986).

Im *klassischen Prozess-Produkt-Paradigma* ging man dabei zunächst davon aus, dass die Verhaltensweisen der Lehrkraft einen direkten Einfluss auf die Lernprozesse der Schüler haben (Gruehn, 2000). Klassische Prozess-Produkt-Studien konzentrierten sich dabei auf die niedrig-inferente Erfassung von Lehrerverhaltensweisen, von denen man annimmt, dass sie weitgehend unabhängig vom jeweiligen Unterrichtsinhalt ausgeübt werden können und wirksam sind (Bromme, 1997). Die auf dieser Analyseeinheit ermittelten Daten wurden über eine oder mehrere Schulstunden oder -tage aggregiert und mit Klassenmittelwerten des Leistungszuwachses in Beziehung gesetzt. Auch wenn sich die Ergebnisse dieses Forschungsparadigmas nicht immer einheitlich darstellten, konnte man zum Ende der 1970er Jahre empirische Evidenz für einige Verhaltensweisen von Lehrkräften im Unterricht nachweisen, die den Lernzuwachs von Schülern positiv beeinflussen, weshalb dieses Paradigma insgesamt als fruchtbar bezeichnet wird (Bromme, 1997; Shulman, 1986a). In der Vielzahl an Untersuchungen, die vor allem aus dem amerikanischen Raum stammen, kristallisieren sich nach den Übersichtsartikeln von Brophy und Good (1986), Shuell (1996), Bromme (1992), Einsiedler (1997) sowie Wang, Haertel und Walberg (1993) folgende u. a. relativ robuste Befunde heraus:

- Störungspräventive Unterrichtsführung und effektive Nutzung der Unterrichtszeit (Klassen-

führung oder Classroom-Management)

- Klare und strukturierte Darbietung des Inhaltes, der Aufgabenstellung und der Unterrichtsziele
- Angemessenes, auf die Schüler abgestimmtes, Unterrichtstempo (Pacing)
- Berücksichtigung individueller Voraussetzungen (Adaptivität), Überwachung der Schülerarbeit und der Lernfortschritte (Monitoring)
- Emotional qualitätsvolle Lehrer-Schüler Beziehung, Bereitstellung von Erfolgserfahrungen, optimistische Haltung des Lehrers gegenüber Lerneffekten bei Schülern

Die Befunde beziehen sich auf das Zielkriterium Lernleistung und werden überwiegend im Zusammenhang mit eher lehrergeführtem, instruktionsorientiertem Unterricht gewonnen, sind jedoch nicht an eine bestimmte Lehrmethode gebunden (Bromme, et al., 2006).

Obwohl also im Prozess-Produkt-Paradigma wichtige empirische Befunde erzielt wurden, bleibt der Forschungsstand insgesamt unbefriedigend. Neben der Kritik an der einseitigen Orientierung an der Kriteriumsvariable Lernzuwachs wurde vor allem das Fehlen von theoretischen Bezugsrahmen für die Suche nach Zusammenhängen zwischen Lehrerverhalten und schulischem Lernerfolg als Schwächen dieses Paradigmas identifiziert (Einsiedler, 1997; Gruehn, 2000). Darüber hinaus wurde deutlich, dass die dem Fachinhalt gegenüber weitgehend neutrale Operationalisierung der Variablen nicht zielführend war und Kriterien wie z. B. die Klarheit der Lehrersprache in Abhängigkeit vom Unterrichtsinhalt betrachtet werden müssen (Bromme, 1997; Shulman, 1986a). Weitere Probleme stellten sowohl die wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnisse der Bedingungsvariablen untereinander sowie die eingleisige Betrachtungsweise der Wirkungskette „die Lehrkraft beeinflusst den Schüler“ dar (Bromme, et al., 2006). Darüber hinaus fand man bei einem großen Teil der untersuchten Instruktionsmaßnahmen gegenläufige Wirkungen von Variablen bei unterschiedlichen Schülergruppen (Bromme, et al., 2006). Diese differentielle Abhängigkeit der Wirkung der lehrerseitigen Variablen lenkte die Aufmerksamkeit auf das Verhalten und die vermittelnden kognitiven Prozesse von Schülern, die man nun als Mediatoren zwischen dem Prozess (Lehrerverhalten) und dem Produkt (Lernergebnis der Schüler) berücksichtigte (Doyle, 1977; Shuell, 1996). Die klassischen Prozess-Produkt-Modelle wurden daher angereichert und zu *Prozess-Mediations-Produkt-Modellen* erweitert, in denen sich der Fokus zusätzlich auf die individuellen Informationsverarbeitungsprozesse der Schüler richtet. So wurde in Anlehnung an Carrolls Modell schulischen Lernens (1963) die aktive Lernzeit als erklärende Variable zwischen Lehrerhandeln und Leistung gesetzt, die sich in empirischen Studien seither immer wieder als relevanter Prädiktor für Leistungszuwachs zeigt (Helmke, 2009). Da Zeit allein eine unbefriedigende Erklärung für den Zusammenhang zwischen Lehren und

Lernen ist (sie sagt kaum etwas über den tatsächlichen Lernprozess aus), rückte in einem darüber hinausgehenden Ansatz die Schülerkognition unter der Frage, was Schüler mit der ihnen zur Verfügung gestellten bzw. aktiv für die Aufgabenbearbeitung genutzten Zeit tatsächlich anfangen, stärker in den Fokus (Gruehn, 2000; Shulman, 1986a). Im Mittelpunkt stand nunmehr die Frage, wie Schüler die ihnen zur Verfügung gestellten Lerngelegenheiten nutzen. Folgerichtig werden nun nicht mehr nur die allgemeingültigen Regelmäßigkeiten, sondern auch Wechselwirkungen zwischen Schülermerkmalen und Unterrichtsmethoden, sog. Aptitude-Treatment-Interaction-Effekte (Corno & Snow, 1986) in Betracht gezogen (Gruehn, 2000).

Neben den oben skizzierten wichtigen Erkenntnissen zu dem, was sich auf Schülerleistungen auswirkt, beeinflussen auch diese Erweiterungen die heutige Unterrichtsforschung stark und spiegeln sich in aktuellen theoretischen Modellen (vgl. Kap. 2.2.6) wider (Baumert, Blum, & Neubrand, 2004; Helmke, 2009; Lipowski, 2007). In diesen neueren Modellen nimmt auch die Variable „Lehrkraft“ wieder einen bedeutenden Raum ein, was auf den Einfluss des Expertenparadigmas, das im Folgenden skizziert wird, zurückzuführen ist.

2.2.4 Ansätze und Befunde im Expertenparadigma

Vor dem Hintergrund der der kognitiven Wende in der Psychologie und der damit einhergehenden Entstehung der Expertiseforschung rückt zu Beginn der 1980er Jahre die Person der Lehrkraft wieder verstärkt in den Vordergrund der Unterrichtsforschung. Dabei liegt der Fokus aber nicht mehr wie im Persönlichkeitsparadigma auf vage definierten Charaktereigenschaften, sondern auf der Idee, dass erfolgreiches Lehrerhandeln zu einem großen Teil vom persönlichen Wissen und Können der Lehrkraft abhängig ist (Bromme, 1992; Gruehn, 2000). Die Unzufriedenheit mit der Betrachtung der Lehrkraft als ein „Bündel von Teilfertigkeiten“ im Prozess-Produkt-Paradigma sowie die aus dieser Zeit stammenden Befunde über die Abhängigkeit des unterrichtlichen Gelingens vom jeweiligen Kontext der Unterrichtsstunde (z. B. Fachinhalt, Klassenzusammensetzung) haben im hohen Maße dazu beigetragen, den forschungsleitenden Blick erneut auf die Person der Lehrkraft zu richten (Bromme, 1997).

Das Konzept vom „Lehrer als Experten“ ist gekennzeichnet durch die Adaption von Fragestellungen, Forschungsmethoden und Sichtweisen aus dem kognitionspsychologischen Experten-Novizen-Ansatz (Bromme, 1997). Untersuchungen im Rahmen dieses Ansatzes gehen der Frage nach, welche Voraussetzungen Spitzenleistungen von Experten in einer bestimmten Domäne (z. B. dem Schachspiel) zugrunde liegen. Es werden aber auch Experten im Sinne von Personen, die berufliche Anforderungen bewältigen und darin umfangreiche praktische Erfahrungen besitzen mit sog. Novizen verglichen, die über diese Erfahrungen noch nicht verfügen (Bromme & Haag, 2004). Als ro-

buster Befund zeigt sich in Expertenstudien allgemein wie auch in denen bei Lehrkräften, dass herausragende Leistungen weniger von allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, als von der Verfügbarkeit bereichsspezifischen Wissens abhängig sind (Bromme & Haag, 2004; Gruber & Mandl, 1996). Auf professionelles Wissen, das Expertise bei Lehrkräften ausmacht, wird in Kapitel 2.3.1 genauer eingegangen. Es sei an dieser Stelle nur schon einmal drauf hingewiesen, dass Wissen im Zusammenhang mit diesem Paradigma nicht allein als deklaratives Wissen verstanden werden darf, sondern Untersuchungen von Handlungen der Lehrkräfte als „reflective practitioner“ ebenso in diese Tradition gehören wie Analysen von subjektiven Theorien und Überzeugungssystemen sowie die Analyse fachlicher und fachdidaktischer Expertise (Bromme, 1992, 1997; Calderhead, 1996; Leinhardt & Greeno, 1986; Leinhardt & Smith, 1985; Schön, 1983; Shulman, 1986b, 1987).

Wie Gruehn (2000) aufzeigt, belegen Untersuchungen, die aus diesem Paradigma hervorgegangen sind, dass Experten nicht nur über ein umfangreicheres, besser organisiertes und leichter abrufbares bereichsspezifisches Wissen verfügen, sondern ihren Unterricht auch anders planen als Anfänger (Berliner, 1987). Darüber hinaus reagieren Experten in unerwarteten Situationen flexibler und sind in der Lage, getroffene Entscheidungen und Handlungen reflektierter zu begründen als Novizen (Leinhardt & Greeno, 1986). Die empirische Überprüfung, inwieweit das professionelle Wissen von Lehrkräften tatsächlich einen Einfluss auf die Gestaltung von Unterricht und Wissenserwerbsprozesse der Schüler hat, steht allerdings noch am Anfang (Baumert, et al., 2010; Hill, et al., 2005; Kleickmann, 2008; Staub & Stern, 2002). Auf diese Studien wird ausführlicher in Kapitel 2.3.4 eingegangen. Zusammenfassend kann man festhalten, dass die im Expertenparadigma betrachteten Merkmale erfolgreicher Lehrkräfte denen im Prozess-Produkt-Paradigma identifizierten Unterrichtsmerkmalen gleichen, jedoch als das Ergebnis einer Anwendung von Expertenwissen betrachtet werden und somit potentiell als erlernbar angesehen werden (Gruehn, 2000).

2.2.5 Konstruktivistisches Paradigma

Gruehn (2000) beschreibt das konstruktivistische Paradigma als einen relativ jungen Forschungsansatz, dem die Annahme zugrunde liegt, dass jeder Wissenserwerb ein aktiver Konstruktionsprozess des Lernenden ist, der auf der Basis vorhandener Vorstellungen stattfindet (kritische Anmerkungen bei Terhart, 2003). Seine Wurzeln hat dieses Paradigma in neueren Untersuchungen zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Wissenserwerb (z. B. Cobb, 1994; Cobb & Bowers, 1999; Duit, 1995), da Studien in diesem Bereich haben gezeigt, dass Schüler bereits Vorstellungen zu bestimmten Phänomenen und Begriffen mit in den Unterricht bringen, die der wissenschaftlichen Sichtweise zum Teil stark entgegenstehen und das Erlernen dieser somit erschweren können (z. B. Duit & Treagust, 1998). Die Einsicht, dass Unterricht an den vorhandenen Vorstellungen der Schü-

ler ansetzen muss, hat die Beschaffenheit von Lerngelegenheiten erneut in den Fokus der Forschung gerückt. Zentrales Anliegen in diesem Forschungsparadigma ist nun allerdings nicht mehr die Suche nach erfolgreichen Lehrmethoden wie im Prozess-Produkt-Paradigma, sondern vielmehr das Identifizieren von Lerngelegenheiten, die Lernaktivitäten so strukturieren, dass allen Schülern die Möglichkeit zur aktiven Wissenskonstruktion gegeben wird (Gruehn, 2000). Dies hat zu einer Vielzahl an neuen und einer Wiederaufnahme alter konstruktivistisch-orientierter Unterrichtsmethoden geführt, deren Wirksamkeit in Hinblick auf das Ermöglichen von konzeptuellen Veränderungen bei Schülern empirisch überprüft werden sollte. Als alte Unterrichtskonzepte gewannen zum Beispiel die genetische Methode (Wagenschein, 1992) oder das entdeckende Lernen (Bruner, 1961) wieder an Bedeutung, während Ansätze zum Lernen durch kognitive Konflikte, die auf der Theorie des Conceptual Change beruhen (Posner, et al., 1982), als neue Methoden entwickelt wurden (Gruehn, 2000). Fasst man die aktuelle Diskussion um die empirische Überprüfung der Wirksamkeit dieser Ansätze zusammen, so kommt man zu dem Ergebnis, dass eine letztendliche Bewertung konstruktivistisch-orientierter, Conceptual Change-fördernder Lernumgebungen noch schwierig ist. Obwohl es Studien gibt, die belegen, dass ein so gestalteter Unterricht traditionellem Unterricht überlegen ist (z. B. Adamson et al., 2003; Maclin, Grosslight, & Davis, 1997; Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou, & Papademetriou, 2001), herrscht noch vorsichtige Zurückhaltung bei der Abgabe von abschließenden Urteilen (Duit, 1995; Duit, et al., 2008; Möller, 2007; Wandersee, et al., 1994). Zum einen verfolgen traditionelle und konstruktivistische Ansätze zum Teil grundlegend verschiedene Ziele. Studien, in denen konstruktivistische Ansätze erprobt worden sind, verzichten oft auf Kontrollgruppen, die nach traditionellen Methoden unterrichtet werden, da die Ziele der beiden Ansätze nicht übereinstimmen und Unterricht immer nur in Hinblick auf die Erreichung von mit ihm verfolgten Zielen beurteilt werden kann. Darüber hinaus fokussieren die bestehenden Studien selten einzelne Aspekte der Lernumgebungen, sondern untersuchen ganze Merkmalsbündel unter Schlagworten, die dazu noch uneinheitlich operationalisiert werden, so dass offen bleibt, welche Merkmale des Unterrichts für die gefundenen Aspekte verantwortlich sind (Duit, 1995; Möller, 2007). Die Ergebnisse der Einzelstudien deuten aber darauf hin, dass ein konstruktivistisch orientierter, Conceptual Change-orientierter Unterricht positive Effekte in Hinblick auf ein besseres und längerfristiges Verständnis von Phänomenen und Begriffen hat (Duit, et al., 2008; Möller, 2007). Sie werden von den wenigen Meta-Studien, die es auf diesem Feld gibt, untermauert. Guzetti und Kollegen (Guzetti, Snyder, Glass, & Gamas, 1993) haben in ihrer Meta-Analyse von 70 Untersuchungen zum Conceptual Change zeigen können, dass das Anregen von kognitiven Konflikten, um Schülern klar zu machen, dass ihre Vorstellungen nicht mit den zu lernenden Vorstellungen übereinstimmen, eine erfolgreiche Strategie zur Veränderung von Vorstellungen ist. Auch Wandersee, Mintzes und Novak

(1994) schlussfolgern nach einer metaanalytischen Zusammenfassung von 103 Studien, die konstruktivistische Lernumgebungen untersucht haben, dass Conceptual Change-orientierte Lernumgebungen traditionellen Lernumgebungen in Hinblick auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte in der Regel überlegen sind. Auch Murphy und Alexander (2008) kommen in ihrer aktuellen Meta-Analyse, in der sie die quantifizierbaren Effekte von Conceptual Change-orientierten Ansätzen auf das Wissen von Schülern untersuchen, zu ähnlichen Ergebnissen. Die Analyse, in der 47 Studien aus den Jahren 2001 bis 2006 berücksichtigt wurden, zeigt ebenfalls, dass Conceptual Change-orientierte Ansätze in der Regel mit einer signifikant besseren kognitiven Zielerreichung aufseiten der Schüler einhergehen, auch wenn dies nicht für jede einzelne Studie zutrifft und die Effektgrößen sich häufiger moderat als stark zeigten. Die stärksten Effekte auf das Wissen der Schüler wurden für Interventionen gefunden, in denen die initialen Vorstellungen der Schüler direkt adressiert wurden, weniger starke Effekte für Interventionen, bei denen hauptsächlich am Aufbau adäquater Vorstellungen gearbeitet wurde, ohne die aktuellen Vorstellungen der Schüler zu berücksichtigen.

2.2.6 Ansätze und Ergebnisse der aktuellen Angebots-Nutzungs-Modelle

Heute geht man davon aus, dass sowohl der Expertenansatz als auch der erweiterte Prozess-Produkt-Ansatz ihre Berechtigung haben und sich gegenseitig ergänzen (Helmke, 2009). Charakteristisch für die jüngsten Entwicklungen in der Unterrichtsforschung ist daher die Integration und die Weiterentwicklung der beschriebenen Forschungsparadigmen zu komplexen theoretischen Modellen zur Wirkweise von Unterricht, die eine angemessenere Beschreibung des Bedingungsgefüges von Lehren und Lernen erlauben (Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006; Lipowsky, 2006). Diese sog. Angebots-Nutzungs-Modelle umfassen dabei nicht nur Merkmale der Lehrperson und des Unterrichts, sondern berücksichtigen zudem auch die Wirkungen von außerschulischen Bedingungen, schul- und klassenbezogenen Einflussgrößen und die individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler sowie auch deren Interaktionen untereinander (Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006; Helmke, 2009; Lipowsky, 2006). Abbildung 1 zeigt schematisch ein solches Modell, dessen Grundannahmen und Variablengruppen kurz skizziert werden, woraufhin die aus dieser Betrachtungsweise hervorgegangenen empirischen Befunde der einzelnen Variablengruppen in Bezug auf Schülerleistungen zusammengefasst vorgestellt werden.

Angebots-Nutzungs-Modellen liegt, wie schon den erweiterten Prozess-Produkt-Modellen, die Annahme zugrunde, dass der von der Lehrperson ausgeführte Unterricht lediglich eine Gelegenheitsstruktur (*Angebot*) ist, die nicht notwendigerweise einen direkten Einfluss auf den Lernerfolg der Schüler (*Wirkung*) hat, sondern von individuellen Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozessen

(*Nutzung*) der Schüler abhängig ist (Helmke, 2009; Shuell, 1996).

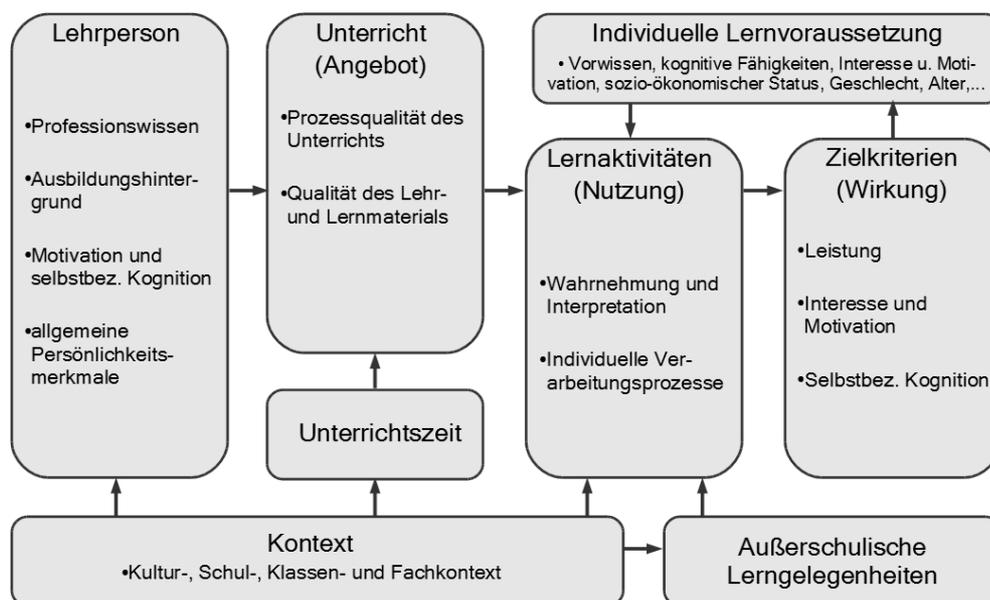


Abbildung 1: Vereinfachtes Angebots-Nutzungs-Modell zur Wirkungsweise von Unterricht (Helmke, 2009; Lipowsky, 2006; modifiziert)

Die Variable „Lehrkraft“ nimmt in diesen Modellen wieder einen bedeutenden Raum ein, da man davon ausgeht, dass Lehrkräfte mit ihrem professionellen Wissen und Können, aber auch mit ihren motivationalen Orientierungen, subjektiven Theorien und allgemeinen Persönlichkeitsmerkmalen die Gestaltung und Aufrechterhaltung des Unterrichts beeinflussen (Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006; Helmke, 2009; Lipowsky, 2006). Daneben nennen die Angebots-Nutzungs-Modelle auch die kognitiven, motivationalen und volitionalen *individuellen Eingangsvoraussetzungen* der Schüler als weiteren Erklärungsblock, so dass Variablen wie z. B. Intelligenz, Vorkenntnisniveau, Fähigkeitsselbstkonzept und Lernemotion Berücksichtigung finden. Einen weiteren Erklärungsblock bilden darüber hinaus sog. *Kontextmerkmale*. Hier werden Merkmale der unterrichteten Klasse wie ihre Zusammensetzung und ihre Eingangsvoraussetzungen, aber auch Merkmale des schulischen, ökonomischen und kulturellen Kontexts sowie curriculare Vorgaben modelliert (Helmke, 2009; Lipowsky, 2006). Des Weiteren wird besonders betont, dass unter dem Stichwort Kontext auch die Fach- und Altersspezifität von Forschungsergebnissen zu berücksichtigen ist (Helmke, 2009; Muijs, Campbell, Kyriakides, & Robinson, 2005; Shulman, 1987). Da Kinder und Jugendliche auch außerhalb der schulischen Lerngelegenheiten Wissen erwerben, Interessen entwickeln usw., werden auch *außerschulische Lerngelegenheiten* im Modell mit aufgenommen (Kleickmann, 2008).

Will man die Ergebnisse der aktuellen Studien in Hinblick auf das Zielkriterium Leistung zusam-

menfassen, so scheint zu Beginn eine Untersuchung der relativen Bedeutsamkeit der unterschiedlichen Variablengruppen sinnvoll. Dafür geben varianz- oder mehrebenenanalytische Verfahren Aufklärung darüber, inwieweit interpersonelle Leistungsunterschiede zwischen Schülern durch individuelle Merkmale der einzelnen Schüler oder durch Merkmale der Klassen- bzw. der Schulzugehörigkeit aufgeklärt werden können. Dies ermöglicht einen Aufschluss über mögliche Spielräume und deren Größenordnungen der Variablen auf den einzelnen Ebenen. Fasst man die aktuellen querschnittlichen Studien mit Fokus auf das Zielkriterium Leistung zusammen, so zeigt sich, dass Lernerfolge von Schülern „multipel determiniert“ (Helmke & Weinert, 1997, S. 139) sind, wobei die individuellen Eingangsvoraussetzungen der Schüler den größten Teil der Leistungsvarianz aufklären (Lipowsky, 2006). Dabei zeigt sich in den unterschiedlichen empirischen Untersuchungen immer wieder der Befund, dass unter den individuellen Lernvoraussetzungen vor allem das jeweilige bereichsspezifische Vorwissen der Schüler der stärkste Prädiktor für den Lernzuwachs ist (Helmke & Weinert, 1997; Renkl, 1996; Scheerens & Bosker, 1997). Darüber hinaus zeigen sich aber auch allgemeine kognitive Fähigkeiten, motivationale und selbstbezogene Variablen sowie soziale Hintergrundvariablen als wichtige individuelle Einflussgrößen (Ehmke, Hohensee, Heidemeier, & Prenzel, 2004; Helmke & Weinert, 1997; Lipowsky, 2006). Der Einfluss von konstitutionellen Determinanten auf der Individualebene wie des Lebensalters und des Geschlechts sind dagegen weniger eindeutig. Obwohl es während der Kindheit zwischen Lebensalter und fast allen kognitiven Leistungen positive korrelative Zusammenhänge gibt, wird das chronologische Alter als inhaltsleere psychologische Variable angesehen, da das Lebensalter und andere psychologische Konstrukte wie die kognitive Entwicklung so konfundiert sind, dass diese Variable nur durch ihren Hinweiskarakter auf Reifungsprozesse und Bildungseinflüsse Bedeutung gewinnt. Die großen intra- und interindividuellen Unterschiede in der kognitiven Entwicklung machen deutlich, dass das Lebensalter selbst keine Determinante, aber einen prädiktiv mäßig validen Indikator für verschiedene Schulleistungskriterien darstellt (Helmke & Weinert, 1997). Der Einfluss der Variable Geschlecht wird ebenfalls diskutiert und gilt als empirisch nicht eindeutig geklärt. Einerseits bestätigten schon die ersten Untersuchungen zu geschlechtstypischen Leistungsdifferenzen in den 1970er Jahren signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede zugunsten von Jungen in naturwissenschaftlichen und mathematischen Fähigkeiten (Maccoby & Jacklin, 1974; Walker, 1976), andererseits relativieren Studien und Meta-Analysen diese Ergebnisse und weisen darauf hin, dass Geschlechtsunterschiede in Hinblick auf kognitive Leistungen sowohl in Mathematik als auch in den Naturwissenschaften zugunsten der Jungen (höhere Mittelwerte, aber größere Streuung) nur relativ gering (Frost, Hyde, & Fennema, 1994; Howe & Doody, 1989) und insbesondere im Bereich der Grundschule zu vernachlässigen sind (Helmke, 1997). Die geringfügigen Differenzen, die man vorwiegend im sekundären und terti-

ären Bildungsbereich zugunsten der Jungen gefunden hat (Hyde, Fennema, & Lamon, 1990), spiegeln sich allerdings auch heute noch in aktuellen Reviews der bisherigen Genderforschung (Murphy & Whitelegg, 2006) sowie in den internationalen Schulvergleichsstudien (Baumert et al., 1997; Bos, et al., 2008) wider. Insbesondere im Bereich der Naturwissenschaften wurden in der aktuellen TIMS-Studie die signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede zugunsten der Jungen auch für die Grundschule bestätigt (Bos, et al., 2008). Vor dem Hintergrund dieser unterschiedlichen Befunde scheint der Einfluss der konstitutionellen Variable Geschlecht insbesondere für den Übergang von der Primar- in die Sekundarstufe im naturwissenschaftlichen Bereich noch nicht eindeutig geklärt.

Nach dem größten Varianzaufklärungsanteil der individuellen Lernvoraussetzungen folgen an zweiter Stelle Merkmale der Klasse und der einzelnen Lehrkraft und erst an dritter Stelle Merkmale der Schule (Helmke, 1997; Hosenfeld, Helmke, Ridder, & Schrader, 2001; Scheerens & Bosker, 1997). Metastudien beziffern den Anteil der Leistungsunterschiede, der mit individuellen Merkmalen der Lernenden erklärt wird, auf 80%, den der Klassenzugehörigkeit auf 13% und den der Schulsezugehörigkeit auf etwa 7% (Marzano, 2000; Muijs, 2006). Die Ergebnisse zeigen, dass der Ebene der Klasse, d. h. Merkmalen der Klassen, der Lehrkraft und des Unterrichts, eine vorrangige Bedeutung gegenüber der Schule zukommt. Die hier identifizierten fachunspezifischen Unterrichtsmerkmale wie die effiziente Klassenführung und die zur Verfügung stehende Lernzeit sowie die fachspezifischen Merkmale wie z. B. eine vertiefte inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand, eine klare und verständliche Präsentation neuer Inhalte, die Aktivierung des vorhandenen Vorwissens der Schüler, das Einbringen kognitiv anspruchsvoller Tätigkeiten, die Etablierung einer diskursiven Unterrichtsführung, der Einsatz geeigneter Repräsentationsformens sowie die Vermittlung von Strategien zur Strukturierung und Erschließung des Unterrichtsgegenstands (Campbell, Kyriakides, Muijs, & Robinson, 2004; Creemers, 1994; Lipowsky, 2006; Scheerens & Bosker, 1997) decken sich in weiten Teilen mit den Befunden der früheren Paradigmen. Darüber hinaus stellen diese neueren Befunde aber auch die Bedeutung der Variable Lehrkraft mit ihrer professionellen Wissensbasis, ihrer Berufserfahrung, ihren epistemologischen Überzeugungen sowie ihren selbstbezogenen Kognitionen und motivationalen Überzeugungen heraus (Campbell, et al., 2004; Lipowsky, 2006). Während alleinig der Einfluss der Berufserfahrung uneindeutig ist (Rowan, Correnti und Miller (2002) berichten über positive, Campell u.a. (2004), sowie Hanushek (2002) über keine Zusammenhänge), zeigen sich sowohl für das direkt erfasste Professionswissen, sowie die epistemologischen Überzeugungen und selbstbezogenen Kognitionen positive Effekte auf Schülerleistungen (Baumert, et al., 2010; Lipowsky, 2006; Muijs & Reynolds, 2001; Staub & Stern, 2002; Tschannen-Moran, Hoy, & Hoy, 1998).

Zieht man aktuelle Studien hinzu, die die Kriteriumsvariable Leistungszuwachs der Schüler längsschnittlich, d. h. über ein oder mehrere Schuljahre gemessen, erfassen (sog. value-added Studien), so deuten die Ergebnisse darauf hin, dass den Variablen auf der Klassenebene und hier insbesondere der Expertise von Lehrkräften eine größere Rolle zugesprochen werden muss als zuvor durch querschnittliche Studien angenommen (Baumert, et al., 2010; Gruehn, 2000; Hill, et al., 2005; Lipowsky, 2006; Nye, Konstantopoulos, & Hedges, 2004; Rivkin, Hanushek, & Kain, 2005; Wayne & Youngs, 2003). Ein Grund hierfür ist, dass sich Effekte von Lehrkräften in einer längerfristigen Perspektive kumulieren (Wayne & Youngs, 2003). Genauer wird auf diese Studien, die die Expertise von Lehrkräften in Zusammenhang mit Schülerleistung fokussieren, in Kapitel 2.3.4 eingegangen.

2.2.7 Zusammenfassung der historischen Entwicklung in Hinblick auf Determinanten des Lernerfolgs

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die kognitiv-konstruktivistische Wende sowie die methodischen Entwicklungen in der Psychologie bzw. in den Erziehungswissenschaften zu einer Weiterentwicklung der ursprünglichen Rahmenmodelle der Unterrichtsforschung geführt haben (Lipowsky, 2006). Die so entstandenen komplexeren Angebots-Nutzungs-Modelle erlauben eine systematische Sicht des Bedingungsgefüges von Lehren und Lernen. Die Grundideen der vorherigen Paradigmen der Lehrerpersönlichkeit, des erweiterten Prozess-Produkt-Modells und des konstruktivistischen Paradigmas lassen sich in den Angebots-Nutzungs-Modellen wiederfinden. Sie sind wieder aufgegriffen und miteinander verbunden worden, wobei das Paradigma der Lehrerpersönlichkeit dabei eine neue theoretische Fundierung aus der Expertiseforschung erhalten hat, durch die das Konzept des professionellen Wissens von Lehrkräften in das Interesse der Forschung gerückt ist (Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006).

Neben den neuen Erkenntnissen, die die eingesetzten varianz- bzw. mehrbenenanalytischen Auswertungsverfahren ergeben haben, lassen sich aber auch die bisher gefundenen Ergebnisse in Hinblick auf die Vorhersage von Schülerleistungen in diesen Modellen einordnen. Zieht man alle Ergebnisse zusammen, so kann man heute folgern, dass Schulleistung zum größten Teil durch die individuellen Eingangsvoraussetzungen der Schüler determiniert ist, wobei hier im besonderen Maß das bereichsspezifische Vorwissen zu nennen ist. Den Determinanten auf der Individualebene folgen die Merkmale der Klasse, des Unterrichts und der Lehrkraft auf Ebene der Klasse. Neben der Unterrichtszeit und im Unterricht beobachtbaren Verhaltensweisen der Lehrkraft, wie Classroom-Management, Pacing oder Strukturierung, scheint sich das professionelle Wissen von Lehrkräften als bedeutsame Variable zur Vorhersage von Schülerleistungen herauszukristallisieren. Da diese

vielversprechenden Forschungsansätze und damit die empirische Überprüfung des Einflusses von Lehrerwissen auf Schülerleistung erst am Anfang steht und vor allem für das Fach Mathematik beleuchtet wurde, soll in der vorliegende Arbeit der Fokus auf diese Facette der Determinanten zur Vorhersage von Schülerleistungen im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule gelegt werden.

2.3 Theoretische Ansätze und Befunde zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften

Im Bestreben um Aufklärung darüber, was Lernerfolg aufseiten der Schüler vorhersagt, sind also Lehrkräfte wieder verstärkt in das Interesse der Forschung gerückt. Da man heute davon ausgeht, dass dem Handeln der Lehrkräfte Kognitionen zugrunde liegen, die für die erfolgreiche Bewältigung der beruflichen Anforderungen notwendig sind, ist man insbesondere an der professionellen Wissensbasis von Lehrkräften interessiert. Im Versuch, ein solch komplexes Konstrukt wie die Kognitionen von Lehrkräften zu verstehen und zu erforschen, sind unterschiedliche Begriffe, Metaphern und Modelle zur Beschreibung dieser Kognition entstanden, die helfen sollen, die Komplexität der menschlichen Kognition zu reduzieren und darüber zu kommunizieren (Gess-Newsome, 1999a). In der empirischen Lehrerforschung hat man sich mit einer Reihe von Faktoren befasst, die man im weitesten Sinne den „handlungsleitenden Kognitionen“ von Lehrkräften zuordnen kann. Dazu gehören neben Handlungszielen und Interessen, allgemeinen und spezifischen Erwartungen der Lehrer an ihre Schüler, kausalen Interpretationsmustern für die Entstehung gewünschter und unerwünschter Effekte (Kausalattributionen), Beurteilungspräferenzen (Bezugsnormorientierung) und subjektiven (impliziten) Theorien bezüglich des eigenen Handelns vor allem auch Komponenten des professionellen Lehrerwissens (Bromme, et al., 2006). Im Bestreben um eine umfassende Beschreibung dieses professionellen Wissens von Lehrkräften, das den theoretischen Rahmen für dieses Kapitel bildet, sind sog. „Landkarten des Lehrerwissens“ entstanden, um wichtige Gebiete näher bestimmen und die dort vermuteten Einflussfaktoren in ihrer Wirkung auf den Unterrichtsprozess systematisch untersuchen zu können (Bromme, 1995). Im vorliegenden Kapitel soll sowohl auf die Bedeutung des professionellen Lehrerwissens für das berufliche Handeln als auch auf die Modellierung dieses Wissens über unterschiedliche Unterfacetten eingegangen werden. Besondere Beachtung hat dabei das Konstrukt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens als Unterfacette des professionellen Lehrerwissens gewonnen, das die fachbezogene Gestaltung des Unterrichts betrifft. Die Einordnung und Aufarbeitung dieses Konstruktes steht im Zentrum dieses Kapitels. Nach einer allgemeinen Aufarbeitung des Konstruktes folgt die fachspezifische Aufarbeitung für den Bereich der Naturwissenschaften. Dafür wird ein Modell vorgestellt, das das fachspezifisch-pädagogische Wis-

sen im Bereich der Naturwissenschaften beschreibt und sich somit als theoretisches Modell zur Verankerung der vorliegenden Arbeit anbietet. Unter Einbezug einer Taxonomie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften wird abschließend eine Arbeitsdefinition für das fachspezifisch-pädagogische Wissen, wie es für die vorliegende Dissertation zugrunde gelegt werden soll, abgeleitet.

2.3.1 Theoretische Rahmung: Das fachspezifisch-pädagogische Wissen als Bestandteil des professionellen Lehrerwissens als Voraussetzung für unterrichtliches Handeln

Das professionelle Wissen von Lehrkräften ist, wie in Kapitel 2.2.4 bereits skizziert, unter der kognitiven Wende in der Psychologie und der daran anschließenden Expertiseforschung in den Fokus der aktuellen Unterrichtsforschung gerückt. In diesem einleitenden Kapitel wird kurz skizziert, unter welchen Prämissen nicht länger ausschließlich das unterrichtliche Handeln von Lehrkräften, sondern auch die kognitiven Strukturen als Voraussetzung für das unterrichtliche Handeln und die Qualität von Lehr- und Lernprozessen in das Interesse der Unterrichtsforschung gerückt sind. Nachdem die zentrale Bedeutung dieser kognitiven Strukturen dargelegt wurde, soll der theoretische Rahmen zur Einordnung des in dieser Arbeit untersuchten fachspezifisch-pädagogischen Wissens aufgespannt werden, indem beschrieben wird, was genau man sich unter diesen, dem Unterrichten zugrunde liegenden kognitiven Strukturen – oder kurz, dem Professionswissen von Lehrkräften – vorstellt. Überblicksartig soll gezeigt werden, wie man dieses Wissen theoretisch durch die Ausarbeitung von Topologien und Taxonomien zu beschreiben versucht, um mit deren Hilfe die Fragen nach Struktur, Inhalt und Einfluss dieses Wissens auch empirisch detaillierter überprüfen zu können.

2.3.1.1 Zur zentralen Rolle des Wissens

Obwohl die Kognitionen von Lehrkräften schon seit den 1960er Jahren eine Rolle in der Unterrichtsforschung spielen, ist der Term „professionelles Wissen von Lehrkräften“ erst seit etwa 30 Jahren in der Forschungsliteratur zu finden. Das, was man unter „Wissen von Lehrkräften“ versteht, hat sich in dieser Zeitspanne unter den theoretischen, forschungsleitenden Grundannahmen (siehe Kap. 2.2) stark verändert, was sich in der Vielzahl von Bezeichnungen für dieses Konstrukt widerspiegelt. So wird das Wissen von Lehrkräften in der internationalen Literatur u.a. auch als *craft knowledge*, *personal practical knowledge*, *wisdom of practice*, *practitioner knowledge*, *knowledge in action*, *strategic knowledge*, *relational knowledge* oder *event-structured knowledge* bezeichnet (Carter, 1990; Fenstermacher, 1994).

Neben der Diskussion um die Anerkennung des Lehrerberufs als Profession, die seit der Existenz der (zumeist soziologischen) Theorie der Profession sowohl im deutschen als auch im englischen

Sprachraum lebhaft geführt wird (Baumert & Kunter, 2006; Helsper, 1996; Lortie, 1975; Oevermann, 1996; für kritische Anmerkungen Tenorth, 2006a) und die Existenz einer professionellen Wissensbasis von Lehrkräften grundsätzlich in Frage stellt, führte auch das unter dem Behaviorismus vorherrschende Prozess-Produkt-Paradigma (siehe Kap. 2.2.3) zur Vernachlässigung der Untersuchung der professionellen Wissensbasis. In den 1960er und 1970er Jahren fokussierte man in der Unterrichtsforschung hauptsächlich auf beobachtbare Verhaltensweisen und Fähigkeiten von Lehrkräften, da das Wissen und Denken als mentale Prozesse generell als nicht fassbar und daher auch als nicht erforschbar angesehen wurden (Peck & Tucker, 1973). Das Wissen von Lehrkräften wurde in diesen Studien, wie Fenstermacher (1994) zusammenfassend beschreibt, als etwas „Statisches“ und durch die Art der Qualifikation „Bekanntes“ vorausgesetzt, so dass der weiteren Erforschung dieses Wissens keine Bedeutung beigemessen wurde. Das grundsätzliche Infragestellen der Profession von Lehrkräften sowie die behavioristische Grundannahme haben dazu geführt, dass der Begriff des „professionellen Wissens von Lehrkräften“ in Forschungsarbeiten der 1960er und 1970er Jahre explizit nicht zu finden ist.

Erst mit der aufkommenden Unzufriedenheit mit den Ergebnissen des Prozess-Produkt-Paradigmas und vor allem durch die kognitive Wende in der Psychologie angestoßen, wird das Thema „Professionalität“ zum Gegenstand der Psychologie und das professionelle Wissen rückt ins Zentrum des Interesses der Forschung (Calderhead, 1996; Carter, 1990). Die Bereitschaft der Vertreter der kognitiven Psychologie, den Verstand als zentral anzusehen und Denkprozesse als konkrete Phänomene zu betrachten, die mit wissenschaftlichen Methoden erforscht werden können (Resnick, 1985), führt zu einer Verlagerung des Forschungsinteresses weg von der alleinigen Fokussierung des Lehrerhandelns hin zur Betrachtung der Interaktion zwischen Wissen, Denken und Handeln. Die Grundannahme der kognitiven Psychologie, dass die Wissensstruktur und die mentale Repräsentation der Welt eine entscheidende Rolle für das Denken, Handeln und Lernen spielt, führt zu einem rasanten Anstieg an Forschungsarbeiten, die sich sowohl allgemein mit Theorien zur Struktur und Organisation des Wissens sowie mit der Beschaffenheit des Wissens in speziellen Domänen befassen. Wie in Kapitel 2.2.4 beschrieben, untersuchte man dazu zunächst in Gebieten außerhalb der Unterrichtsforschung, welche Voraussetzungen Spitzenleistungen von Experten in einer Domäne (z. B. beim Schachspiel) zugrunde liegen. Die Ergebnisse der psychologischen Forschung zeigten, dass vor allem das bereichsspezifische Wissen eine entscheidende Rolle für das Erbringen von Spitzenleistungen spielt, was die Bedeutung von Wissen als Voraussetzung für Handeln unterstrich (Glaser, 1984). Die zunehmende Etablierung der wissenschaftlichen Erforschung von Kognitionen in der Psychologie und Soziologie sowie das Verständnis vom Experten als jemand, dessen berufliche Aufgaben ein hohes Maß an komplexem, fachspezifischem Wissen erfordern, welches durch

langjährige Ausbildung und Berufserfahrung erworben werden muss (Chi, Glaser, & Farr, 1988; Ericsson, Krampe, & Tesch-Roemer, 1993; Noice & Noice, 1997), führte etwa seit Mitte der 1980er Jahre zu einem Aufgreifen und einer Übertragung des Expertenansatzes im Bereich der Lehrerforschung (Borko & Putnam, 1996).

Die Forschung zum professionellen Wissen von Lehrkräften, die sich im Anschluss hieran entwickelte, unterscheidet sich zunächst im englischen und deutschen Forschungsraum zum Teil grundsätzlich, was insbesondere durch die unterschiedliche Verwendung des Expertenbegriffs erklärt werden kann (Besser & Krauss, 2009). Da die Forschung im englischsprachigen Raum in enger Anlehnung an das ursprüngliche Expertenverständnis der kognitiven Psychologie die Idee vom Experten als denjenigen, der auf seinem Gebiet dauerhaft Spitzenleistung erbringt, ansetzt, wird im anglo-amerikanischen Raum insbesondere durch den Rückgriff auf *Experten-Novizen-Vergleiche* versucht, das jeweilige Wissen und Können von Experten und Anfängern innerhalb der Profession zu kontrastieren (z. B. Berliner, 2001; Leinhardt & Greeno, 1986; Livingston & Borko, 1989), um so genauere Informationen über Unterschiede beider Gruppen in Inhalt, Struktur, Organisation und Art des professionellen Wissens zu erhalten und entsprechend Merkmale des „expert teacher“ zu identifizieren (Besser & Krauss, 2009). Im deutschsprachigen Raum wurde diese Anwendung der „Expertenidee“ auf die Untersuchung von Lehrkräften in den 1990er Jahren durch die Übersetzung von angloamerikanischen Arbeiten durch Terhart (1991) bekannt und durch die Arbeiten von Bromme (1992) aufgegriffen. Bromme (1992) sieht Lehrkräfte als Experten ihres Berufsfeldes, womit er sich von der Festlegung, ein Experte sei jemand, der auf seinem Gebiet dauerhaft Spitzenleistungen erbringe, distanziiert. Lehrer werden generell als Experten für das Lehren und Lernen in der Schule betrachtet. Die ihnen eigene Lehrerexpertise umfasst vor allem das berufsspezifische Wissen und Können, das auch als professionelles Wissen von Lehrkräften bezeichnet werden kann. Dieses professionelle Wissen ist für die Erfüllung der beruflichen Anforderungen erforderlich (Bromme, 1992).

Trotz der gegensätzlichen Definition des Expertenbegriffs (Experte als Spitzenkünstler vs. Experte als Fachmann generell) unterstreichen beide Forschungsstränge die zentrale Bedeutung des professionellen Wissens für das Ausüben des Lehrerberufs, was den aktuellen weitgehend herrschenden Konsens in der Unterrichtsforschung widerspiegelt. Weitaus weniger Übereinstimmung besteht in Bezug auf die Diskussion, was das „Expertenhafte“ innerhalb der Profession der Lehrkräfte ausmacht, worauf im folgenden Kapitel eingegangen wird.

2.3.1.2 Das professionelle Wissen von Lehrkräften

Die Grundannahme der kognitiven Psychologie ist, dass die Wissensstruktur eine entscheidende

Rolle für das Handeln von Individuen spielt. Übertragen auf die Lehr-Lern-Forschung bedeutet dies, dass bei Lehrkräften während der Ausübung ihrer schulischen Arbeit, in der sie Handlungen fortlaufend planen, ausführen, analysieren, interpretieren und bewerten müssen, ständig kognitive Prozesse ablaufen, die das unterrichtliche Handeln beeinflussen. Bei diesen Denkprozessen greifen Lehrkräfte auf Wissensbestände zurück, die nur teilweise in der formalen Ausbildung erworben wurden, zum Teil auch schon vorher in der Kindheit und Schulzeit, zum großen Teil aber erst durch die eigene mehr oder weniger reflektierte Schulpraxis. Diese im Laufe der Zeit aufgebauten kognitiven Strukturen können als professionelles Wissen bezeichnet werden (Bromme & Haag, 2004; Dann, 2000).

Das Bestreben nach einer Beschreibung, Darstellung und Erfassung dessen, was das zur erfolgreichen Bewältigung des beruflichen Alltags notwendige professionelle Wissen von Lehrkräften inhaltlich umfasst, wurde durch die AERA Presidential Address von Lee Shulman im Jahre 1985 und dem zwei Jahre später folgenden Artikel „Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform“ (Shulman, 1986b, 1987) angestoßen. Mit beiden Artikeln sprach Shulman sich gegen die psychologisch verengte Unterrichtsforschung, in der der fachspezifische Charakter von Unterricht vernachlässigt wurde und nur noch pädagogische Kompetenzen eine Rolle spielten, aus und lenkte die Aufmerksamkeit auf das fachbezogene Wissen von Lehrkräften, das er als „missing paradigm“ in der Unterrichtsforschung bezeichnete. In beiden Aufsätzen schlägt Shulman Gliederungsvorschläge für das professionelle Wissen im Lehrerberuf vor, die er aus dem, was Lehrer über ihr Fach und das Unterrichten ihres Faches wissen sollten, ableitet. Dieser Vorstoß Shulmans hat zunächst nur im englischsprachigen Raum zu einer intensiven Diskussion über die Beschaffenheit und Entstehung des Professionswissens von Lehrkräften geführt (Berliner, 2001; Borko & Putnam, 1996; Calderhead, 1996; Clandinin & Connelly, 1996; Fenstermacher, 1994; Munby, Russell, & Martin, 2001; Schön, 1983; Shulman, 1986b).

Das Wissen von Lehrkräften durch das Beschreiben von inhaltlichen Komponenten in eine Art Landkarte zu gliedern, ist seither in der Forschung zum professionellen Lehrwissen immer wieder aufgegriffen und inzwischen etabliert worden (Bromme, 1997). Die im Zuge dieser Forschungstradition entstandenen theoretischen Modelle zur Konzeptualisierung des Professionswissens sind unterschiedlich und zum Teil sehr komplex (z. B. Ball, Thames, & Phelps, 2008; Bromme, 1997; Elbaz, 1983; Leinhardt & Smith, 1985; Shulman, 1986b). Diese Gliederungen unterscheiden sich neben der Anzahl an beschriebenen Komponenten z.T. auch in deren Definition. Sie entstanden durch die Interpretation von Daten aus Einzelfallstudien, wurden als Werkzeuge zur Beschreibung von hypothetisch angenommenen Konstrukten generiert oder konzeptionalisiert, um angenommene Beziehungen zwischen Konstrukten zum Ausdruck zu bringen (Gess-Newsome, 1999a). Gemein ist die-

sen unterschiedlichen Gliederungsvorschlägen, dass das professionelle Wissen von Lehrkräften durch die Verschmelzung von Kenntnissen unterschiedlicher Herkunft und Domänen (z. B. Pädagogik, Psychologie, Fachwissenschaft) sowie durch persönliche Erfahrungen im schulischen Kontext gekennzeichnet ist und zahlreiche Beziehungen zwischen den beschriebenen Komponenten bestehen (Borko & Putnam, 1996; Bromme, 1997; Dann, 2000).

Obwohl es für die empirische Untersuchung des professionellen Wissens und die daraus zu ziehenden Konsequenzen für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften nützlich ist, diese inhaltliche Gliederung des Professionswissens als „analytisches Werkzeug“ (Borko & Putnam, 1996, S. 675) vorzunehmen und sich dieses Vorgehen weitgehend durchgesetzt hat, ist solch eine Zerlegung in einzelne Komponenten auch immer problematisch, da sie in gewissem Widerspruch zu der Annahme der starken Integration und Vernetzung des professionellen Wissens bei Experten steht (Fenne- ma & Loef Franke, 1992; Grossman, 1994; Marks, 1990). Auf die empirischen Evidenzen, die Hinweise auf eine tatsächliche Unterscheidbarkeit der angenommenen Komponenten des Lehrerwissens geben und diese somit rechtfertigen, wird in Kapitel 2.3.1.4 näher eingegangen.

Trotz der großen Vielfalt und Uneinigkeit in Bezug auf die Struktur und Topologie des professionellen Wissens wird die Frage danach, welche Wissenskomponenten Lehrkräfte bei der Bewältigung ihrer beruflichen Anforderungen nutzen, zumindest implizit auf die Anforderungen eingeschränkt, die sich Lehrkräften im Unterricht selbst oder in direktem Zusammenhang damit stellen (Kleickmann, 2008). Vor dem Hintergrund der Denkfigur, „Unterrichten als Kernaufgabe“ der professionellen Lehrertätigkeit zu sehen (Tenorth, 2006b; Terhart, 2007), scheint diese Einschränkung sinnvoll und wird bei der Auswahl des Modells von Professionswissen, das dieser Arbeit zugrunde liegt und im im folgenden Kapitel skizziert wird, berücksichtigt.

2.3.1.3 Topologie des professionellen Lehrerwissens

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, hat sich das Erstellen von Topologien zur ausführlichen Beschreibung des professionellen Lehrerwissens etabliert, um die wichtigsten Bereiche präziser definieren und den Einfluss der aufgeführten Variablen auf den Lehrprozess oder den Lernzuwachs der Schüler systematisch untersuchen zu können. Den konzeptionellen Anstoß hierzu gab Shulman (1986, 1987) mit seiner Modellierung des Lehrerwissens, in der er zunächst sieben Facetten des Professionswissens beschreibt:

- „content knowledge,
- general pedagogical knowledge, with special reference to those broad principles and strategies of classroom management and organization that appear to transcend subject matter;

- curriculum knowledge, with particular grasp of the materials and programs that serve as 'tools of the trade' for teachers;
- pedagogical content knowledge, that special amalgam of content and pedagogy that is uniquely the province of teachers, their own special form of professional understanding;
- knowledge of learners and their characteristics;
- knowledge of educational context, ranging from the workings of the group or classroom, the governance and finance of school districts, to the character of communities and cultures; and
- knowledge of educational ends, purposes, and values, and their philosophical and historical grounds.“ (Shulman, 1987, S. 8)

Shulmans Taxonomie professionellen Wissens wurde trotz der englischsprachigen Herkunft auf das deutschsprachige Professionsverständnis übertragen. Mit seiner von einer Anforderungsanalyse der unterrichtlichen Tätigkeit von Lehrkräften ausgehenden, theoretisch begründeten Topologie des professionellen Wissens schließt Bromme (1992, 1997) direkt an die Arbeiten von Shulman an. Wie Shulman selbst betont auch Bromme die Bedeutung, die der Fachinhalt für das Denken, Wissen und Handeln von Lehrkräften hat, und schlägt eine Gliederung des Professionswissens in fünf Komponenten vor.

1. Eine erste Komponente, die des *fachlichen Wissens*, umfasst das gesamte Fachwissen des zu unterrichtenden Unterrichtsfaches, wie es in den akademischen Bezugsdisziplinen der entsprechenden Schulfächer entwickelt wird. Der Umfang dieses Wissens variiert bei Lehrkräften der verschiedenen Schulformen und -stufen (Bromme, 1997; Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, et al., 2006; Wirz, Fischer, Reyer, & Trendel, 2005).
2. Neben der Komponente des fachlichen Wissens beschreibt Bromme das *curriculare Wissen* als eine Sonderform des Inhaltswissens, die nicht identisch mit dem wissenschaftlichen Fachwissen oder dessen Anfangsgründen ist (Bromme, 1992). Das curriculare Wissen umfasst vielmehr Wissen über den fachlichen Aufbau des Schulfaches innerhalb der Klassenstufen und darüber hinaus Wissen über die eigene Logik des Schulfaches, in die auch Zielvorstellungen über Schule, Unterricht und die fachliche Bedeutung eingehen (Bromme, 1997).
3. Als dritte Komponente des professionellen Lehrerwissens wird die *Philosophie des Schulfaches* genannt, die normativ geprägte Vorstellungen über den Sinn und Zweck des Schulfaches im schulischen und außerschulischen Zusammenhang umfasst (Bromme, 1997). Gemeint sind Auffassungen darüber, wofür der Fachinhalt nützlich ist und in welcher Beziehung er zu anderen Bereichen des menschlichen Lebens und Wissens steht (Bromme, 1992). Diese Komponente des fachlichen Wissens wird im angloamerikanischen Sprachraum (z. B.

Borko & Putnam, 1996) gemeinsam mit den beiden zuvor beschriebenen Facetten des fachlichen und curricularen Wissens oft unter dem Begriff des „content knowledge“ zusammengefasst (Kleickmann, 2008). Diese drei Bereiche sollen im Folgenden in Anlehnung an die englischsprachige Literatur als fachspezifisches Wissen bezeichnet werden. Fachspezifisches Wissen umfasst vor diesem Hintergrund nicht nur das rein disziplinäre Wissen in Form von Fakten, Begriffen und Konzepten, sondern auch Wissen darüber, wie man die Inhalte des Fachs organisieren und mit anderen Bereichen innerhalb und außerhalb der eigenen Domäne verknüpfen kann.

4. Die nächste von Bromme beschriebene Facette ist die des allgemeinen *pädagogischen Wissens*, welches die einzige Komponente ist, die als weitgehend losgelöst vom Fachinhalt betrachtet werden kann (Bromme, 1992, 1997). Das pädagogische Wissen umfasst fächerübergreifendes Wissen über die Gestaltung von Unterrichtsabläufen, über Möglichkeiten der Strukturierung von Unterrichtszeit und über Strategien des Klassenmanagements ebenso wie Wissen über allgemeine Lehrmethoden, den Einsatz von Medien und unterschiedlichen Sozialformen im Unterricht (Borko & Putnam, 1996; Shulman, 1987).
5. Die fünfte und letzte Komponente, die des *fachspezifisch-pädagogischen Wissens*, bezeichnet, wie in Shulmans Entwurf (1987) auch, ein für Lehrkräfte sehr spezifisches Wissen, das sie von reinen Fachwissenschaftlern unterscheidet (Borko & Putnam, 1996; Grossman, 1994; Shulman, 1987). Will man die umfassende Literatur zu dieser Komponente, die im Kapitel 2.3.2 ausführlicher dargestellt wird, zusammenfassen, so kann man vereinfachend sagen, dass es Wissen darüber ist, wie man Unterrichtsinhalte für Schüler zugänglich machen kann (Shulman, 1986). Es ist ein integriertes Wissen, in dem psychologisch-pädagogische Kenntnisse sowie eigene Lehr- und Lernerfahrungen der Lehrkraft auf das curriculare Wissen bezogen und miteinander verschmolzen werden (Bromme, 1997; Shulman, 1987). Auch wenn die Fachdidaktiken der einzelnen Unterrichtsfächer den Lehrkräften zwar Muster derartiger Wissensintegration liefern, so muss ein großer Teil dieser Integration von den Lehrkräften eigenständig vorgenommen werden (Bromme, 1997). Das fachspezifisch-pädagogische Wissen wird als zentrale Komponente des professionellen Lehrerwissens gesehen, die die Expertise von Lehrkräften maßgeblich prägt (Gess-Newsome, 1999a; Grossman, 1990; Munby, et al., 2001; Shulman, 1987).

Im Zuge der Forschung zum Professionswissen von Lehrkräften sind die Taxonomien von Shulman (1987) bzw. in der deutschen Forschungslandschaft von Bromme (1992; 1997) vielfach aufgegriffen, ausdifferenziert, erweitert und abgeändert worden. Dabei hat sich die von Bromme und Shulman vorgenommene Unterscheidung in allgemeines pädagogisches Wissen (general pedagogi-

cal knowledge), fachspezifisches Wissen (content knowledge) und fachspezifisch-pädagogisches Wissen (pedagogical content knowledge) in der Unterrichtsforschung praktisch durchgesetzt und wird in fast allen aktuellen Überblicksartikeln zur Lehrerexpertise aufgegriffen (Baumert & Kunter, 2006; Blömeke, Kaiser, & Lehmann, 2008; Borko & Putnam, 1996; Lipowsky, 2006; Munby, et al., 2001). Vor diesem Hintergrund soll das so modellierte und oben skizzierte Professionswissen von Lehrkräften auch den theoretischen Rahmen der vorliegenden Arbeit bilden.

Da das vorliegende Kapitel der Einordnung des in dieser Arbeit thematisierten naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens in theoretische Ansätze zum Professionswissen von Lehrkräften dient, wird an dieser Stelle auf eine differenziertere Ausführung der übrigen Komponenten verzichtet. Auch auf Vorschläge, die Komponenten des Professionswissens um beispielsweise das Beratungswissen (Wissen über Experten-Laien-Kommunikation) oder das Organisations- und Interaktionswissen zu erweitern (Baumert & Kunter, 2006 in Anlehnung an Bromme, Jucks, & Rambow, 2004 sowie Shulman, 1997 und Sternberg & Horvath, 1995), wird aus diesem Grund nicht weiter eingegangen.

2.3.1.4 Empirische Befunde zur Unterscheidbarkeit der Wissensdomänen

Wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, hat sich der zunächst von Shulman (1987) vorgeschlagene und von Bromme (1992; 1997) und anderen weiterentwickelte Gliederungsvorschlag für das Professionswissen von Lehrkräften (siehe Kap. 2.3.2.2) praktisch und theoretisch weitgehend durchgesetzt, obwohl das Zergliedern in unterschiedliche Wissensdomänen im Widerspruch zur starken Vernetzung und Integration des Expertenwissens steht (Berliner, 2001; Grossman, 1994). Trotz der Vielzahl an theoretischen Arbeiten und unterschiedlichen Gliederungsansätzen, die in dieser Tradition entstanden sind, fehlt es an empirischer Evidenz für die Unterscheidbarkeit der angenommenen Wissensdomänen. In einer deutschen Studie konnten Diedrich, Thußbas und Klieme (2002) zwar zeigen, dass die Facetten des professionellen Lehrerwissens im Sinne der von Bromme (1992; 1997) entwickelten Gliederung, die über teils standardisierte, teils über von der Arbeitsgruppe selbst konstruierte Skalen erfasst wurden, unterscheidbar sind. Die Ergebnisse dieser Studie müssen allerdings mit Blick auf die Validität der eingesetzten Skalen, die hinsichtlich der gewählten Operationalisierung der Facetten des professionellen Lehrwissens von der Arbeitsgruppe selbst als „verbesserungswürdig“ diskutiert werden (S. 120), vorsichtig interpretiert werden. Besonders die Operationalisierung des fachspezifischen Wissens allein über das distale Maß der Anzahl an zur Vorbereitung genutzten Materialien sowie die Operationalisierung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens allein über die Erfassung der Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach sowie die Erfassung des pädagogischen Wissens über Kausalattributionen über das Gelingen von

Unterricht scheinen verkürzte Konzeptionen der einzelnen Facetten des professionellen Lehrwissens darzustellen. Trotz dieser Schwachstellen liefert die Studie erste wertvolle Hinweise auf die empirische Rekonstruierbarkeit der theoretisch angenommenen Facetten des professionellen Lehrwissens.

Die wenigen empirischen Arbeiten, die darüber hinaus auf diesem Gebiet vorliegen, konzentrieren sich vor allem auf die Unterscheidbarkeit der beiden domänenspezifischen Wissenskomponenten des fachspezifischen und des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Blömeke et al., 2008; Hill, Schilling, & Ball, 2004; Krauss et al., 2008; Phelps & Schilling, 2004). Für diese beiden Komponenten des Professionswissens könnte man unter Orientierung an den beiden Komponenten der Lehrerausbildung, die sowohl fachliche als auch fachdidaktische Anteile aufweist, sowohl vermuten, dass es sich um zwei distinkte Domänen handelt, die unabhängig voneinander betrachtet werden können. Alternativ scheint es ebenso denkbar, dass die beiden Komponenten so stark miteinander verschmolzen sind, dass sie eine einzige Facette des Professionswissens darstellen und nicht mehr getrennt voneinander erfasst werden können. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Arbeit erscheint es wichtig, die vorliegenden Ergebnisse kurz zu skizzieren, um die separate Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens zu rechtfertigen.

Obwohl der Unterschied zwischen dem fachspezifischen und dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen auf theoretischer Ebene als sehr plausibel scheint und allgemein akzeptiert wird, gibt es bislang wenig empirische Studien, die diese Vermutung stützen. Dies liegt vor allem an einem Mangel an empirischen Forschungsarbeiten, die das fachspezifische und das fachspezifisch-pädagogische Wissen getrennt voneinander, mit validen und reliablen Messinstrumenten erfassen (Baumert & Kunter, 2006; Krauss et al., 2008). Die meisten quantitativen Studien verwenden, wie in Kapitel 2.3.4 ausführlicher dargestellt werden soll, ausschließlich distale Wissensindikatoren, die als äußerst informationsarm gelten und wenig Aufschluss über Inhalt und Struktur des Professionswissens sowie die Verhältnisse der Komponenten untereinander geben (Zumwalt & Craig, 2005). Die wenigen Studien, die sich um eine separate Indikatorisierung beider Wissenskomponenten bemühten und somit eine Analyse der Beziehungen zwischen den beiden Domänen prinzipiell möglich machen, geben allerdings Hinweise auf die empirische Rekonstruierbarkeit der beiden Konstrukte. Sowohl die amerikanische Forschergruppe um Deborah Ball (Hill, et al., 2004; Phelps & Schilling, 2004) als auch die COACTIV-Gruppe um Jürgen Baumert (Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006), auf deren Arbeiten genauer in Kapitel 2.3.4 eingegangen wird, sowie die MT21-Gruppe um Sigrid Blömeke (Blömeke, Kaiser, et al., 2008) modellierten in weitgehend konzeptueller Übereinstimmung fachspezifisches und fachspezifisch-pädagogisches Wissen in Anlehnung an Shulman (1986) als distinkte Domänen des professionellen Wissens von Lehrkräften und generierten separate Tests

zur Erfassung dieser Komponenten. Während Hill, Schilling und Ball (2004) eine hohe Überlapung der von ihnen als „knowledge of content“ und „knowledge of content and students“ bezeichneten Wissensdimensionen für den Bereich Mathematik feststellen und trotz Hinweisen auf distinkte Domänen für die Bildung eines Gesamtscores plädieren, gelingt es Phelps und Schilling (2004) für den Bereich des Lesens, die beiden Konstrukte auch empirisch zu trennen. Die beiden oben genannten deutschen Forschergruppen im Bereich der Mathematik kommen trotz Unterschieden in der formalen Zugangsweise (offene Antwortformate bei COACTIV gegenüber geschlossenen Antwortformaten bei MT21) und unterschiedlichen Herangehensweisen in der empirischen Überprüfung ihrer Strukturannahmen für das Professionswissen von Lehrkräften (COACTIV: latente Korrelation auf der Basis einer konfirmatorischen Faktorenanalyse; MT21: latente Korrelation aufgrund einer zweidimensionalen Raschmodellierung) zu vergleichbaren Ergebnissen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass das fachspezifische und das fachspezifisch-pädagogische Wissen, von beiden Gruppen „fachdidaktisches Wissen“ genannt, zwar deutlich korrelierten, aber distinkte Faktoren darstellen (Blömeke, Seeber, et al., 2008; Krauss, Brunner, et al., 2008).

Eine wichtige Ergänzung zu diesen quantitativen Befunden liefern qualitative Untersuchungen, die detailreiche Informationen über die Struktur des Lehrerwissens geben. In Hinblick auf die Unterscheidbarkeit von fachspezifischem und fachspezifisch-pädagogischem Wissen untermauern vor allem die Ergebnisse der Fallstudien, die zeigen, dass Lehrkräfte, die über solides Fachwissen im jeweiligen Unterrichtsfach verfügen, sich in Abhängigkeit von ihrer Berufserfahrung substanziell in ihrem fachdidaktischen Repertoire und Können unterscheiden können (z. B. Eisenhart et al., 1993; Schoenfeld, Minstrell, & van Zee, 1999; Thompson & Thompson, 1996; Thompson & Thompson, 1994), die empirische Evidenz für zwei distinkte Faktoren (Baumert & Kunter, 2008).

Da der Fokus dieser Arbeit nicht auf dem Beweis der empirischen Unterscheidbarkeit des fachspezifischen Wissens vom fachspezifisch-pädagogischen Wissen liegt, sollen diese kurzen Hinweise auf die empirische Rekonstruierbarkeit zweier distinkter Domänen an dieser Stelle ausreichen, um zu legitimieren, dass im Folgenden nur noch auf das fachspezifisch-pädagogische Wissen fokussiert wird.

2.3.2 Ansätze und Befunde zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen als besondere Komponente des professionellen Wissens von Lehrkräften

Shulmans (1986b, 1987) Kritik an der psychologisch verengten Unterrichtsforschung, in der man sich nur auf allgemeine, nicht auf einzelne Fächer konkretisierte Unterrichts- und Lehrermerkmale konzentrierte und fachspezifische Gegebenheiten vernachlässigte ("the missing paradigm", Shulman, 1986b, S. 6), und sein Entwurf einer Taxonomie des professionellen Lehrerwissens können als

intellektueller und konzeptueller Anstoß zu einem neuen Forschungsprogramm innerhalb der Lehrerkognitionforschung angesehen werden, in dem man sich nun damit beschäftigte, was Lehrkräfte über ihr spezifisches Unterrichtsfach wissen müssen, um dieses erfolgreich unterrichten zu können (Ball, Lubienski, & Mewborn, 2001; Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006; Gess-Newsome & Lederman, 1995; Howey & Grossman, 1989; Leinhardt & Smith, 1985; Magnusson, Krajcik, & Borko, 1999; Phelps & Schilling, 2004; Smith & Neale, 1989; van Driel, Verloop, & de Vos, 1998). Diese grundlegenden Ideen Shulmans verbreiteten sich seit ihrer Präsentation in der AERA Presidential Address von 1985 (1986b) und dem zwei Jahre später folgendem Harvard Education Review Artikel (1987) schlagartig. Wie Ball, Phelps und Thames (2008) berichten, wurden diese beiden Artikel in den zwei Jahrzehnten seit ihrer Veröffentlichung in mehr als 1200 referierten Zeitschriftenartikeln zitiert. Auch eine Analyse des Teacher Educator's Handbook (Murray, 1996) zeigt, dass Shulman unter den dort vertretenen 1500 Autoren der am viert häufigsten zitierte Autor im Autorenindex ist (Segall, 2004). Unter den verschiedenen Komponenten des professionellen Lehrerwissens hat die Idee des fachspezifisch-pädagogischen Wissens die größte Beachtung gefunden (Ball, et al., 2008; Segall, 2004). In Tausenden von Buchkapiteln, Zeitschriftenartikeln und Forschungsvorhaben wurde diese Idee seither international in den unterschiedlichsten Gebieten (z. B. Natur- und Sozialwissenschaften, Mathematik, Englisch, Sport, Religion, Musik) aufgegriffen und bearbeitet, was zeigt, welchen großen Einfluss Shulmans grundlegende Idee auf das Feld der Unterrichtsforschung und Lehrerausbildung genommen hat. Trotz des weitläufigen Aufgreifens dieser häufig als bahnbrechend bezeichneten Idee bestehen einige Probleme um die Definition des Konstruktes. So bleibt die Unterscheidung zwischen der Bedeutung als spezielle Komponente des professionellen Lehrerwissens, wie in Kapitel 2.3.1.3 bereits angewendet, und als Bezeichnung eines programmatischen Lehr-/Lernkonzepts („educational concept“) in der Lehrerausbildung und einem dazugehörigen Forschungsprogramm bei der synonymen Verwendung im angloamerikanischen Sprachraum unklar (Bromme, 1995). Auch im europäischen Sprachraum wird durch die Nähe des Konstruktes zur Tradition der Fachdidaktik (beide Bereiche beschäftigen sich mit der Kombination von disziplinärem und pädagogischem Wissen zum Zwecke des Unterrichts) oft keine klare Trennung zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen der Fachdidaktik und der Lehrerkognitionforschung gezogen und die Idee des fachspezifisch-pädagogischen Wissens mit der Fachdidaktik gleichgesetzt (Gudmundsdottir & Grankvist, 1992, S. 182-184). Obwohl Hasweh (2005) das Problem der unscharfen Definition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in einer aktuellen Veröffentlichung erkennt und artikuliert, löst er das Problem mit seiner Definition von fachspezifisch-pädagogischem Wissen als „personal and private knowledge“ nicht vollständig, wenn er sagt, dass „efforts by some researchers to capture and represent PCK, etc. can transform it into more pu-

blic knowledge” (S. 277-278).

Um dem Problem der Zweideutigkeit an dieser Stelle zu begegnen, soll das fachspezifisch-pädagogische Wissen für die vorliegende Arbeit in einem ersten Schritt als subjektive, mentale Repräsentation und somit als Facette des professionellen Lehrerwissens definiert werden. Durch diese eingeschränkte Definition soll es als Teilgebiet der Fachdidaktik bzw. der fachdidaktischen Forschung und nicht als Äquivalent zu dieser verstanden werden.

Legt man sich auf die Bedeutung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens als Bezeichnung für eine Domäne des professionellen Lehrerwissens fest, so bleiben auch die hierzu vorgeschlagenen Beschreibungen des Konstruktes über die unterschiedlichen Gebiete hinweg betrachtet meist unscharf und ohne klare Definition (Ball, et al., 2008; Lee & Luft, 2008). Vor diesem Hintergrund soll in den folgenden Unterkapiteln nun versucht werden, das Konstrukt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens als Komponente des Lehrerwissens in einem ersten Schritt allgemein, d. h. nicht auf ein bestimmtes Fach bezogen, zu definieren, wobei die in der Literatur bestehenden Gemeinsamkeiten hinsichtlich Beschreibung, Zusammensetzung und Entstehung herausgearbeitet werden, über die sich das Konstrukt in der Regel definiert. In einem sich anschließenden Kapitel soll aufgezeigt werden, wie die theoretischen Konzeptionen zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen im Bereich der Naturwissenschaften aufgegriffen und weiterentwickelt wurden, um zum Abschluss in enger Anlehnung an den Stand der Forschung zu einer Arbeitsdefinition für das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen für die vorliegende Arbeit zu gelangen.

2.3.2.1 Definition des Konstrukts fachspezifisch-pädagogisches Wissen von Lehrkräften

Der Begriff des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ist ein in der Lehrerkognitionsforschung mittlerweile als etabliert geltendes „akademisches Konstrukt“ (Loughran, Mulhall, & Berry, 2004), das, wie oben beschrieben, durch Lee Shulmans AERA Presidential Address von 1985 in den Diskurs über die professionelle Wissensbasis von Lehrkräften eingebracht wurde (Shulman, 1986b). Shulman mahnte in seiner Rede an, dass die Lehrerforschung und -ausbildung weder allein das pädagogische Wissen noch allein das fachspezifische Wissen fokussieren sollte, sondern den Schnittpunkt dieser beiden Bereiche, in dem Fachwissen und pädagogisches Wissen zur Gestaltung und Umsetzung von Unterricht zusammenkommen, genauer betrachten müsse. Genau diese Schnittmenge des professionellen Lehrerwissens, in der die Umformung fachlicher Inhalte in didaktisch wertvolle Kontexte (bei Shulman „pedagogical powerful forms“, S. 15) vollzogen wird, bezeichnete Shulman mit dem Begriff fachspezifisch-pädagogisches Wissen (Shulman, 1986b; 1987). Durch diesen Weckruf Shulmans inspiriert, widmete sich die Forschung zum professionellen Lehrerwissen seit dem Ende der 1980er Jahre nun verstärkt dem pädagogischen Wissen, das auf konkrete fachli-

che Inhalte bezogen ist (Segall, 2004). Dieser explizite Bezug zum fachlichen Inhalt stellt dabei ein erstes definitives Merkmal des fachspezifisch-pädagogischen Wissens dar, wobei deutlich darauf hingewiesen wird, dass es sich nicht nur um fachspezifisches Wissen handelt, sondern um Wissen, „[that] goes beyond knowledge of subject matter per se to the dimension of subject matter knowledge *for teaching*. [It is that] particular form of content knowledge that embodies the aspects of content most germane to its teachability“ (Shulman, 1986b, S. 9). Die Einordnung des Konstrukts wird dadurch erschwert, dass Shulman selbst über seine Veröffentlichungen hinweg in der Anordnung, Benennung und auch Beschreibung der Komponenten des professionellen Lehrerwissens variiert. Während Shulman das fachspezifisch-pädagogische Wissen zunächst als eine Unterkategorie des fachbezogenen Wissens (content knowledge) vorstellt (1986b), wird es in späteren Konzeptionen des professionellen Lehrerwissens als eigenständige, gleichrangige Komponente neben dem fachspezifischen Wissen, dem allgemein-pädagogischen Wissen und vier weiteren Komponenten des professionellen Lehrerwissens beschrieben (Shulman, 1987; Wilson, Shulman, & Richert, 1987) und in folgender Weise definiert:

[It is] that special amalgam of content and pedagogy that is uniquely the providence of teachers, their own special form of professional understanding [...] Pedagogical content knowledge [...] identifies the distinctive bodies of knowledge for teaching. It represents the blending of content and pedagogy into an understanding of how particular topics, problems, or issues are organized, represented, and adapted to the diverse interests and abilities of learners, and presented for instruction. Pedagogical content knowledge is the category most likely to distinguish the understanding of the content specialist from that of the pedagogue. (Shulman, 1987, S. 8)

Das fachspezifisch-pädagogische Wissen wird also als eine Kombination und Integration von fachspezifischem und pädagogischem Wissen beschrieben, das Lehrkräfte benötigen, um die Fachinhalte aus einer fachlichen und pädagogischen Perspektive zu analysieren und diese dann in fruchtbare Lerngelegenheiten, die an das Vorwissen und die Dispositionen der Schüler anschließen, zu übersetzen und schließlich zu arrangieren. Bromme (1995) leitet hieraus zwei weitere Merkmale des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ab: die kognitive Integration des Wissens aus unterschiedlichen akademischen Disziplinen sowie die Kontextualisierung dieses Wissens. Baxter und Lederman (1999) folgern, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen sowohl ein internes als auch ein externes Konstrukt ist, das sich sowohl auf die Kognition des Lehrers als auch auf die praktische Umsetzung dieses Wissens bezieht. Vor diesem Hintergrund wird das fachspezifisch-pädagogische Wissen als die für das Lehrerhandeln zentrale Komponente gesehen (Gess-Newsome, 1999a; Grossman, 1990; van Driel, et al., 1998).

Die Idee des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ist an sich nicht neu. Wie Bullough (2001) in einer historischen Analyse aufzeigt, findet man ähnliche Formulierungen schon in Texten, die zum

Ende des 19. Jahrhunderts verfasst wurden. So beschreibt schon Parr (1888) „that there is a special knowledge in each subject that belongs to instruction. when [ideas] are arranged for teaching [their order] is determined by their relation to the learning mind.“ (zit. nach Bullough, 2001, S. 658) Auch in Deweys (1902/1969) Aufruf zur „Psychologisierung der fachlichen Inhalte“, mit der er die Verbindung von disziplinärem Wissen mit den Erfahrungen der Schüler fordert, spiegelt sich die Grundidee des fachspezifisch-pädagogischen Wissens wider. Obwohl die Idee der Verbindung vom Wissen über den Fachinhalt mit dem Wissen über das Denken der Schüler zur Aufbereitung des Fachinhaltes für den Unterricht also nicht neu ist und besonders in Deutschland in der Tradition der Fachdidaktik verwurzelt ist, hält sie erst durch die Arbeiten von Lee Shulman (1986b, 1987), in denen er dieses Wissen als Merkmal der Lehrerkognition beschreibt und dabei die Bedeutung dieses Wissens als professionsprägend herausarbeitet, unter dem Namen „fachspezifisch-pädagogisches Wissen“ Einzug in die internationale Forschungsliteratur (Bromme, 1995; Bullough, 2001).

Die oben zitierte Definition Shulmans liegt auch heute noch vielen aktuellen Arbeiten zum professionellen Wissen von Lehrkräften zugrunde und wird meist nur in leicht abgeänderter Form neu formuliert. So definiert z. B. Geddis (1993) das fachspezifisch-pädagogische Wissen als „the transformation of subject-matter knowledge into forms accessible to the students being taught“ (S. 675). Andere Autoren beschreiben das fachspezifisch-pädagogische Wissen als „the intersection of knowledge of the subject with knowledge of teaching and learning“ (Niess, 2005, S. 510). Noch weiter gefasst wird das fachspezifisch-pädagogische Wissen z. B. auch als „the interpretations and transformations of subject-matter knowledge in the context of facilitating student learning“ (van Driel, et al., 1998, S. 673) definiert. An diesen ausgewählten Beispielen soll deutlich gemacht werden, dass die überwiegende Anzahl an Definitionen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens die Transformation von fachspezifischem Wissen für den Vorgang des Unterrichtens als den Kern des fachspezifisch-pädagogischen Wissens herausarbeiten und sich somit eng an Shulmans (1986b) ursprüngliche Definition anlehnen. Dabei beziehen sich einige Definitionen ausschließlich auf das Wissen, das durch die Transformation und Integration von Wissen aus unterschiedlicher Herkunft entsteht. Andere Definitionen erweitern dieses Verständnis vom fachspezifisch-pädagogischen Wissen und bezeichnen sowohl das Wissen als auch die Umsetzung dieses Wissens im unterrichtlichen Kontext als fachspezifisch-pädagogisches Wissen. Durch die Kürze der in der Literatur zu findenden Definitionen bleibt oft unklar, welches Verständnis von den Autoren genau vertreten wird.

Um das Konstrukt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens über diese kurzen Definitionen weiter mit Inhalt aufzufüllen, hat es sich insbesondere in der Literatur des angloamerikanischen Sprachraumes bis heute etabliert, sich dieser Facette des Professionswissens neben einer eigentlichen Definition des Konstruktes vielmehr über das Beschreiben separater Unterkategorien, die in ihrer Inte-

gration das fachspezifisch-pädagogische Wissen ausmachen, zu nähern. So kann man sagen, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen in den meisten Konzeptionen vor allem über die ihm zugrunde gelegten Facetten definiert und modelliert wird, worauf im folgenden Kapitel eingegangen wird.

2.3.2.2 Modellierungen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens

Da die Konzeptualisierung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, in der Literatur vor allem über die Identifikation und Beschreibung der das fachspezifisch-pädagogische Wissen ausmachenden Komponenten geschieht, sind für das fachspezifisch-pädagogische Wissen, ebenso wie für das Professionswissen auch, verschiedene Gliederungsvorschläge erarbeitet worden (Segall, 2004). Schon Shulman (1986b, 1987) charakterisiert das fachspezifisch-pädagogische Wissen in seinen ersten Veröffentlichungen neben den oben aufgeführten Beschreibungen über seine Unterfacetten und definiert diese wie folgt:

Within the category of pedagogical content knowledge I include, for the most regularly taught topics in one's subject area, the most useful forms of representation of those ideas, the most powerful analogies, illustrations, examples, explanations, and demonstrations – in a word, the ways of representing and formulating the subject that make it comprehensible to others. [...] Pedagogical content knowledge also includes an understanding of what makes the learning of specific topics easy or difficult: the conceptions and preconceptions that students of different ages and backgrounds bring with them to the learning of those most frequently taught topics and lessons. [...] teachers need knowledge of the strategies most likely to be fruitful in reorganizing the understanding of learners [...]. (Shulman, 1986b, S. 9-10)

Shulman (1986b, 1987) spezifiziert das fachspezifisch-pädagogische Wissen also über drei Schlüsselemente, die als Wissen über vielfältige Repräsentationen des Fachinhalts, Wissen über aus dem Fachinhalt resultierende Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen zu diesem Thema sowie Wissen über effektive Unterrichtsstrategien, mit Hilfe derer das Lernen der Schüler angeregt werden kann, zusammengefasst werden können. Aus den aufgezählten Aspekten ergibt sich dabei eine Themengebundenheit, die charakteristisch für das fachspezifisch-pädagogische Wissen ist.

Seit dieser ersten Spezifikation des Konstruktes sind in vielen folgenden Forschungsarbeiten neue und ausführlichere Ausarbeitungen der Komponenten entstanden, wobei die jeweiligen Autoren die von ihnen postulierten Komponenten entweder über ihr Selbstverständnis vom guten Lehrer bzw. Unterricht begründen oder aus empirischen Studien ableiten.

Tabelle 1: Unterschiedliche Gliederungsvorschläge für das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften (Park & Oliver, 2008; van Driel, et al., 1998; erweitert)

Autoren	Wissen über								
	Fach	Pädagogik	Lehren, Repräsentationen	Lernen, Schülervorstellungen	Curricula	Medien, Material	Ziele	Kontext	Leistungserfassung u. -bewertung
Shulman (1987)	D	D	PCK	PCK	D		D	D	
Tamir (1988)	D	D	PCK	PCK	PCK				PCK
Grossman (1990)	D	D	PCK	PCK	PCK		PCK	D	
Marks (1990)	PCK	D	PCK	PCK		PCK	D		
Smith & Neale (1989)	D		PCK	PCK					
Cochran et al. (1993)	PCK	PCK	N	PCK				PCK	
Geddis et al. (1993)	D		PCK	PCK					
Fernandez-Balboa & Stiehl (1995)	PCK		PCK	PCK			PCK	PCK	
Magnusson et al. (1999)	D	D	PCK	PCK	PCK		PCK		PCK
Loughran et al. (2006)	PCK	PCK	PCK	PCK			PCK	PCK	
Krauss et al. (2004)	D	D	PCK	PCK	N		D		N
Blömeke et al. (2008)	D	D	PCK	PCK	PCK				
Lee & Luft (2008)	PCK		PCK	PCK	PCK	PCK	PCK		PCK
Ball et al. (2008)	D		PCK	PCK	PCK				

Anmerkungen. PCK = Komponente des fachspezifisch-pädagogischen Wissens; D = distinkte Komponente außerhalb des fachspezifisch-pädagogischen Wissens; N = nicht diskutiert

Dabei unterscheiden sich die vorgeschlagenen Konzeptionen in der Anzahl der Unterfacetten, aber auch in der Benennung und Beschreibung der vorgeschlagenen Komponenten. Tabelle 1 soll einen Überblick über die verschiedenen Gliederungsvorschläge der unterschiedlichen Autoren geben.

Grossman (1990) legt in Anlehnung an Shulman eine zusammengefasste Gliederung des Professionswissens mit vier Komponenten vor und beschreibt dabei das fachspezifisch-pädagogische Wissen als Wissen über Lehrstrategien und Repräsentationen für einen bestimmten Fachinhalt und Wissen über Verstehensprozesse von Schülern zu diesen spezifischen Fachinhalten, was Wissen über themenspezifische Schülervorstellungen beinhaltet. Mit diesen beiden Facetten greift Grossman die ursprünglichen Facetten Shulmans auf und fasst sie in zwei Komponenten zusammen. Darüber hinaus ergänzt sie das fachspezifisch-pädagogische Wissen um das Wissen über Curricula und ausgearbeitete Unterrichtsmaterialien sowie um das Wissen und übergeordnete Vorstellungen zu Zielen, die

mit dem Unterrichten bestimmter Themen verfolgt werden. Beide Facetten waren von Shulman (1987) noch als distinkte Komponenten des professionellen Lehrerwissens formuliert worden und werden jetzt als Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens modelliert.

Auch Marks (1990) Gliederungsvorschlag des fachspezifisch-pädagogischen Wissens greift Shulmans ursprüngliche Komponenten auf und erweitert diese durch Erkenntnisse aus Interview-Studien mit acht Mathematiklehrkräften um rein fachliches Wissen für das Unterrichten und Wissen über Medien (Texte oder Materialien). Hiermit wird wiederum eine weitere ursprünglich als distinkt formulierte Facette des Professionswissens mit unter das fachspezifisch-pädagogische Wissen gefasst. Durch das Anführen von Beispielen, in denen Lehrkräfte zur Lösung von Problemen auf verschiedene Facetten des von ihm beschriebenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens zurückgreifen müssen, schließt Marks auf eine hochgradige Vernetzung dieser Facetten und beschreibt die Grenzen zwischen ihnen als verschwommen.

Vor dem Hintergrund eines konstruktivistischen Lehr-/Lernverständnisses beschreiben auch Cochran, DeRuiter und King (1993) eine Modifikation der ursprünglich von Shulman vorgeschlagenen Konzeption. In ihrer theoretischen Abhandlung betonen sie die Aktivität des Lernenden und sprechen daher von „pedagogical content knowing“ anstelle von „pedagogical content knowledge“, um die dynamische Natur und Entwicklung von Wissen zu betonen. Neben der Erweiterung um dieses konstruktivistische Verständnis des Konstruktes konzipieren sie ihr Modell des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auch wesentlich weiter als Shulman, indem sie „pedagogy, subject matter content, student characteristics, and the environmental context of learning“ (Cochran, et al., 1993, S. 266) als die vier Komponenten setzen, deren Integration das fachspezifisch-pädagogische Wissen definieren.

Fernández-Balboa und Stiehl (1995) untersuchen in einer Studie die allgemeinen, d. h. über mehrere Fächer hinweg geltenden Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, indem sie Universitätsprofessoren aus unterschiedlichen Fachgebieten mit Hilfe von Interviews zu ihren Konstruktionen von fachspezifisch-pädagogischem Wissen befragen. In Anlehnung an Grossman (1990) modellieren die Autoren das fachspezifisch-pädagogische Wissen als eine Integration verschiedener Unterfacetten, die in ihrer Summe das fachspezifisch-pädagogische Wissen definieren, und erweitern das zugrunde gelegte Modell durch die Ergebnisse ihrer qualitativen Analysen der Interviews, indem sie Wissen über den fachlichen Inhalt, Wissen über Schüler, Wissen über instruktionale Strategien, Wissen über den Lehrkontext und die Zielsetzungen, die mit dem Unterrichten verfolgt werden, als Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens festlegen.

Auch Magnusson, Krajcik und Borko (1999) greifen in ihrem theoretischen Gliederungsansatz für

das fachspezifisch-pädagogische Wissen im Bereich der Naturwissenschaften die oben skizzierten Arbeiten von Tamir und Grossman wieder auf und legen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen fünf Komponenten zugrunde. Sie beschreiben allgemeine Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach, Wissen über Curricula, Wissen über Verstehensprozesse von Schülern, Wissen über themenspezifische Lehrstrategien und Wissen über die Erfassung und Bewertung von Lernleistungen der Schüler als Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens.

Die australische Arbeitsgruppe um John Loughran (Loughran, Berry, & Mulhall, 2006) verfolgt in ihrer Konzeptualisierung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ebenfalls für den Bereich der Naturwissenschaften einen Weg, der sich von den bisher skizzierten Konzepten abhebt. Die Gruppe schlägt ein Format zur gleichzeitigen Konzeptualisierung und Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in spezifischen Inhaltsbereichen vor und definiert das fachspezifisch-pädagogische Wissen über sog. *CoRes* (Content Representation) und *PaP-eRs* (Pedagogical and Professional experience Repertoires). Das CoRe ist dabei das Wissen, das Lehrkräfte zu einem bestimmten Unterrichtsthema mitbringen und beinhaltet Wissen über die wichtigsten Ideen und damit verbundenen Lernziele, Wissen über unterschiedliche Herangehensweisen im Unterricht, Wissen über Fehlvorstellungen und Lernschwierigkeiten der Schüler und Wissen über unterschiedliche Methoden zum Feststellen des Lernerfolges. Das PaP-eR hingegen ist Wissen, das abhängig vom CoRe ist und dieses mit einer bestimmten Unterrichtssituation verknüpft. Die PaP-eRs beschreiben dabei bestimmte Herangehensweisen einer Lehrkraft an spezifische Themen im Zusammenhang mit speziellen Unterrichtskontexten und sollen die Entscheidungen, die dem tatsächlichen Handeln im Unterricht zugrunde liegen, beschreiben bzw. erfassen. Trotz dieser gänzlich anderen Konzeption des fachspezifisch-pädagogischen Wissens kann man festhalten, dass auch in diesem Ansatz das fachspezifisch-pädagogische Wissen als Integration verschiedener Unterfacetten beschrieben wird. Auch die beschriebenen Unterfacetten gründen sich in Shulmans ursprünglicher Konzeption und greifen viele Komponenten der zuvor beschriebenen Modellierungen auf.

Als Ergebnis einer aktuellen Fallstudie, in der das fachspezifisch-pädagogische Wissen aus der Perspektive von vier erfahrenen Lehrkräften konstruiert wird, identifizieren Lee und Luft (2008) sieben Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens: Wissen über den fachlichen Inhalt, Wissen über Ziele, Wissen über Curricula, Wissen über Schüler, Wissen über Lehrstrategien, Wissen über Leistungserfassung und Wissen über Ressourcen (in Hinblick auf Ergänzung von Unterrichtsmaterialien). Die so durch die aktive Beteiligung von Lehrkräften extrahierten Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens decken sich zu großen Teilen mit dem theoretisch hergeleiteten Modell von Magnusson und Kollegen (1999) und erweitern dieses um Wissen über den fachlichen Inhalt und Wissen über Ressourcen.

Die oben dargelegte Vorstellung von unterschiedlichen Gliederungsvorschlägen stellt eine exemplarische Auswahl von Konzeptionen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die dargestellten Konzeptionen wurden vielmehr ausgewählt, um aufzuzeigen, dass sich seit der Einführung des Begriffs durch Lee Shulman (1986b) keine universell akzeptierte Konzeption des fachspezifisch-pädagogischen Wissens durchgesetzt hat (Hashweh, 2005). Durch die ständige Erweiterung des Konstruktes, die teilweise sogar zur Inklusion aller ursprünglich als distinkt beschriebenen Facetten des Professionswissen führt, scheint der spezifische Charakter dieser Wissensfacette aufgeweicht und untergraben zu werden. Einigkeit besteht zwar dahingehend, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen als eine Integration von unterschiedlichen Wissensfacetten definiert wird, aber dennoch variieren die Konzeptionen in der Anzahl der eingeschlossenen Komponenten, in ihrer Benennung und ihrer Beschreibung. Über alle Ansätze hinweg betrachtet, wird aber trotz der vielfältigen Gliederungsvorschläge deutlich, dass (1) das fachspezifisch-pädagogische Wissen immer als themenspezifisches Wissen angesehen wird (eine Ausnahme bildet hier nur der Ansatz von Fernández-Balboa und Stiehl (1995), die generische Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens modellieren) und dass (2) Wissen über Schüler und deren themenspezifische Vorstellungen und Lernschwierigkeiten sowie das Wissen über Lehrstrategien in Form von Repräsentationen von fachlichen Inhalten von allen Arbeitsgruppen in Anlehnung an Shulmans (1986b) ursprüngliche Komponenten als grundlegende Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angesehen und aufgegriffen werden (van Driel, et al., 1998). Ferner scheint insbesondere der von Grossman (1990) vorgeschlagene Gliederungsansatz des fachspezifisch-pädagogischen Wissens eine Art Konsens widerzuspiegeln. Der gegenüber Shulmans ursprünglicher Konzeption leicht erweiterte Gliederungsvorschlag mit vier Komponenten, in denen das rein fachliche und allgemein pädagogische Wissen weiterhin distinkte Facetten zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen darstellen, wurde seit seiner Vorstellung von unterschiedlichen Autorengruppen aufgenommen und dient auch in Review-Artikeln unterschiedlicher Handbücher als organisatorischer Rahmen zur Zusammenfassung des Stands der Forschung zum professionellen Wissen von Lehrkräften (Abell, 2007; Borko & Putnam, 1996; Putnam & Borko, 1997). Die Ergebnisse der Abhandlung zur empirischen Rekonstruierbarkeit von rein fachlichem und fachspezifisch-pädagogischem Wissen in Kapitel 2.3.1.4 untermauern die Präferenz dieses Modells gegenüber den anderen Modellen, die das fachliche Wissen als Komponente des fachspezifisch-pädagogischen Wissens beschreiben.

Die Definition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens über seine Komponenten ist, wie die Gliederung des gesamten Professionswissens in einzelne Domänen, für die Forschung zu Lehrerkognitionen äußerst nützlich, da es das gezielte Entwickeln von Erhebungsinstrumenten in spezifi-

schen Kategorien des Wissens erlaubt. Wie beim Professionswissen steht auch diese Unterteilung wieder im Widerspruch zur bereits angedeuteten hochgradigen Vernetzung der Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Borko & Putnam, 1996; Marks, 1990; van Driel, et al., 1998). Das fachspezifisch-pädagogische Wissen ist mehr als die reine Summe seiner Unterfacetten, da die einzelnen Facetten in ihrer Anwendung synergetisch aufeinander bezogen und miteinander verschmolzen werden (Abell, 2008). Auf die vor diesem Hintergrund aufgeworfene Frage nach der Beschaffenheit und Organisation des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, die ebenfalls definitorische Merkmale des Konstruktes darstellen, wird im folgenden Kapitel eingegangen.

2.3.2.3 Beschaffenheit, Entstehung und Organisation des fachspezifisch-pädagogischen Wissens

Auch wenn die Gliederungsvorschläge für das fachspezifisch-pädagogische Wissens vielfältig sind, so findet man in der Literatur einen weitgehenden Konsens über die Beschaffenheit und die Entwicklung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Lee & Luft, 2008; van Driel, et al., 1998). Da sich das fachspezifisch-pädagogische Wissen immer auf bestimmte Themen bezieht, kann es eindeutig von allgemein-pädagogischem Wissen abgegrenzt werden. Durch den Fokus auf das Unterrichten von spezifischen Themen kann das fachspezifisch-pädagogische Wissen sich aber wiederum erheblich von reinem Fachwissen unterscheiden, weshalb es allgemein als eigenständige Komponente des professionellen Lehrerwissens angesehen und modelliert wird (van Driel, et al., 1998). Das fachspezifisch-pädagogische Wissen ist dabei eine besondere Domäne, die durch die übrigen Bereiche des professionellen Lehrerwissens gespeist wird, ohne diese vollständig zu subsumieren (Borko & Putnam, 1996; Grossman, 1990). Schon Shulman (1987) betont, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen ein Ergebnis der Interaktion von unterschiedlichen Wissenskomponenten des professionellen Lehrerwissens ist, wenn er schreibt:

By focusing on the teaching of particular topics - *Huck Finn*, quadratic equations, the Indian subcontinent, photosynthesis - we learned how particular kinds of content knowledge and pedagogical strategies necessarily interacted in the minds of the teachers.
(S. 5)

In ihrer Reorganisation der Konzeption des professionellen Lehrerwissens, beschreibt Grossman (1990), wie in Abbildung 2 verdeutlicht, das fachspezifisch-pädagogische Wissen im Zentrum des Professionswissens, das von rein fachspezifischem und allgemein pädagogischem Wissen sowie vom Wissen über Kontexte umgeben und beeinflusst wird. Somit arbeitet sie das Wissen über Kontexte als eine weitere Quelle heraus, die eng mit dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen verbunden ist.

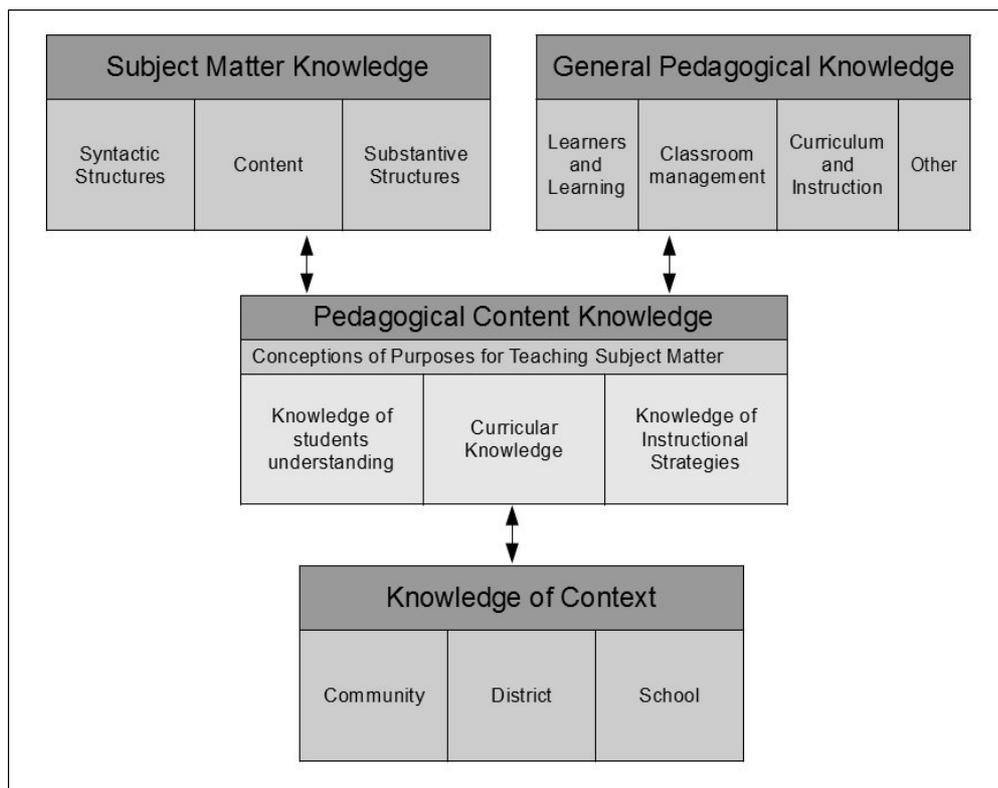


Abbildung 2: Modell des professionellen Lehrerwissens nach Grossman (1990): Fachspezifisch-pädagogisches Wissen als zentrale Komponente

Die Integration und Transformation von Wissen verschiedener Herkunft wird über die verschiedenen Konzeptionen hinweg als weiteres, entscheidendes und somit definitorisches Merkmal des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angesehen (Borko & Putnam, 1996; Gess-Newsome, 1999a). Dabei werden pädagogisch-psychologische Kenntnisse, fachliches Wissen sowie die eigene Lehr-/Lernerfahrung und Wissen über den Kontext in einem Integrationsprozess, der aktiv von Lehrkräften vorgenommen werden muss, aufeinander bezogen und miteinander verschmolzen (Bromme, 1995, 1997; Shulman, 1987). Aufgrund dieser Verbundenheit mit den übrigen Facetten des professionellen Lehrerwissens, vor allem mit dem fachlichen und dem pädagogischen Wissen, werden die Grenzen zwischen ihnen und dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen als unscharf akzeptiert (Borko & Putnam, 1996; Gess-Newsome, 1999a).

Für die Unterscheidung zwischen der Integration und Transformation von Wissen unterschiedlicher Herkunft bietet Gess-Newsome (1999a) zwei unterschiedliche Modelle zur Beschreibung der Beschaffenheit des fachspezifisch-pädagogischen Wissens an, die auf einem Kontinuum liegen: An einem Extrem beschreibt sie das „integrative Modell“, in dem das fachspezifisch-pädagogische Wissen an sich nicht existiert, sondern als einfache Schnittmenge von fachlichem Wissen, Pädagogik und Kontext betrachtet wird, und am anderen Ende das „transformative Modell“, in dem das Wissen unterschiedlicher Herkunft so ineinander überführt wird, dass eine neue Domäne von Wis-

sen erzeugt wird, auf die allein Lehrkräfte beim Unterrichten zurückgreifen. In der aktuellen Literatur nehmen die wenigsten Autoren expliziten Bezug zur Verortung ihrer Konzeptionen auf diesem Kontinuum, würden sich aber eher auf der „transformativen“ Seite einordnen lassen, ohne dabei die weiterbestehende Existenz der zugrunde liegenden Facetten zu negieren (Abell, 2007; Ball, et al., 2008; Baumert & Kunter, 2006; Lee & Luft, 2008; Loughran, et al., 2006; Magnusson, et al., 1999; Park & Oliver, 2008).

In Bezug auf die Entstehung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens wird im aktuellen Stand der Forschung davon ausgegangen, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen durch tatsächliche Unterrichtserfahrungen (Baxter & Lederman, 1999; Gess-Newsome, 1999a; Grossman, 1990; Magnusson, et al., 1999; Marks, 1990; van Driel, Beijaard, & Verloop, 2001) bzw. im Kontext von konkreten Unterrichtssituationen (Fernández-Balboa & Stiehl, 1995; Gess-Newsome, 1999a; Loughran, et al., 2004; Marks, 1990; van Driel, et al., 1998) erworben wird. Vor diesem Hintergrund wird das fachspezifisch-pädagogische Wissen von zukünftigen oder gerade beginnenden Lehrkräften als gering eingeschätzt, was sich in einigen Untersuchungen zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Novizen auch bestätigt hat (Clermont, Borko, & Krajcik, 1994; Gudmundsdottir & Shulman, 1987). Van Driel, De Jong und Verloop (2002) und van Driel, Verloop und de Vos (1998) konnten sowohl durch die Analyse der bestehenden Literatur als auch durch ihre eigenen Studien zeigen, dass auch bestimmte Fort- und Ausbildungsangebote neben dem Sammeln von Erfahrungen in eigentlichen Unterrichtssituationen den Aufbau des fachspezifisch-pädagogischen Wissens unterstützen können. Auch Grossman (1990) beschreibt genau diese Quellen für die Entwicklung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens und benennt zusätzlich das Beobachten von Unterricht, sowohl als Lehrer als auch in der Erinnerung als Schüler, als Einflussfaktor für die Entwicklung dieses Wissens.

Neben dem bestehenden Konsens über die Entwicklung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens wird durch diese kurze Abhandlung auch deutlich, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen als dynamisch, nicht als statisch angesehen wird, da es prinzipiell als veränderbar gilt (Munby & Rusell, 1994) und eine hohe Interaktion zwischen den unterschiedlichen Komponenten postuliert wird (Magnusson et al., 1999).

2.3.2.4 Zusammenfassung zur Definition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens

Mitte der 1980er Jahre propagierten Lee Shulman (1986b) und seine Kollegen, dass es neben dem rein fachlichen und dem rein pädagogischen Wissen noch eine spezielle Facette des professionellen Lehrerwissens gäbe, die Lehrkräfte benötigen, um fachliche Inhalte für den Unterricht adressatengerecht aufzubereiten. Sie bezeichneten dieses professionsprägende Wissen als fachspezifisch-päd-

agogisches Wissen. Obwohl Shulman (1987) und Kollegen einen ersten theoretischen Rahmen zur Einordnung dieses Wissens aufspannen und Merkmale der verschiedenen Facetten des Wissens herausarbeiten, bleiben viele Fragen hinsichtlich der Interaktion der unterschiedlichen Facetten des Lehrerwissens, der eventuell bestehenden Hierarchien zwischen den einzelnen Facetten oder der unterschiedlichen Formen und Typen von Wissen in den einzelnen Kategorien offen (Ball, et al., 2008; Hashweh, 2005). In der sich seither anschließenden theoretischen Diskussion und empirischen Erforschung dieses Konstrukts sind unterschiedliche Ansätze zur Konzeptualisierung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens als Facette des professionellen Lehrerwissens entwickelt worden. Zusammenfassend kann man sagen, dass bis heute in der Literatur weder in den einzelnen Fächern noch über mehrere Fächer hinweg betrachtet ein Konsens über eine umfassende Definition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens besteht (Abell, 2007; Ball, et al., 2008). Doch obwohl die Anwendung des Konstruktes insgesamt als inkonsistent und oftmals auch als diffus zu bezeichnen ist, lassen sich aus den unterschiedlichen Arbeiten einige charakteristische Merkmale des fachspezifisch-pädagogischen Wissens identifizieren, die sich als theoretische Eckpunkte durchzusetzen scheinen:

Erstens besteht Einigkeit darüber, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen eine eigenständige Facette des professionellen Lehrerwissens darstellt, die durch die Transformation und Integration von Wissen unterschiedlicher Herkunft (z. B. fachspezifisches Wissen, pädagogisches Wissen, Wissen über den Kontext) entsteht und somit in Abhängigkeit von den übrigen Facetten des professionellen Lehrerwissens besteht.

Zweitens wird allgemein angenommen, dass fachspezifisch-pädagogisches Wissen separate Unterfacetten umfasst, die nicht unverbunden nebeneinander stehen, sondern eng miteinander verknüpft sind. Obwohl es eine Vielzahl an unterschiedlichen Konzeptionen dieser Unterfacetten gibt, in denen die Anzahl und Beschreibungen der einzelnen Komponenten variieren, scheint die von Grossman (1990) vorgeschlagene Gliederung über mehrere Fächer hinweg akzeptiert zu werden und sich somit zu etablieren. Das fachspezifisch-pädagogische Wissen umfasst demnach folgende Facetten:

a) Allgemeine Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach

Diese Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens repräsentiert eine generelle Sichtweise auf das Lehren und Lernen in einem Fach und besteht aus z.T. normativ geprägten Vorstellungen über Lernvoraussetzungen bzw. Lernprozesse aufseiten der Schüler sowie über die Gestaltung effektiver Lerngelegenheiten (Borko & Putnam, 1996; Grossman, 1990; Kleickmann, 2008; Putnam & Borko, 1997). Dabei wird angenommen, dass diese Vorstellungen eine Art organisierenden Rahmen für die übrigen Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens bilden und als „conceptual map“ (Borko & Putnam, 1996, S. 676) eine

integrative Funktion für das fachspezifisch-pädagogische Wissen, somit auch für unterrichtliche Entscheidungen, für die Bestimmung von Zielsetzungen des Unterrichts, für die Auswahl geeigneter Unterrichtsstrategien und -materialien sowie für die Beurteilung und Bewertung von Schülerleistungen übernehmen (Borko & Putnam, 1996; Grossman, 1990; Kleickmann, 2008; Putnam & Borko, 1997).

b) Wissen über instruktionale Strategien und Repräsentationen

Die zweite Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens umfasst für spezifische Unterrichtsthemen sowohl Wissen über geeignete unterrichtliche Aktivitäten als auch Wissen über Repräsentationsformen. Unter anderem beinhaltet diese Unterfacette Wissen über Modelle, Beispiele, Metaphern, Simulationen, Demonstrationen und Illustrationen, mit Hilfe derer der Aufbau des Verständnisses von Schülern unterstützt werden kann (Borko & Putnam, 1996; Grossman, 1990; Putnam & Borko, 1997; Shulman, 1987).

c) Wissen über das Verständnis, das Denken und das Lernen der Schüler

Die dritte Komponente des fachspezifisch-pädagogischen Wissens beinhaltet Wissen über Bedingungen verständnisvollen Lernens für das Erlernen von bestimmten Themen und Wissen über dabei möglicherweise auftretende Lernschwierigkeiten. Durch die Gebundenheit an spezifische Themen unterscheidet sich diese Wissensdomäne von allgemeinem Wissen über Lernvoraussetzungen und über das Lernen der Schüler. Dieses Wissen über Bedingungen für das verständnisvolle Lernen und über die potenziellen Lernschwierigkeiten umfasst insbesondere Wissen über die vor dem Unterricht bestehenden Schülervorstellungen zu bestimmten Themen (Borko & Putnam, 1996; Grossman, 1990; Putnam & Borko, 1997; Shulman, 1987).

d) Wissen über Curricula und spezifisch ausgearbeitete Unterrichtsmaterialien

Diese Wissenskomponente des fachspezifisch-pädagogischen Wissens enthält zum einen Wissen über Curricula und unterschiedliche Lehrmaterialien, die zum Unterrichten von spezifischen Themen zur Verfügung stehen. Zum anderen umfasst diese Komponente Wissen über die Organisation und Anordnung der einzelnen Themen eines Faches innerhalb eines einzelnen Schuljahres (horizontale Vernetzung der Themen) und über mehrere Schuljahre hinweg (vertikale Vernetzung der Themen), also Wissen über die Berücksichtigung eines kumulativen Wissensaufbaus bei der mittel- und längerfristigen Unterrichtsplanung (Borko & Putnam, 1996; Grossman, 1990; Putnam & Borko, 1997).

Der dritte Konsenspunkt hinsichtlich der Konzeption des fachspezifisch-pädagogischen Wissens besteht im expliziten Bezug dieser Wissensdomäne zu spezifischen fachlichen Inhalten. Das fach-

pezifisch-pädagogische Wissen ist zwar kein reines Fachwissen, seine einzelnen Facetten sowie es als Ganzes können aber immer nur in engem Zusammenhang mit spezifischen Inhalten betrachtet werden.

Der letzte Punkt, über den in der Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen weitgehend Einigkeit herrscht, ist die Auffassung, dass es sich um ein dynamisches Konstrukt handelt. Auch wenn die Beschreibung von einzelnen Unterfacetten eine gewisse Statik suggeriert, so wird die starke Vernetzung und anhaltende Integration der unterschiedlichen Facetten, die sich, so wie das ganze Konstrukt selbst auch, über die Zeit durch Lernen aus Erfahrung sowie durch Aus- und Fortbildungsprogramme entwickelt (Munby, Russell, & Martin, 2001), stets betont.

2.3.3 Das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften

Die Idee des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ist auch im Bereich der naturwissenschaftlichen Unterrichtsforschung aufgegriffen worden. Der Stand der Forschung in Bezug auf dieses Konstrukt wird von Abell (2007) in einem Review-Artikel zum Wissen von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften jedoch als unübersichtlich und zum großen Teil unzusammenhängend bezeichnet (S. 1122). Zum einen gibt es Arbeiten im Bereich der naturwissenschaftlichen Unterrichtsforschung, die inhaltlich in die Diskussion um das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen passen würden, sich aber schwer einordnen lassen, da sie entweder vor Shulmans (1986b, 1987) Klassifikation des professionellen Lehrerwissens entstanden sind oder andere Rahmentheorien nutzen, um ihre Ergebnisse zu interpretieren (Abell, 2007, S. 1121). So haben z. B. unterschiedliche Arbeitsgruppen in der naturwissenschaftsbezogenen Unterrichtsforschung die Theorie Schöns (1983) zur Erklärung der Entwicklung des professionellen Lehrerwissens herangezogen (Abell, Bryan, & Anderson, 1998; Russell & Munby, 1991). Diese Studien zeigen, wie sich das Wissen von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften über die Zeit durch verschiedene Stimuli verändern kann, ohne dabei unterschiedliche Domänen des Wissens von Lehrkräften zu klassifizieren oder die bestehenden Klassifikationen aufzugreifen (Abell, 2007). Andere Arbeitsgruppen haben sich im Rahmen der naturwissenschaftsbezogenen Lehrerkognitionsforschung schwerpunktmäßig mit der Analyse von Unterrichtsplanung beschäftigt (z. B. Davies & Rogers, 2000), in der man sich üblicherweise nicht auf Shulman oder das fachspezifisch-pädagogische Wissen bezieht. Dennoch werden in diesen Studien, in denen man die Planung von Unterricht und verschiedene Einflussgrößen auf den Planungsprozess untersucht, implizite Annahmen über das Wissen von Lehrkräften getroffen (Abell, 2007). Andere Arbeitsgruppen dagegen haben versucht, einen Bogen von der Forschung zur Planung von Unterricht zu Shulmans Kategorien des Lehrerwissens zu schlagen,

indem sie das fachspezifisch-pädagogische Wissen über die Analyse von Unterrichtsplanungen erfassen und analysieren (de Jong, 2000; Peterson & Treagust, 1995; van der Valk & Broekman, 1999). Besonders die Studie von Peterson und Treagust (1995) gibt hier allerdings Hinweise darauf, dass die alleinige Betrachtung von Unterrichtsplanungen nicht ausreicht, um das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften umfassend zu erfassen. Neben diesen kurz skizzierten Forschungssträngen, die sich nicht unmittelbar in den von Shulman (1986b, 1987) aufgespannten theoretischen Rahmen einordnen lassen, identifiziert Abell (2007) eine weitere Schwierigkeit in der bestehenden Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen, indem sie beschreibt, dass selbst die Arbeiten, die den Begriff des fachspezifisch-pädagogischen Wissens direkt aufgegriffen haben, sich nur selten in der bestehenden Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen verorten und somit kaum Bezüge zu bestehenden Theorien herstellen. So wird der Begriff des fachspezifisch-pädagogischen Wissens oft sehr generell über mehrere Unterfacetten hinweg verwendet, ohne explizit zu machen, was genau unter fachspezifisch-pädagogischem Wissen für den Bereich der Naturwissenschaften verstanden wird. Andere Arbeitsgruppen beziehen sich zwar auf Shulmans (1986b, 1987) Konzeption des professionellen Lehrerwissens, führen aber neue Bezeichnungen wie „activities that work“ (Appleton, 2002), „pedagogical content concerns“ (de Jong, 2000, S. 128) oder „pedagogical context knowledge“ (Barnett & Hodson, 2001, S. 436) ein. Abell (2007, S. 1134) hinterfragt kritisch, ob diese Variationen wirklich gebraucht werden, um das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften zu verstehen. Sie plädiert für die stärkere Berücksichtigung der bereits bestehenden Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen und das Zugrundelegen eines gemeinsamen theoretischen Rahmens, um eine kohärente Konzeption des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften zu etablieren.

Dieses Plädoyer aufgreifend, soll nun ein Modell des fachspezifisch-pädagogischen Wissens vorgestellt werden, das in engem Einklang mit den aus dem allgemeinen Stand der Forschung zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen extrahierten Rahmenpunkten des Konstruktes steht. Dies ist das Modell von Magnusson, Krajcik und Borko (1999) das im Kapitel 2.3.2.2 bereits skizziert wurde. Das Modell erlaubt es auch, bestehende Forschungsarbeiten aus dem Bereich der Naturwissenschaften systematisch einzuordnen. Daher sollen ausgewählte Forschungsergebnisse zu den definierten Unterfacetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in die Vorstellung des Modells integriert werden. In Anschluss an die Vorstellung des Modells wird die Idee zur Bildung einer Taxonomie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, die von Veal und Kollegen (Veal & Kubasko, 2003; Veal & MaKinster, 1999) für den Bereich der Naturwissenschaften entwickelt wurde, in einem ersten Schritt vorgestellt und dann in einem weiteren Schritt auf das Modell von Magnusson et

al. (1999) übertragen, um zu einer Arbeitsdefinition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften für die vorliegende Arbeit zu gelangen.

2.3.3.1 Ein Modell zum naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften

In ihrem Modell kennzeichnen Magnusson et al. (1999) das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen zunächst über eine Beschreibung des Konstruktes.

We describe pedagogical content knowledge as the *transformation* of several types of knowledge for teaching (including subject matter knowledge), and that as such it represents a unique domain of teacher knowledge. [...] Pedagogical content knowledge is a teacher's understanding of how to help students understand specific subject matter. It includes knowledge of how particular subject matter topics, problems, and issues can be organized, represented and adapted to the diverse interests and abilities of learners, and then presented for instruction. (S. 95-96)

Damit definieren sie das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen in Übereinstimmung mit dem in der Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen bestehenden Konsens darüber, dass diese eigenständige Facette des professionellen Lehrerwissens die Transformation von Wissen unterschiedlicher Herkunft für den Vorgang des Unterrichtens ist und in einem interdependenten Verhältnis zu den anderen Komponenten des Lehrerwissens steht. Darüber hinaus konzeptualisieren Magnusson et al. (1999) das fachspezifisch-pädagogische Wissen ebenfalls über die Beschreibung von separaten Unterfacetten. Dazu spezifizieren sie den von Grossman (1990) vorgeschlagenen Gliederungsansatz für den Bereich der Naturwissenschaften und erweitern diesen um eine weitere Komponente, die sie aus Tamirs (1988) Konzeption ableiten und beschreiben so fünf Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens für den Bereich der Naturwissenschaften.

In einer ersten Komponente beschreiben Magnusson et al. (1999) in Anlehnung an Grossman (1990) „overarching conceptions of teaching a particular subject“ oder auch, bereits auf die Naturwissenschaften bezogen „orientations toward science teaching and learning“ (Magnusson, et al., 1999, S. 97). Diese Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens repräsentiert *allgemeine Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften*. Es handelt sich dabei um z. T. normativ geprägte, weitgehend situationsübergreifende, mehr oder weniger zeitlich stabile prototypische und oft sozial geteilte Vorstellungen über das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften (Kleickmann, 2008). Zur Beschreibung der inhaltlichen Ausprägung dieser Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften werden neun prototypische Vorstellungen von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften beschrieben (activity-driven, didactic, discovery, conceptual change, process, academic rigor, project-based science, inquiry und guided inquiry),

die hinsichtlich der mit ihnen verbundenen Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht und der Implikationen, die sich für die Gestaltung von Unterricht aus den jeweiligen Vorstellungen heraus ergeben, unterschieden werden können (Anderson & Smith, 1987; Magnusson, et al., 1999; Smith & Neale, 1991). Dabei wird betont, dass eine beliebig gewählte Unterrichtsstrategie wie z. B. der Einsatz von Versuchen, hinsichtlich der Gestaltung des Unterrichts charakteristisch für unterschiedliche Vorstellungen sein kann (z. B. discovery, conceptual change und guided inquiry) und daher das Ziel, mit dem diese Strategie eingesetzt wird, für die Abgrenzung der Vorstellungen untereinander entscheidend ist. Auf die so von Magnusson et al. (1999) beschriebenen Vorstellungen soll an dieser Stelle inhaltlich nicht weiter eingegangen werden, da für den Rahmen der vorliegenden Arbeit der von Kleickmann (2008) herausgearbeitete Überblick über die speziell bei Grundschullehrkräften bestehenden typischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften interessanter erscheint. Mit Hilfe einer Analyse der vorliegenden Studien identifiziert er insgesamt zehn prototypische Vorstellungen von Grundschullehrkräften. Dabei beschreibt er fünf Vorstellungen, die durch Betonung der Notwendigkeit einer aktiven Umstrukturierung vorhandener Vorstellungen seitens der Schüler (*Conceptual Change*), wegen der Hervorhebung der Bedeutung von Anwendungsbezügen (*anwendungsbezogenes Lernen*), des Vorhandenseins einer Motivation zur Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen (*motiviertes Lernen*) und eines diskursiven Aushandeln der Vorstellungen der Schüler (*Diskussion von Schülervorstellungen*) sowie der Bedeutung der Unterstützung der Lernprozesse der Schüler durch prozessbezogene Hilfestellungen und allgemeine Strukturierungsmaßnahmen (*angeleitetes Lernen*) in Übereinstimmung mit zentralen Aspekten der aktuellen Ansätze zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen stehen (Kleickmann, 2008, S. 74; siehe auch Kap. 2.1.4). Darüber hinaus werden zwei Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften identifiziert, die als konträr zu den beschriebenen Ansätzen der naturwissenschaftsbezogenen Unterrichtsforschung stehen. Das betrifft die Vorstellungen, in denen Lehrkräfte die direkte Vermittlung von Wissen als Aufgabe der Lehrkraft (*Transmission*) und Handlungserfahrungen am konkreten Material als hinreichende Bedingung für das naturwissenschaftliche Lernen (*Praktizismus*) betonen (Kleickmann, 2008, S. 74). Als weitere, den bestehenden Ansätzen zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen indifferent gegenüberstehende Vorstellungen werden die Betonung des Entwickelns von eigenen Ansätzen zur Deutung von Naturphänomenen bzw. eigener Erklärungsansätze zu naturwissenschaftlichen Problemstellungen (*eigene Deutungen*) sowie die Notwendigkeit des Aufgreifens der Interessen von Schülern (*allgemeine Schülerorientierung*) identifiziert (Kleickmann, 2008, S. 75). Den Stand der unterschiedlichen Forschungsarbeiten zusammenfassend stellt Kleickmann (2008) fest, dass Vorstellungen zum Lehren und Lernen als Conceptual Change von Grundschullehrkräften eher selten vertre-

ten werden, während sowohl die Vorstellung Transmission als auch die als Praktizismus bezeichnete Vorstellung neben den Vorstellungen zur Entwicklung eigener Deutungen und einer allgemeinen Schülerorientierung relativ stark verbreitet sind (S. 74-75). Interessant anzumerken ist, dass Lehrkräfte auch multiple, aus einer Außenperspektive betrachtet, sich zum Teil widersprechende Vorstellungen zum Lehren und Lernen haben können (Pajares, 1992; Smith & Neale, 1989). Genau wie Magnusson et al. (1999) aufgrund ihrer theoretischen Überlegungen folgern, schließen auch Kleickmann (2008) aufgrund seiner Analyse der Studien zum Verhältnis von allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen und dem unterrichtlichen Handeln von Lehrkräften sowie Lantz und Kass (1987) und Lemberger, Hewson und Park (1999) aufgrund der Ergebnisse ihrer empirischen Fallstudien, dass die zuvor beschriebenen allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften als „conceptual map“ (Magnusson, et al., 1999, S. 97) eine organisierende Funktion für das fachspezifisch-pädagogische Wissen insgesamt und damit auch für das unterrichtliche Handeln übernehmen. Vor diesem Hintergrund nimmt diese Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften eine übergeordnete Position ein, unter der die übrigen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angeordnet werden (Magnusson, et al., 1999, S. 99).

Als zweite Komponente beschreiben Magnusson und Kollegen (1999) *Wissen über naturwissenschaftliche Curricula* und nehmen damit einen Inhaltsbereich auf, der starke Überschneidungen mit dem bei Shulman (1987) und auch bei Bromme (1997) beschriebenen curricularen Wissen aufweist, welches eine separate Facette des professionellen Lehrerwissens darstellt (Kleickmann, 2008). In Anlehnung an Grossman (1990) wird diese Komponente aber so fachspezifisch, d. h. auf die Naturwissenschaften bezogen, beschrieben, dass sie als Teil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angesehen werden kann. Das Wissen über naturwissenschaftliche Curricula enthält zum einen Wissen über Zielsetzungen, die mit naturwissenschaftlichem Unterricht zu einzelnen Themen in einem Schuljahr verfolgt werden und Wissen über Möglichkeiten der *vertikalen Vernetzung*, d. h. Wissen über die in den vorhergegangenen und später folgenden Schuljahren bearbeiteten Themen und Ziele. Zum anderen enthält diese Komponente Wissen über spezifische naturwissenschaftliche Curricula. Damit sind für das Unterrichten der Naturwissenschaften relevante Programme und Materialien gemeint, aber auch die klassischen Lehrpläne für das jeweilige Unterrichtsfach, die den Schulen vorgegeben werden. Dabei sollen Lehrkräfte nicht nur über die aktuellen Lehrpläne, Programme und Materialien informiert sein, sondern auch mit der jeweiligen Entwicklung des Faches einschließlich vorheriger Programme, deren Ziele und Implikationen für die Gestaltung von Unterricht vertraut sein. Für den Bereich der Grundschule werden Kenntnisse über „SCIIS“ (Science Curriculum Improvement Study) aus den 1960er Jahren oder „Insights“ aus den 1980er Jahren angeführt,

die um Wissen über europäische Programme wie z. B. „SAPA“ (Science – A process approach) aus England oder landeseigene Lehrplanentwicklungen ergänzt werden können. Die Bedeutung dieser Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens wird darin gesehen, dass sie es Lehrkräften erlaubt, Kernideen in den vorgegebenen Curricula und Lehrplänen zu identifizieren und damit einhergehend periphere Aspekte im Hinblick auf das Verstehen dieser Kernideen zu extrahieren (Park & Oliver, 2008). Diese Fähigkeit zur Findung einer Balance zwischen den vorgegebenen Unterrichtsinhalten und der Entscheidung, was genau wie zu lehren, um Schülern das Verstehen von Konzepten zu ermöglichen, benennen Geddis und Kollegen mit „curricular saliency“ (Geddis, Onslow, Beynon, & Oesch, 1993, S. 588). Man nimmt an, dass dieses Wissen über die Auswahl oder Anpassung von Unterrichtsmaterialien das unterrichtliche Handeln beeinflusst (Park & Oliver, 2008). Die Studie von Peterson und Treagust (1995) konnte diese Vermutung stützen, indem sie zeigte, dass Lehramtsstudierende unter entsprechender Anleitung das Wissen über naturwissenschaftliche Curricula in die Planung und Durchführung von Unterricht integrieren. Während es in Hinblick auf die Zielsetzungen, die von Lehrkräften mit naturwissenschaftlichem Unterricht verfolgt werden, international gesehen relativ viele Forschungsarbeiten gibt, die sich zwar nicht direkt mit dem Wissen über Zielsetzungen, sondern mit ihrer relativen Bedeutung befassen (für einen Überblick siehe Abell, 2007, S. 1129), ist das Wissen von Lehrkräften über spezifische naturwissenschaftliche Curricula recht wenig erforscht. Diese Tatsache scheint angesichts der hohen Steuerungsfunktion, die Lehrplänen und Curricula zugesprochen werden und angesichts des hohen Aufwandes, mit dem Lehrpläne, Curricula und aktuell Bildungsstandards entwickelt werden, überraschend.

Die dritte Komponente des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens wird von Magnusson et al. (1999) mit *Wissen über naturwissenschaftliches Verständnis von Schülern* überschrieben. Diese Facette beinhaltet zum einen *Wissen über Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens* und zum anderen *Wissen über potentielle Lernschwierigkeiten* der Schüler. Wissen über Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens umfasst Wissen über die vor dem Unterricht bestehenden Schülervorstellungen zu naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren. Für den Bereich dieses Wissens der Schüler, insbesondere des vorunterrichtlichen Wissens, spricht man u.a. von Präkonzepten (Möller, 1999; Wodzinski, 1996), deren Bedeutung für das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in Kapitel 2.1.3 dargelegt wurde. Ebenfalls zum Bereich Wissen über Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens wären Wissen über Schülervorstellungen vom Wesen der Naturwissenschaften und über notwendiges Vorwissen und notwendige Vorkenntnisse, die Schüler für das Verständnis eines speziellen naturwissenschaftlichen Phänomens oder das Ausführen von bestimmten Prozeduren, wie z. B. das Messen von Temperaturen oder Interpretieren von Daten, benötigen, zu zählen. Das Wissen über die bei Schülern vor dem Unterricht bestehenden

Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren kann auch zur zweiten Unterfalte dieses Wissens, nämlich dem Wissen über Lernschwierigkeiten, gezählt werden, da diese Vorstellungen dem Aufbau eines sachlich angemessenen Verständnisses von naturwissenschaftlichen Konzepten entgegenstehen und diesen somit behindern können (Wandersee, et al., 1994). Vor diesem Hintergrund sollten Lehrkräfte die typischen Schülervorstellungen zu den von ihnen unterrichteten Themen sowie die daraus eventuell resultierenden Lernschwierigkeiten kennen, um die Aussagen und Handlungen ihrer Schüler in Hinblick auf die Entwicklung des Verständnisses von Konzepten und Verfahren interpretieren zu können. Dabei ist zwischen Wissen über typische Schülervorstellungen und dem Wissen über Vorstellungen der konkreten Schüler einer unterrichteten Klasse zu unterscheiden (Kleickmann, 2008). Letzteres wird von einigen Autoren dem sog. Kontextwissen zugeschrieben (Carlsen, 1999; Grossman, 1990; Morine-Dershimer & Kent, 1999). Barnett und Hodson (2001) sprechen von fachspezifisch-pädagogischem Kontextwissen. Das Wissen über Lernschwierigkeiten beinhaltet darüber hinaus auch Wissen über Lernschwierigkeiten, die den naturwissenschaftlichen Themen selbst innewohnen, sog. sachbedingte Lernschwierigkeiten (Wodzinski, 2004). Diese sachlogischen Barrieren sind zum einen mit dem hohen Abstraktionsgrad der naturwissenschaftlichen Konzepte zu erklären (Duit, et al., 2007; Magnusson, et al., 1999; Wodzinski, 2004). Zum anderen resultieren diese sachimmanenten Lernschwierigkeiten aber auch durch die in einer Gesellschaft etablierte Alltagssprache, in der Formulierungen verwendet werden, die einem sachlich angemessenem Verständnis von Konzepten entgegenstehen und so wiederum zur Entstehung von Fehlkonzepten beitragen können (Driver, Asoko, Leach, Scott, & Mortimer, 1994).

Eine wichtige Voraussetzung für das Identifizieren dieser in der sachlogischen Struktur begründeten Lernschwierigkeiten sowie zur Identifikation von Schülerfehlvorstellungen scheint ein relativ elaboriertes fachspezifisches Wissen der Lehrkräfte zu sein. So haben Berg und Brouwer (1991) in einer Interviewstudie mit 20 Physiklehrkräften über bei Schülern vorkommende Fehlvorstellungen hinsichtlich der Themen Kraft und Schwerkraft gezeigt, dass die einzelnen Lehrer nur sehr wenige der typischen Fehlkonzepte von Schülern nennen konnten und dabei ein Drittel der befragten Lehrkräfte (7 von 20) selbst Fehlvorstellungen zu diesen Themen hatte. Auch Smith und Neale (1989) befragten Grundschullehrkräfte zu ihrem Wissen über typische Schülervorstellungen zum Thema Licht. Sie fanden heraus, dass die Schülerfehlvorstellungen, die die Lehrkräfte in diesem Bereich nicht adäquat erkannten, die waren, über die sie selbst verfügten. Diese Befunde werden von einer aktuellen Studie aus Malaysia untermauert. Auch Halim und Meerah (2002) fanden durch eine schriftliche Erhebung des Wissens von angehenden Lehrkräften über Schülervorstellungen und ergänzende Interviews heraus, dass die befragten angehenden Lehrkräfte mit Schwächen im fachlichen Verständnis einzelner naturwissenschaftlicher Konzepte weniger alternative Schülervorstellungen

gen zu diesen Konzepten kannten und genau diese ihnen nicht bekannten alternativen Vorstellungen oft selbst innehatten. Will man den Stand der Forschung zum Wissen von Lehrkräften über das Wissen von Schülervorstellungen zusammenfassen, so kann man festhalten, dass Lehrkräfte, insbesondere zu Beginn ihrer beruflichen Karriere, nicht viele der typischen Schülervorstellungen zu naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren kennen (Berg & Brouwer, 1991; Halim & Meerah, 2002; Meyer, 2004; Morrison & Lederman, 2003; Nussbaum, 1981; Smith & Neale, 1989; für Deutschland: Wilhelm, 2008). Darüber hinaus haben Studien in diesem Bereich gezeigt, dass Lehrkräfte, die Wissen über die typischen Schülervorstellungen haben und ihnen Bedeutung zusprechen, die Schülervorstellungen im Unterricht dennoch nicht berücksichtigen (Halim & Meerah, 2002; Morrison & Lederman, 2003). Auch Smith und Neale (1989) fanden heraus, dass die Kenntnis über typische Schülervorstellungen nicht automatisch zu einer angemessenen und effektiven Reaktion von Lehrkräften auf die von Schülern geäußerten Vorstellungen im Unterricht führt. Dennoch wird das Wissen über diese Schülervorstellungen als notwendige Voraussetzung angesehen, um Schülern im Unterricht durch die Berücksichtigung und das Aufgreifen ihrer Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren den Aufbau eines sachlich angemessenen Verständnisses zu ermöglichen.

Eine weitere Komponente des naturwissenschaftsbezogenen, fachspezifisch-pädagogischen Wissens beinhaltet *Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien*. Diese Wissensfacette enthält wiederum zwei Bereiche, zum einen *Wissen über fachspezifische Lehrstrategien* und zum anderen *Wissen über themenspezifische Lehrstrategien* zur unterrichtlichen Umsetzung der naturwissenschaftlichen Lerninhalte (Magnusson, et al., 1999). Fachspezifische Lehrstrategien sind Konzeptionen für die Gestaltung von naturwissenschaftlichem Unterricht, die generell auf das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen bezogen sind. Im Bereich der Naturwissenschaften bestehen diese fachspezifischen Instruktionsstrategien zumeist aus drei oder vier aufeinander aufbauenden Phasen, durch deren Abfolge der Unterricht dann gekennzeichnet ist. Beispiele für solche fachspezifischen Lehrstrategien wären z. B. der „learning cycle“ als praktische Umsetzung des „science inquiry“-Ansatzes (Appleton, 2007), der eine Abfolge aus Problembestimmung, -exploration, dem Ziehen von Schlussfolgerungen und ggf. einer Wissensanwendung vorsieht (Treagust, 2007) oder Conceptual Change-Strategien, die diese Phasen, wie in Kapitel 2.1.4 beschrieben, z. B. um das Eruiere oder Hervorlocken der vor dem Unterricht bestehenden Schülervorstellungen (Cosgrove & Osborne, 1985) und das Präsentieren von unerwarteter Evidenz zum Auslösen eines kognitiven Konfliktes (Nussbaum & Novick, 1982) ergänzen (Magnusson, et al., 1999). Wissen über themenspezifische Lehrstrategien bezieht sich auf das Unterrichten von einzelnen naturwissenschaftlichen Themen und umfasst Wissen über *instruktionale Aktivitäten* und *Wissen über Repräsentationen*, mit deren Hilfe

Schüler beim Verstehen von naturwissenschaftlichen Konzepten unterstützt werden sollen. Der Bereich Wissen über Repräsentationsformen bezieht sich auf Illustrationen, Modelle, Beispiele oder Analogien, mit denen bestimmte naturwissenschaftliche Konzepte, Zusammenhänge oder Verfahren dargestellt werden können. Neben Wissen über unterschiedliche Repräsentationsformen zu spezifischen Themen beinhaltet diese Unterfacette auch Wissen über die jeweiligen Stärken und Schwächen der spezifischen Repräsentationen (Magnusson, et al., 1999). Das Wissen über instruktionale Aktivitäten beinhaltet u.a. Wissen über geeignete unterrichtliche Aktivitäten wie Schülerexperimente, Demonstrationen, Langzeitbeobachtungen, Simulationen o.ä., aber auch Wissen über die themenspezifische Realisation der oben beschriebenen fachspezifischen Lehrstrategien (z. B. bei der Conceptual Change-Strategie die Umsetzung der sog. Konfliktstrategie bezogen auf ein bestimmtes Thema). Diese Unterfacette beinhaltet nicht nur Wissen über diese möglichen instruktionalen Aktivitäten, sondern auch Wissen über ihre jeweilige „conceptual power“ (Magnusson, et al., 1999, S. 113), d. h. Wissen darüber, inwieweit die gewählte Aktivität Aspekte des zu repräsentierenden naturwissenschaftlichen Konzepts widerspiegelt bzw. verdeutlicht oder eventuell verschleiert und sachlich unangemessene Vorstellungen hervorruft bzw. verstärkt.

Auch für das Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien werden Interaktionen mit Wissen aus anderen Domänen des professionellen Lehrerwissens und des fachspezifisch-pädagogischen Wissens selbst angenommen (Magnusson, et al., 1999). Für den Bereich der fachspezifischen Lehrstrategien haben insbesondere Studien zu Lehrerfortbildungsmaßnahmen gezeigt, dass die Fähigkeit bestimmte Lehrstrategien im Unterricht ein- und umzusetzen möglicherweise von Wissen in anderen Domänen abhängig ist. So haben z. B. Anderson und Smith (1987) herausgefunden, dass eine Verbesserung im Bereich des Wissens über das naturwissenschaftliche Verständnis von Schülern (als Teil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens) sowie ein erhöhtes fachspezifisches Wissen zu einer Veränderung der eingesetzten Lehrstrategien weg von traditionellen transmissiven Strategien hin zu Conceptual Change-Strategien beeinflussen kann. Andersherum konnte in empirischen Studien gezeigt werden, dass ein Mangel an fachspezifischem oder pädagogischem Wissen mit dem ineffektiven Einsatz von fachspezifischen Lehrstrategien zusammenhängt (für das fachspezifische Wissen (Smith & Neale, 1989); für das pädagogische Wissen (Marek, Eubanks, & Gallaher, 1990)). Darüber hinaus gibt es auch Hinweise darauf, dass die Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach (hier als erste Komponente des fachspezifisch-pädagogischen Wissens vorgestellt) eine steuernde Rolle bezüglich der Umsetzung und des Einsatzes von fachspezifischen Lehrstrategien einnehmen und dieses Wissen somit beeinflussen. So konnte schon in mehreren Studien belegt werden, dass Lehrkräfte ihnen im Rahmen von Fortbildungsmaßnahmen vorgestellte Lehrstrategien nicht umsetzen, wenn ihre Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach konträr zu den Prä-

missen der neuen zu erlernenden Lehrstrategie stehen (Cronin-Jones, 1991; Mitchener & Anderson, 1989). Auch Hasweh (1996) fand heraus, dass Lehrkräfte, die konstruktivistisch orientierte Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften halten, ein vergleichsweise größeres Repertoire an Lehrstrategien haben und die potentiell effektiveren Strategien zur Unterstützung der konzeptuellen Veränderung bei Schülern eher nutzen als Lehrkräfte, die traditionelle Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften halten. Die Ergebnisse von Kleickmann, Vehmeyer und Möller (2010) zu einer Untersuchung zum Zusammenhang von Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften und dem Einsatz von strukturierenden Maßnahmen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule zeigen ebenfalls, dass Lehrervorstellungen, denen zufolge naturwissenschaftliches Lernen als eine Veränderung bereits bestehender Vorstellungen zu verstehen ist, in substantiellem und positivem Zusammenhang mit dem Einsatz von strukturierenden und problematisierenden Lehrstrategien im Sinne des Scaffolding (vgl. Kap. 2.1.4) stehen. Insgesamt untermauern diese kurz skizzierten Ergebnisse die Vermutung, dass das Wissen über fachspezifische Lehrstrategien mit den Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften interagiert. Für den Bereich der themenspezifischen Lehrstrategien, also dem Wissen über Repräsentationen und unterrichtliche Aktivitäten, scheint insbesondere das fachspezifische Wissen eine Voraussetzung dafür zu sein, bestimmte naturwissenschaftliche Konzepte, Zusammenhänge oder Verfahren so darzustellen, dass das Verständnis der Schüler unterstützt wird (Magnusson, et al., 1999). Darauf geben insbesondere Studien, die Lehrkräfte innerhalb und außerhalb ihres fachlichen Expertisegebietes beobachten, Hinweise. So haben Tobin, Tippins und Gallard (1994) in einer Zusammenfassung von neun Fallstudien über australische Primar- und Sekundarlehrkräfte herausgearbeitet, dass Lehrkräfte im Unterricht oft Erklärungen und Analogien einsetzen, die alternative Schülervorstellungen hervorrufen oder bestärken, wenn sie außerhalb ihres Expertisegebietes, also ihres Faches, unterrichten. Auch Hashweh (1987) fand heraus, dass Lehrkräfte, außerhalb ihres Fachgebietes Schülern im Unterricht häufiger ungeeignete und irreführende Repräsentationen in Form von Analogien und Beispielen anbieten. Dagegen beobachtete er ebenfalls, dass Lehrkräfte innerhalb ihres Expertisefeldes, in dem sie fachspezifisches Wissen haben, viel eher in der Lage sind, Aktivitäten, die durch das Lehrmaterial vorgegeben werden, zu modifizieren, zu selektieren und ggf. durch eigens erdachte geeignete Aktivitäten zu ergänzen. Sanders, Borko und Livingston (1993) berichten ebenfalls von Problemen von Lehrkräften im Umgang mit Repräsentationen fachlicher Konzepte außerhalb des Faches, in dem sie gewöhnlich unterrichten. Außerhalb ihres Expertisegebietes konnten Lehrkräfte ihren Schülern bei Rückfragen weder detailliertere noch alternative Repräsentationen präsentieren. Darüber hinaus waren diese Lehrkräfte auch nicht in der Lage, durch das Lehrmaterial vorgegebene Schüleraktivitäten oder Demonstrationsex-

perimente auf ihre Eignung oder Durchführbarkeit hin zu beurteilen. Auch wenn Smith und Neale (1989) in ihrer Studie zeigen konnten, dass das Wissen über geeignete unterrichtliche Repräsentationen und Aktivitäten zwar generell durch Fortbildungsmaßnahmen gesteigert werden kann, so zeigte sich auch in ihrer Studie, dass im Anschluss an die Fortbildung nur die Lehrkraft mit fundiertem fachlichem Wissen in der Lage war, über die in der Fortbildung adressierten Repräsentationen hinaus eigene geeignete Formen von Repräsentationen und unterrichtlichen Aktivitäten zu entwickeln und anzuwenden. Studien, die die von Lehrkräften eingesetzten Repräsentationen oder das Wissen über diese direkt untersuchen, zeigen zusätzlich, dass die von Lehrkräften vorgeschlagenen oder eingesetzten Analogien oftmals sachlich inadäquat sind und Fehlkonzepte beinhalten (Dagher & Cossman, 1992; Halim & Meerah, 2002). Dabei scheint es einen Unterschied zu machen, ob es sich um Analogien zu einem naturwissenschaftlichen Prozess oder zu einer naturwissenschaftlichen Struktur handelt. Nottis und McFarland (2001) haben in einer Befragung von 60 angehenden Lehrkräften im Primar- und Sekundarbereich herausgefunden, dass es Lehrkräften deutlich schwerer fällt, Analogien zur Verdeutlichung eines Prozesses zu konstruieren. Wenn Lehrkräfte Analogien zu Prozessen konstruieren konnten, so transportierten diese weitaus häufiger Fehlvorstellungen. Alle diese Studien geben Hinweise darauf, dass das Wissen über Repräsentationen und unterrichtliche Aktivitäten stark vom fachspezifischen Wissen abhängig ist. Darüber hinaus deuten Studien aber auch auf einen Einfluss der Unterrichtserfahrung hin. So haben Clermont, Borko und Krajcik (1994) zeigen können, dass Lehrkräfte mit langjähriger Erfahrung im Einsatz von Demonstrationen im Chemieunterricht über ein größeres Repertoire an geeigneten Repräsentationen und Strategien zur Demonstration spezifischer chemischer Konzepte verfügen und diese flexibler einsetzen können als Novizen, die über wenig Erfahrung im Einsatz von Demonstrationen verfügen. Darüber hinaus können diese als Experten bezeichneten Lehrkräfte in ihnen vorgespielten Videoauszügen die Komplexität der unterschiedlichen vorgeführten Demonstrationen besser einschätzen, dazu Alternativen vorschlagen, fehlerhafte und verwirrende Erklärungen eher entdecken und antizipieren, zu welchen Fehlinterpretationen diese aufseiten der Schüler führen können. Dass die Erfahrung im Lehrberuf alleinig aber kein ausschlaggebendes Kriterium für die Entwicklung von Wissen über themenspezifische Lehrstrategien ist, zeigen Studien, in denen auch das Wissen von erfahrenen Lehrkräften über Lehrstrategien als defizitär beschrieben wird (Berg & Brouwer, 1991; de Jong, Acampo, & Verdonk, 1995). Fasst man den Stand der Forschung zu dieser Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens zusammen, so scheint insbesondere das fachspezifische Wissen eine Voraussetzung für das Wissen über geeignete naturwissenschaftliche Lehrstrategien zu sein.

Als letzte Komponente greifen Magnusson et al. (1999) einen Inhaltsbereich des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auf, der auf Tamir (1988) zurückzuführen ist und sich in der Gross-

man'schen Gliederung (1990) noch nicht findet: Diese Komponente beinhaltet *Wissen über die Erfassung und Bewertung von Lernleistungen der Schüler* und setzt sich aus Wissen über zu bewertende Dimensionen naturwissenschaftlichen Lernens und Wissen über konkrete Methoden zur Erfassung und Bewertung von als relevant erachteten Dimensionen des Lernens der Schüler zusammen. Lehrkräfte sollten also für die einzelnen Themen wissen, welche möglichen Aspekte des Erlernten z. B. in Hinblick auf das Konzept der Scientific Literacy, der naturwissenschaftlichen Grundbildung, evaluiert werden können (Magnusson, et al., 1999). Zu nennen wären hier exemplarisch das Wissen über Denk- und Arbeitsweisen in den Naturwissenschaften, konzeptuelles Verständnis grundlegender naturwissenschaftlicher Konzepte und deren Verknüpfung untereinander sowie prozedurales Wissen über das Durchführen von naturwissenschaftlichen Versuchen zum Erkenntnisgewinn (Bybee, 1997, 2002). Darüber hinaus sollten Lehrkräfte aus einem Repertoire an ihnen bekannten Methoden zur Erfassung und Bewertung der unterschiedlichen Dimensionen die passende Methode in Hinblick auf die gewählte Dimension auswählen können. So kann z. B. das Erfassen von konzeptuellem Verständnis über einen schriftlichen Test Sinn machen, während Wissen über das gezielte Durchführen von Versuchen zur Überprüfung von Hypothesen eher in praktischen Situationen oder computerbasierten Lernumgebungen erfasst werden sollte (Magnusson, et al., 1999).

Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet haben gezeigt, dass Lehrkräfte sich bei der Bewertung der Dimensionen zu größten Teilen auf die Evaluation der Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses beschränken und dafür auf selbst gestaltete oder im Lehrmaterial inbegriffene Tests zurückgreifen (Doran, Lawrenz, & Helgeson, 1994). Ob dies auf ein Defizit im Wissen über verschiedene Methoden oder auf ein Defizit im Wissen über die Notwendigkeit der Erfassung multipler Dimensionen des naturwissenschaftlichen Lernens zurückzuführen ist, ist unklar (Magnusson, et al., 1999). Fallstudien geben allerdings erste Hinweise darauf, dass das Wissen über die Erfassung und Bewertung naturwissenschaftlichen Lernens der Schüler mit den allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften verknüpft ist (Duffee & Aikenhead, 1992; Kamen, 1996).

Neben dem Formulieren dieser fünf spezifischen Unterfacetten zur näheren Definition des Konstruktes des fachspezifisch-pädagogischen Wissens definieren Magnusson und Kollegen (1999) das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen weiter in enger Anlehnung an den in der Literatur bestehenden Konsens, wenn sie sowohl in der Beschreibung der Unterfacetten als auch in ihrer Zusammenfassung die Themenspezifität dieses Wissens betonen und so den expliziten Bezug dieser Wissensdomäne zu spezifischen fachlichen Inhalten hervorheben:

Within each component, teachers have specific knowledge differentiated by topic, although they might not have similarly elaborated knowledge in each topic area. Effective teachers need to develop knowledge [...] with respect to all of the topics they teach. (S. 115)

Der letzte Punkt, über den in der Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen weitgehend Einigkeit herrscht, ist die Auffassung, dass es sich um ein dynamisches Konstrukt handelt. Trotz der Zerlegung des Konstruktes in mehrere Unterfacetten wird auch in den Ausführungen von Magnusson et al. (1999) deutlich, dass es sich um ein dynamisches Konstrukt handelt, da sie sowohl die hochgradige Vernetzung der Unterfacetten als auch die Vernetzung des gesamten Konstruktes mit den übrigen Facetten des professionellen Lehrerwissens betonen (S. 96, S. 115, S.117).

Obwohl auch alternative Modellierungen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften existieren (Barnett & Hodson, 2001; Loughran, et al., 2006), soll vor dem Hintergrund der von Abell (2007) geäußerten Kritik am uneinheitlichen Gebrauch des Terms das in diesem Kapitel vorgestellte Modell zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen für den Bereich der Naturwissenschaften als theoretisches Rahmenmodell für die vorliegende Untersuchung gewählt werden. Zum einen wurde es in enger Anlehnung an die bestehende Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen entwickelt. Darüber hinaus wurde dieses Modell als theoretischer Rahmen in einer Reihe von aktuellen Forschungsarbeiten und Überblicksartikeln im Bereich der naturwissenschaftlichen Unterrichtsforschung aufgegriffen, was darauf hindeutet, dass in der wissenschaftlichen Community Einigkeit über die beschriebenen Komponenten zu bestehen scheint (Abell, 2007; Appleton, 2008; Henze, van Driel, & Verloop, 2008; Lee & Luft, 2008; Park & Oliver, 2008). An diesen Stand der Forschung soll mit der vorliegenden Arbeit angeknüpft werden, indem das vorgestellte Modell, erweitert um die Taxonomie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens nach Veal und MaKinster (1999), die im folgenden Kapitel beschrieben wird, als theoretischer Rahmen für die vorliegende Untersuchung gewählt wird.

2.3.3.2 Taxonomie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens

Den bisherigen Stand der Forschung – nämlich das Definieren des fachspezifisch-pädagogischen Wissens über das Beschreiben von einzelnen Unterfacetten – aufgreifend und weiterführend, schlagen Veal und MaKinster (1999) eine Taxonomie zur hierarchischen Klassifizierung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Hinblick auf das Kriterium der Fachspezifität vor. Dabei beschreiben sie drei Kategorien des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, die sich im Grad der fachspezifischen Ausprägung unterscheiden: generelles, domänenspezifisches und themenspezifisches fachspezifisch-pädagogisches Wissen (siehe Abb. 3).

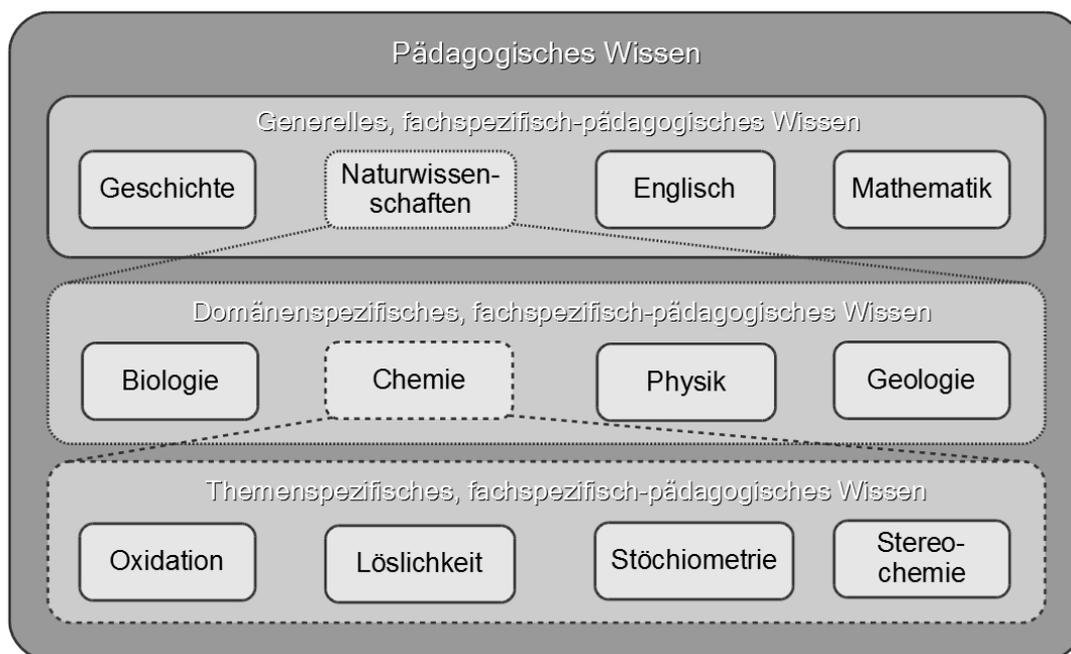


Abbildung 3: Taxonomie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Veal & MaKinster, 1999)

Das generelle fachspezifisch-pädagogische Wissen bildet in dieser Taxonomie die erste Ebene und umfasst Wissen über pädagogische Konzepte und Strategien, die auf das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen allgemein bezogen sind und sich von Konzeptionen und Strategien für Fächer wie Mathematik, Geschichte oder Sprachen abgrenzen. Veal und MaKinster (1999) würden das von Magnusson und Kollegen (1999) beschriebene Wissen über fachspezifische Lehrstrategien wie den Lernzirkel oder Conceptual Change-Strategien sowie die Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften in diese Kategorie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens einordnen, da Wissen bzw. eine Sichtweise auf Unterricht beschrieben wird, die generell auf die Naturwissenschaften bezogen sind und über mehrere Fächer in diesem Bereich hinweg gültig bleiben. Die zweite Ebene bildet das domänenspezifische fachspezifisch-pädagogische Wissen, das sich schon spezifischer auf einzelne fachliche Domänen im Gebiet der Naturwissenschaften bezieht. Dieses Wissen ist also auf bestimmte curriculare Fächer wie Physik, Chemie oder Biologie bezogen und beinhaltet Wissen über für das jeweilige Fach typische Arbeitsweisen und daraus abgeleitete unterrichtliche Zugänge. Während die Durchführung eines Versuches im Bereich der Chemie beispielsweise den Einsatz von Pipetten und Chemikalien für den Vorgang der Titration voraussetzt, werden für biologische Versuche Pflanzen oder Lebewesen seziiert. Obwohl in beiden Fällen naturwissenschaftliche Versuche durchgeführt werden, ergeben sich aus dem spezifischen Fach unterschiedliche Fragestellungen, Herangehensweisen und Zielsetzungen für den Unterricht, die in dieser Taxonomie als domänenspezifisches fachspezifisch-pädagogisches Wissen klassifiziert werden. Als dritte und somit spezifischste Ebene definieren Veal und MaKinster (1999) das themenspezifische fachspezi-

fisch-pädagogische Wissen. Jede Domäne innerhalb der Naturwissenschaften beschäftigt sich mit spezifischen Begriffen, Konzepten und Themen, die sich aus dem jeweiligen Fach ergeben. Auch wenn sich diese Bereiche überlappen, so wie z. B. beim Thema Thermodynamik, das sowohl von der Chemie als auch von der Physik bearbeitet wird, so hat jedes Fach eigene methodische Zugänge, Repräsentationen, Aktivitäten und sogar Theorien, um Schüler beim Verstehen dieser Themen zu unterstützen. Die von Magnusson und Kollegen (1999) beschriebenen themenspezifischen Lehrstrategien können als Wissen in diesem Bereich klassifiziert werden, da es Wissen über instruktionale Aktivitäten und Wissen über Repräsentationen umfasst, mit deren Hilfe Schüler beim Verstehen von spezifischen naturwissenschaftlichen Konzepten unterstützt werden sollen.

Veal und Kubasko (2003) haben die themenspezifische Struktur des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in einer qualitativen Fallstudie exploriert, indem sie das Thema Evolution von Lehrkräften mit unterschiedlichem fachlichen Hintergrund, nämlich der Biologie und der Geologie, unterrichten ließen. Durch Unterrichtsbeobachtungen und Interviews mit den beteiligten Lehrkräften fanden sie heraus, dass die Gestaltung des Unterrichts sich je nach dem zugrunde liegenden fachlichen Hintergrund der Lehrkräfte stark voneinander unterscheidet. So waren die untersuchten Lehrkräfte mit geologischem Hintergrund nicht in der Lage, Ideen der Genetik zur Unterstützung der Evolutionstheorie anzuführen. Die Autoren deuten diese Befunde als Hinweis darauf, dass sich die unterschiedlichen Denk- und Arbeitsweisen der naturwissenschaftlichen Fächer in Unterschieden im domänen- und themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissen manifestieren.

2.3.3.3 Ableiten einer Arbeitsdefinition des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens

Für die vorliegende Arbeit soll das fachspezifisch-pädagogische Wissen für den Bereich der Naturwissenschaft in enger Anlehnung an das zuvor vorgestellte Modell von Magnusson und Kollegen (1999) modelliert werden. Dafür wird das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen in einem ersten Schritt als Facette des professionellen Lehrerwissens und somit als subjektive mentale Repräsentation definiert, die nur das Wissen, nicht das Handeln von Lehrkräften umfasst. Das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen ist spezielles Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte, das über das rein fachliche Verständnis hinaus geht und Wissen über die Lehr- und Lernbarkeit von naturwissenschaftlichen Konzepten beinhaltet. Das entscheidende Merkmal des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ist die Transformation und Integration von Wissen aus dem Bereich der Naturwissenschaften sowie von pädagogischen Kenntnissen, aber auch der eigenen Lehr-/Lernerfahrung, die aufeinander bezogen und miteinander verschmolzen werden. Dieses so entstehende naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen ist

Wissen darüber, wie man naturwissenschaftliche Fachinhalte für die unterrichtliche Gestaltung in fruchtbare Lerngelegenheiten, die Schülern das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte ermöglichen, übersetzen kann. Dabei umfasst das fachspezifisch-pädagogische Wissen unterschiedliche Komponenten, die sich in Anlehnung an Veal und MaKinster (1999) im Grad ihrer Fachspezifität unterscheiden. Das dieser Arbeit zugrunde liegende Modell des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens soll, wie in Abbildung 4 verdeutlicht, durch folgende fünf Unterfacetten definiert werden:

- *Allgemeine Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften.* In Anlehnung an die Modellierungen von Magnusson und Kollegen (1999), Park und Oliver (2008) Fischler (2000), Kleickmann (2008) und Borko und Putnman (1996) sollen Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften als Bestandteil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens aufgefasst werden. Diese Facette repräsentiert eine generelle Sichtweise bzw. ein generelles Verständnis vom Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften und besteht aus normativ geprägten Vorstellungen über Lernvoraussetzungen und das Lernen der Schüler sowie über die Art und Weise der Gestaltung günstiger Lerngelegenheiten im Bereich der Naturwissenschaften. Wie aus dem Modell in Abbildung 4 hervorgeht, wird angenommen, dass die Vorstellungen zum Lehren und Lernen als übergeordnetes System als organisierender Rahmen für das fachspezifisch-pädagogische Wissen und für das unterrichtliche Handeln fungieren. Vor diesem Hintergrund nehmen sie eine übergeordnete Rolle ein und bilden das Dach, unter dem die übrigen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angeordnet werden.
- *Wissen über naturwissenschaftliche Curricula.* Das Wissen über naturwissenschaftliche Curricula enthält zum einen Wissen über Zielsetzungen, die mit naturwissenschaftlichem Unterricht zu einzelnen Themen in einem Schuljahr verfolgt werden und Wissen über Möglichkeiten der vertikalen Vernetzung, d. h. Wissen über die in den vorhergegangenen und folgenden Schuljahren bearbeiteten Themen und Ziele. Zum anderen enthält diese Komponente Wissen über spezifische naturwissenschaftliche Curricula. Damit sind für das Unterrichten der Naturwissenschaften relevanten Programme und Materialien gemeint, aber auch die klassischen Lehrpläne für das jeweilige Unterrichtsfach, die den Schulen vorgegeben werden.
- *Wissen über naturwissenschaftliches Verständnis von Schülern.* Diese Facette beinhaltet zum einen Wissen über Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens und zum anderen Wissen über potentielle Lernschwierigkeiten der Schüler. Wissen über Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens umfasst Wissen über die vor dem Unterricht bestehenden Schülervorstellungen zu naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren und Wissen über notwendi-

ges Vorwissen und Vorkenntnisse, die Schüler für das Verständnis eines speziellen naturwissenschaftlichen Phänomens oder das Ausführen von bestimmten Prozeduren benötigen. Das Wissen über die bei Schülern vor dem Unterricht bestehenden Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren kann auch dem Wissen über Lernschwierigkeiten zugeschlagen werden, da diese Vorstellungen dem Aufbau eines sachlich angemessenen Verständnisses von naturwissenschaftlichen Konzepten entgegenstehen können. Das Wissen über Lernschwierigkeiten beinhaltet darüber hinaus auch Wissen über sachbedingte Lernschwierigkeiten, die sich z. B. aus der Komplexität der Konzepte oder aus Formulierungen der Alltagssprache, die dem sachlichen angemessenen Verständnis entgegenstehen, ergeben.

- *Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien.* Diese Wissensfacette enthält im Gegensatz zum Modell bei Magnusson und Kollegen (1999) nur Wissen über themenspezifische Lehrstrategien zur unterrichtlichen Umsetzung der naturwissenschaftlichen Lerninhalte und keine fachspezifischen Lehrstrategien. Wissen über themenspezifische Lehrstrategien umfasst Wissen über instruktionale Aktivitäten und Wissen über Repräsentationen, mit deren Hilfe Schüler beim Verstehen von naturwissenschaftlichen Konzepten unterstützt werden sollen. Der Bereich Wissen über Repräsentationsformen bezieht sich auf Illustrationen, Modelle, Beispiele oder Analogien, mit denen bestimmte naturwissenschaftliche Konzepte, Zusammenhänge oder Verfahren dargestellt werden können. Das Wissen über instruktionale Aktivitäten beinhaltet u.a. Wissen über geeignete unterrichtliche Aktivitäten wie Schülerexperimente, Demonstrationen, Langzeitbeobachtungen, Simulationen o.ä.. Diese Unterfacette beinhaltet nicht nur Wissen über diese möglichen Repräsentationen und instruktionalen Aktivitäten, sondern auch Wissen über ihre jeweilige „conceptual power“ (Magnusson, et al., 1999, S. 113), d. h. Wissen darüber, inwieweit die gewählte Repräsentation oder Aktivität Aspekte des zu repräsentierenden naturwissenschaftlichen Konzepts widerspiegelt bzw. verdeutlicht oder eventuell verschleiert und sachlich unangemessene Vorstellungen hervorruft bzw. verstärkt.
- *Wissen über die Erfassung und Bewertung von Lernleistungen der Schüler.* Diese Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens setzt sich aus Wissen über zu bewertende Dimensionen naturwissenschaftlichen Lernens und Wissen über konkrete Methoden zur Erfassung und Bewertung von als relevant erachteten Dimensionen des Lernens der Schüler zusammen.

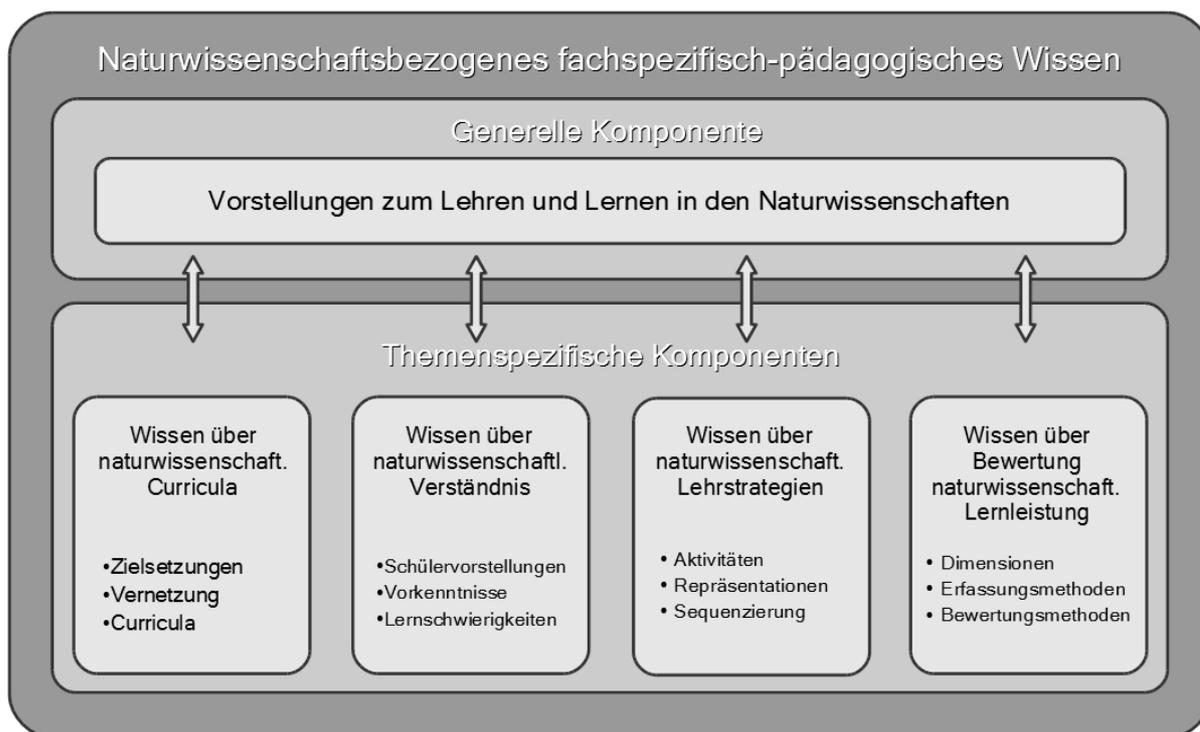


Abbildung 4: Modell des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich Naturwissenschaften (Magnusson, et al., 1999; Veal & MaKinster 1999; modifiziert)

Wie Abbildung 4 ebenfalls zeigt, wurden die Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in Anlehnung an die Taxonomie von Veal und MaKinster (1999) auf verschiedenen Ebenen modelliert. Da die allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften schon per Definition eine generelle Sichtweise auf das Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften darstellen (Kleickmann, 2008), soll diese Facette wie bei Veal und MaKinster (1999) beschrieben, als generelles, für den gesamten Bereich der Naturwissenschaften gültiges, fachspezifisch-pädagogisches Wissen angenommen werden. Die weiteren vier Komponenten sind dagegen auf bestimmte Inhalte innerhalb der Naturwissenschaften bezogen und sollen daher als themenspezifisches fachspezifisch-pädagogisches Wissen verstanden werden.

Die Vorschläge zur Erweiterung dieser Komponenten um Wissen über Ressourcen zur Ergänzung herkömmlicher Unterrichtsmaterialien (z. B. Wissen über außerschulische Lernorte), wie durch Lee und Luft (2008, S.1353) vorgeschlagen, oder die Ergänzung durch die emotionale Komponente der Selbstwirksamkeitserwartung, wie durch Park und Oliver (2008, S. 278) vorgeschlagen, sollen an dieser Stelle nicht aufgenommen werden. Während man das Wissen über Ressourcen eventuell dem Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien unterordnen könnte, wird das Konstrukt der Selbstwirksamkeit in der aktuellen Literatur zu Lehrerkognitionen nicht dem Professionswissen zugeordnet, sondern im Bereich der Überzeugungen als Teil eines Systems der motivationalen Orientierung bzw. der selbstbezogenen Kognitionen verortet (Bandura, 1997; Baumert & Kunter, 2006;

Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006; Calderhead, 1996; Lipowsky, 2006; Tschannen-Moran, et al., 1998). Die bisherige Forschung konnte zeigen, dass diese Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte mit Merkmalen des Lehrerhandelns korrespondieren (für einen Überblick Baumert & Kunter, 2006). Lehrkräfte mit hohen Selbstwirksamkeitserwartungen setzen sich z. B. höhere Ziele für das Unterrichten und verwenden mehr Zeit für die Planung von Unterricht (Tschannen-Moran, et al., 1998). Vor diesem Hintergrund liegt die Annahme nahe, dass die Selbstwirksamkeit der Lehrkräfte mit ihrem Professionswissen verknüpft ist, aber der Stand der Forschung lässt nicht darauf schließen, dass sie als Facette dem Professionswissen oder gar dem fachspezifisch-pädagogischen Wissens zugeordnet werden sollte. Die Selbstwirksamkeit wird vielmehr als wichtige Komponente der psychischen Regulationsfähigkeit von Lehrkräften gesehen (Tschannen-Moran & Hoy, 2001).

2.3.4 Befunde zum Zusammenhang von fachspezifisch-pädagogischem Wissen und dem Lernerfolg von Schülern

Obwohl man sich in der Literatur zur Unterrichtsforschung und Lehrerbildung einig zu sein scheint, dass neben dem generellen pädagogischen Wissen gerade auch die beiden fachbezogenen Komponenten des professionellen Lehrerwissens wichtige Determinanten für die Unterrichtsqualität und somit auch für leistungsbezogene Zielkriterien aufseiten der Schüler darstellen (Munby, et al., 2001), gibt es nur wenige Studien, in denen dieses Wissen direkt erfasst und die Bedeutsamkeit für die Unterrichtsqualität durch Zusammenhangsanalysen zu Zielkriterien empirisch überprüft wurde (Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006; Hill, Ball, Blunk, Goffney, & Rowan, 2007; Kleickmann, 2008; Peterson, Fennema, Carpenter, & Loef, 1989; Staub & Stern, 2002). Die meisten quantitativen Studien verwenden distale, d.h. indirekte Wissensindikatoren wie die staatliche Zertifizierung, den Grad der Abschlüsse oder die Zahl der besuchten Fachkurse (Zumwalt & Craig, 2005). Diese Indikatoren geben allerdings kaum Auskunft über Inhalt, Struktur oder Qualität des fachbezogenen Wissens, weshalb sie auch als informationsarm bezeichnet werden (Baumert & Kunter, 2006). Ferner ist der Erklärungsabstand zwischen diesen Indikatoren und den Unterrichtsprozessen selbst sowie den Lernfortschritten aufseiten der Schülern relativ groß, so dass der Wirkungspfad durch eine Reihe anderer Variablen beeinflusst wird (Baumert & Kunter, 2006; Lipowsky, 2006). Von diesen Studien mit distalen Indikatoren heben sich qualitative, aber auch quantitative Studien ab, die sich um eine spezifischere Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens bemühen. Besonders im Bereich der allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach, der für die vorliegende Untersuchung als Teil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens betrachtet wird (vgl. Kap. 2.3.3.3), liegen empirische Untersuchungen vor, die diese Vorstellungen direkt und

quantifizierbar erfasst und Zusammenhänge zu Maßen des Lernerfolgs seitens der Schüler untersucht haben. Auch wenn die meisten Untersuchungen im Fach Mathematik (Peterson, et al., 1989; Staub & Stern, 2002) stattgefunden haben, so gibt es auch erste Studien im Bereich der Naturwissenschaften (Kleickmann, 2008), in denen die Befunde repliziert werden konnten. Im Bereich der themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens zeigt sich ein etwas anderes Bild. Zwar liegen für unterschiedliche Fächer, besonders allerdings für das Fach Mathematik und den Bereich der Naturwissenschaften, viele qualitative Studien zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens vor, die wertvolle und differenzierte Hinweise auf die inhaltliche Ausprägung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im jeweiligen Fach geben (Loughran, et al., 2004; Ma, 1999). Diese qualitativen Studien erlauben es aber nicht, der Frage nach Zusammenhängen zwischen diesem Wissen und Maßen der Schülerleistung mit Hilfe von elaborierten statistischen Verfahren wie z. B. Mehrebenenanalysen nachzugehen. Die so gefundenen Zusammenhänge können nur als Hinweise betrachtet werden (Jones & Moreland, 2004). Erst seit kurzem liegen in wenigen Fächern Studien vor, die das themenspezifische fachspezifisch-pädagogische Wissen direkt und quantifizierbar erfassen. Viele dieser aktuellen Studien, besonders im Bereich der Naturwissenschaften, bleiben bei der Konstruktion dieser Tests zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens stehen und bringen das so bei Lehrkräften gemessene Wissen nicht in Zusammenhang mit Lernfortschritten aufseiten der Schüler, weshalb die Frage nach der prädiktiven Validität dieser Instrumente meist ungeklärt bleibt. Nur im Fach Mathematik liegen zwei Studien vor, die das themenspezifische fachspezifisch-pädagogische Wissen direkt über Tests erfassen und mit Lernergebnissen aufseiten der Schüler in Zusammenhang bringen (Baumert, et al., 2010; Hill, et al., 2005).

In der folgenden Forschungsübersicht werden Studien vorgestellt, die das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften distal oder direkt erfasst und mit Lernergebnissen von Schülern in Zusammenhang gebracht haben. Darüber hinaus werden auch qualitative Studien skizziert, die sich mit einer spezifischen Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens beschäftigen, um den Stand der Forschung möglichst präzise abzubilden und die daraus resultierende Forschungslücke aufzeigen zu können. Tabelle 2 gibt zunächst einen Überblick über die herangezogenen Studien und ihre inhaltlichen und methodischen Eckdaten. Anschließend werden die Befunde beschrieben.

Tabelle 2: Studien zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens und zu Zusammenhängen zwischen diesem Wissen und Lernerfolgsmäßen seitens der Schüler (Baumert & Kunter, 2006; Lipowsky, 2006; erweitert)

Studie	Untersuchungsbe- reich/ Facette des Lehrerwissens	Fachgebiet	Lehrkräfte / Schüler	Art der Erfassung (Lehrerwissen)
Goldhaber & Brewer, 2000	Zertifizierung	Mathematik und Naturwissenschaften	2098 Lehrkräfte und 3786 Schüler (Mathe) bzw. 1371 Lehrkräfte und 2524 Schüler (NW)	Quantitativ: Indikator (distal) = Art der Zertifizierung; Art des Abschlusses
Wenglinsky, 2002	Bedeutung von Abschlüssen und Fortbildungsmaßnahmen	Mathematik	Aggregierte Werte der Lehrkräfte und 7146 Schüler	Quantitativ: Indikatoren (distal) = Art des Abschlusses (major/minor); Teilnahme an Fortbildung
Druva & Anderson, 1983	Bedeutung von Abschlüssen	Naturwissenschaften	Metastudie: 65 Studien, davon 52 Dissertationen, 11 publizierte und 2 nicht publizierte Zeitschriftenartikel	Quantitativ: Indikator (distal) = Art der Zertifizierung; Art des Abschlusses
Rowan, Correnti, & Miller, 2002	Bedeutung von Abschlüssen	Mathematik und Lesen	Reanalyse der Prospect-Studie, keine genauen Angaben	Quantitativ: Indikator (distal) = Art des Abschlusses (major/minor)
Monk, 1994	Bedeutung von Kursbelegung	Mathematik und Naturwissenschaft	608 Lehrkräfte und 1566 Schüler (Mathe) bzw. 483 Lehrkräfte und 1492 Schüler (NW)	Quantitativ: Indikator (distal) = Anzahl der besuchten Fachkurse
Carpenter, Fennema, Chiang, & Loef, 1989	Bedeutung von Fortbildungsmaßnahmen	Mathematik	40 Grundschullehrkräfte und deren Schüler (o. Angabe)	Quantitativ: Indikator (distal) = Besuch einer Fortbildung (u.a.)
Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann, & Blumberg, 2006	Bedeutung von Fortbildungsmaßnahmen	Naturwissenschaft	46 Lehrkräfte und deren 1039 Schüler	Quantitativ: Indikator (distal) = Besuch einer Fortbildung (u.a.)
Peterson, Fennema, Carpenter, & Loef, 1989	Vorstellungen zum Lehren und Lernen	Mathematik	39 Grundschullehrkräfte und aggregierte Schülerwerte	Quantitativ: Likertskalierte Fragebogenskala
Staub & Stern, 2002	Vorstellungen zum Lehren und Lernen	Mathematik	27 Grundschullehrkräfte; 496 Schüler	Quantitativ: Likertskalierte Fragebogenskala
Kleickmann, 2008	Vorstellungen zum Lehren und Lernen	Naturwissenschaften	46 Grundschullehrkräfte; 932 Schüler	Quantitativ: Likertskalierte Fragebogenskala

Studie	Untersuchungsbe- reich/ Facette des Lehrerwissens	Fachgebiet	Lehrkräfte / Schüler	Art der Erfassung (Lehrerwissen)
Ma, 1999	Themenspezifische Komponenten des fachspezifisch-päd- agogischen Wissens	Mathematik	23 amerikanische und 72 chinesische Grund- schullehrkräfte; keine Zusammenhänge zu Schülerleistung	Qualitativ: Einzelinterviews
van Driel, Verloop, & de Vos, 1998	Themenspezifische Komponenten des fachspezifisch-päd- agogischen Wissens	Naturwissen- schaften (Chemie)	12 Lehrkräfte; keine Zusammenhänge zu Schülerleistung	Qualitativ: Analyse von Tran- skripten von Fortbil- dungskurse sowie von Unterrichtsstun- den
de Jong, van Driel, & Verloop, 2005	Themenspezifische Komponenten des fachspezifisch-päd- agogischen Wissens	Naturwissen- schaften (Chemie)	12 Lehramtsstudieren- de; keine Zusammenhänge zu Schülerleistung	Qualitativ: Analyse von ge- schriebenen Texten (Hausaufgaben; schriftliche Unter- richtsreflexion) und Transkripten von Diskussionen
Loughran, Mulhall, & Berry, 2004	Themenspezifische Komponenten des fachspezifisch-päd- agogischen Wissens	Naturwissen- schaften	1. Kohorte: 24 Lehrkräf- te, 2. Kohorte: 12 Lehr- kräfte, 3. Kohorte: 10 Gruppen mit 3-4 Lehr- kräften; keine Zusammenhänge zu Schülerleistung	Qualitativ: Gruppen- und Ein- zelinterviews
Jones & Moreland, 2004	Themenspezifische Komponenten des fachspezifisch-päd- agogischen Wissens	Technik	12 (später 18) Grund- schullehrkräfte und ih- ren Schülern (keine An- gabe über die Zahl)	Qualitativ: Analyse von Unter- richtsplanung und -beobachtung, sowie Analyse von Kom- mentaren während der Fortbildung
Hill, Rowan, Ball, 2005	Fachspezifisches Wissen und themen- spezifische Kompo- nenten des fachspe- zifisch-pädagogi- schen Wissens	Mathematik	334 bzw. 325 Lehrkräf- te der ersten bzw. drit- ten Jahrgangsstufe und ihre 1190 bzw. 1773 Schüler	Quantitativ: IRT-skaliertes Ge- samtttest, der „con- tent knowledge for teaching“ erfasst
Baumert, Kunter, Blum, Brunner, Voss, Jordan, Klusmann, Krauss, Neubrand, & Tsai, 2010	Separate Erfassung der themenspezifi- sche Komponenten des fachspezi- fisch-pädagogisches Wissen	Mathematik	181 Lehrkräfte mit ih- ren 194 Klassen der 9. Jahrgangsstufe (= 4353 Schüler)	Quantitativ: IRT-skaliertes Papier- und-Bleistift-Test zum fachdidakti- schen Wissen

Studie	Untersuchungsbe- reich/ Facette des Lehrerwissens	Fachgebiet	Lehrkräfte / Schüler	Art der Erfassung (Lehrerwissen)
Riese & Reinhold, 2008; 2009	Themenspezifische Komponenten des fachspezifisch-päd- agogischen Wissens	Naturwissen- schaften (Physik)	97 Lehramtsstudierende in den Pilotstudien; 300 Lehramtsstudierende in der Hauptuntersuchung; keine Zusammenhänge zu Schülerleistung	Quantitativ: Papier-und-Bleistift- Test zum fachdidak- tischen Wissen

2.3.4.1 Ergebnisse quantitativer Studien mit distalen Indikatoren

In amerikanischen Studien wird die fachspezifische und fachspezifisch-pädagogische Expertise von Lehrkräften häufig indirekt über verschiedene Ausbildungsmerkmale erhoben, ohne dabei zwischen den beiden Facetten des Professionswissens von Lehrkräften zu unterscheiden. Zu diesen distalen Indikatoren zählen z. B. die Art des Studienabschlusses (Bachelor oder Master), die Zahl der besuchten fachwissenschaftlichen oder fachdidaktischen Seminare und Fortbildungen sowie die Lehrbefugnis bzw. die erworbenen Zertifikate für das jeweilige Fach. Die Ergebnisse dieser Studien wurden bereits in vielzähligen Review-Artikeln zusammengefasst (z. B. Baumert & Kunter, 2006; Darling-Hammond, 2000; Grossman & Schoenfeld, 2005; Lipowsky, 2006; Wayne & Youngs, 2003).

Die Untersuchung der Bedeutung der staatlichen Zertifizierung⁷ für die Lernfortschritte aufseiten der Schülers stellt dabei einen Schwerpunkt der dort aufgeführten Studien dar. Die Ergebnisse mehrerer Studien (z. B. Darling-Hammond, 2000; Goldhaber & Brewer, 2000) zeigen, dass die Zertifizierung von Lehrkräften, wenn sie nicht allgemein, sondern fachspezifisch erhoben wird, vor allem für das Fach Mathematik tendenziell positiv mit dem korrespondierenden Leistungsstand der Schüler zusammenhängt (Baumert & Kunter, 2006). Für den Bereich der Abschlüsse gehen höhere Abschlüsse tendenziell mit besseren Leistungen der Schüler einher (z. B. Goldhaber & Brewer, 2000; Wenglinsky, 2002). Diese Ergebnisse gelten aber besonders für die Sekundarstufe und vor allem für das Fach Mathematik, da die Befunde für den Bereich der Grundschule als inkonsistenter bezeichnet werden müssen: Während Druva und Anderson (1983) in einer Metastudie für den Bereich der Naturwissenschaften positive Effekte für die Bedeutung des Abschlusses fanden, berichteten Rowan, Correnti und Miller (2002) dagegen negative Effekte für das Fach Mathematik (Baumert & Kunter, 2006). Für die Zahl der belegten fachwissenschaftlichen Kurse sind die Befunde über verschiedene Fächer hinweg betrachtet, ebenfalls inkonsistent, für das Fach Mathematik und die Natur-

⁷ Angehende Lehrkräfte können in den USA vor dem Hintergrund ihres bisherigen Ausbildungsverlaufes durch unterschiedliche Ausbildungsprogramme unterschiedliche Zulassungen und Zertifikate für den Lehrerberuf erlangen (Darling-Hammond, Berry, & Thoreson, 2001).

wissenschaften allerdings tendenziell positiv (Baumert & Kunter, 2006). Eine vertiefte Beschäftigung mit den fachwissenschaftlichen Hintergründen dieser Fächer während des Studiums scheint positive Auswirkung auf die Lernfortschritte von Sekundarschülern zu haben (Monk, 1994).

Das Ausmaß professionellen Wissens von Lehrkräften wurde auch über den Besuch von Fortbildungen erfasst (Lipowsky, 2006). Das Projekt Cognitively Guided Instruction (Carpenter, Fennema, Peterson, Chiang, & Loef, 1989) untersuchte den Effekt einer einmonatigen Fortbildung, die Lehrkräfte mit der Unterrichtskonzeption des problemlösenden Lernens vertraut machen sollte. Der Erfolg der Fortbildung und der Unterrichtskonzeption wurden anhand der mathematischen Leistungsentwicklung der Schülern überprüft. Die Ergebnisse der Studie zeigten deutliche Vorteile der Experimentalklassen gegenüber den Kontrollklassen. Hinweise auf positive Zusammenhänge zwischen dem Besuch von fachspezifischen Fortbildungen und dem Lernzuwachs von Schülern ergeben sich auch durch die Studien von Wenglinsky (2002) und Angrist und Lavy (2001) sowie in Deutschland von Möller und Kollegen (Möller, et al., 2006). Sowohl die deutsche Studie von Möller und Kollegen sowie die amerikanische Studie von Carpenter und Kollegen haben darüber hinaus auch noch den Effekt der Fortbildung auf Veränderungen in Teilen des Professionswissens untersucht und sollten somit nicht allein unter die Studien mit distalen Indikatoren subsumiert werden.

Zusammenfassend kann festhalten werden, dass die Erfassung des Professionswissens über distale Indikatoren unbefriedigend scheint, da diese Indikatoren wenig Auskunft über Inhalt, Struktur oder Qualität des Wissens von Lehrkräften geben, oft nicht zwischen fachspezifischem und fachspezifisch-pädagogischem Wissen unterscheiden und der Erklärungsabstand zu Unterrichtsprozessen sowie zu Lernfortschritten von Schülern so groß ist, dass sich die Befundlage zur Bedeutung dieser Indikatoren als äußerst inkonsistent darstellt. Die direkte Erfassung der unterschiedlichen Facetten des Professionswissens scheint also notwendig, um der Frage nach Zusammenhängen zwischen diesem Wissen und Lernfortschritten aufseiten der Schüler nachgehen zu können.

2.3.4.2 Ergebnisse quantitativer Studien im Bereich der Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach

Die Entwicklung direkter Erfassungsinstrumente für das fachspezifisch-pädagogische Wissen wurde zunächst für den Bereich der allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach umgesetzt. Für diese Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens liegen einige empirische Untersuchungen vor, die diese Vorstellungen fachspezifisch und quantifizierbar erfasst und somit die Untersuchung von Zusammenhängen zu Maßen des Lernerfolgs seitens der Schüler ermöglichen haben (für einen Überblick vgl. Kleickmann, 2008; Lipowsky, 2006). Pionierarbeit leistete hier vor allem die Studie von Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (1989), in der Zusammenhänge

zwischen Lehrervorstellungen (pedagogical content beliefs) und Schülerleistungen im Bereich Mathematik in der Grundschule untersucht wurden. Dazu wurde ein Fragebogeninstrument entwickelt, das aus Items mit vorgegebenem Antwortformat bestand, dem die Lehrkräfte auf einer fünfstufigen Antwortskala zustimmen mussten. Mit Hilfe dieses Fragebogens sollten kognitiv-konstruktivistische bzw. transmissive Lehrervorstellungen anhand von vier Konstrukten mit je 12 Items erfasst werden: 1) Konstruktion von Wissen, 2) Problemorientiertes Trainieren von Fertigkeiten, 3) Berücksichtigung des Denkens der Kinder in der Struktur des Unterrichts und 4) Lehren als Unterstützung bei der Wissenskonstruktion durch die Kinder. Die Zusammenhangsanalyse, bei der die vier Konstrukte zu einer Skala zusammengefasst wurden, zeigte, dass Schüler von Lehrkräften mit einer stärker kognitiv-konstruktivistischen Vorstellung in Hinblick auf das Lehren und Lernen von Mathematik beim Lösen von anspruchsvollen Textaufgaben bessere Leistungen zeigten.

Mit Hilfe einer Übersetzung und Erweiterung des Instrumentes von Peterson und Kollegen (1989) untersuchten auch Staub und Stern (2002) im Rahmen der SCHOLASTIK-Studie (Weinert & Helmke, 1997) die Zusammenhänge zwischen diesen fachspezifischen Vorstellungen und längsschnittlich erfassten Daten zu über ein Schuljahr kumulierten Lernfortschritten der Schüler. Sie ermittelten, dass Schüler von Lehrkräften mit konstruktivistischen Vorstellungen bei anspruchsvollen Textaufgaben höhere Lernzuwächse zeigten. 27% bis 50 % der zwischen den Klassen liegenden Varianz in den Lernzuwächsen konnten durch die erfassten Vorstellungen der Lehrkräfte aufgeklärt werden (Staub & Stern, 2002).

In einer an diesen Stand der Forschung im Bereich Mathematik anknüpfenden Studie untersuchte Kleickmann (2008) im Rahmen der Münsteraner BiQua-Fortbildungsstudie (Möller, et al., 2006) die Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften mit Fortschritten im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis von Schülern als Kriterium des Lernerfolgs. An der Studie nahmen 46 Lehrkräfte und 932 Schüler, die von diesen Lehrkräften unterrichtet wurden, teil. Lernfortschritte der Schüler wurden im Rahmen von Unterricht zum „Schwimmen und Sinken“ erhoben. Die Vorstellungen der Lehrkräfte wurden mit neun Likert-basierten Skalen erfasst, die in Kapitel 2.3.3.1 bereits inhaltlich beschrieben wurden. Die Ergebnisse aus Mehrebenenanalysen decken sich mit den oben skizzierten Studien aus dem Bereich Mathematik, denn auch Kleickmann (2008) fand enge Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen und Lernfortschritten aufseiten der Schüler. Während die Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen, die in weitgehender Übereinstimmung mit konstruktivistischen und insbesondere mit Conceptual Change-orientierten Ansätzen zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen stehen, positive Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler zeigten, standen die Vorstellungen von Lehrkräften, die in wichtigen Aspekten Widersprüche zu diesen

Ansätzen aufweisen, in negativem Zusammenhang mit dem Lernerfolg der Schüler (S. 161). Die als Conceptual Change und Schülervorstellungen bezeichneten Vorstellungen der Lehrkräfte klärten dabei wie bei Staub und Stern (2002) ebenfalls beträchtliche Anteile der Varianz in den Lernfortschritten zwischen den Klassen auf (24-29%).

Für diese Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens liegen also direkte Erfassungsinstrumente vor, deren Testgütekriterien ausführlich geprüft und beschrieben wurden und mit deren Hilfe der Frage nach Zusammenhängen zwischen dieser Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens und Lernfortschritten aufseiten der Schüler auch im Bereich der Naturwissenschaften nachgegangen werden konnte. Die überwiegende Mehrheit der Studien, die diesen Zusammenhang überprüft haben, berichten von bedeutsamen Zusammenhängen (für einen Überblick vgl. Kleickmann, 2008; Lipowsky 2006).

2.3.4.3 Ergebnisse qualitativer Studien zur Erfassung der themenspezifischen Komponenten

Neben den quantitativen Studien mit distalen Indikatoren, mit denen man zumeist versucht hat, das Professionswissen von Lehrkräften global zu erfassen, sind auch qualitative Untersuchungen entstanden, in denen man sich insbesondere mit der Struktur und Wirkungsweise des professionellen Lehrerwissens beschäftigt. In diesen qualitativen Untersuchungen ist das Unterrichtsfach, das in der Pädagogischen Psychologie lange Zeit vernachlässigt wurde (Shulman, 1987), verstärkt in das Interesse der Forschung gerückt. In diesem Bereich sind die Arbeiten, die rund um Lee Shulman und das „Stanford Knowledge Growth in Teaching“-Projekt entstanden sind (Grossman, 1990; Gudmundsdottir & Shulman, 1987; Marks, 1990; Shulman, 1987; Wilson & Wineburg, 1988), sowie die Arbeiten von Gaea Leinhardt und Kollegen (Leinhardt & Greeno, 1986; Leinhardt & Smith, 1985) und Deborah Ball (1988, 1990) als Pionierarbeiten zu bezeichnen. Insgesamt liefern diese Untersuchungen starke Argumente für die fachspezifische Untersuchung von Unterricht und des professionellen Lehrerwissens (Shulman & Sherin, 2004).

Zu den wichtigsten Ergebnissen dieser Studien gehört der Befund, dass das fachdidaktische Handlungsrepertoire von Lehrkräften im Unterricht von ihrem konzeptuellen Fachwissen abhängig ist (Baumert & Kunter, 2006). In vielen Studien konnte gezeigt werden, dass das fachliche Verständnis von Lehrkräften oftmals unzureichend ist (Ball, 1990; Borko et al., 1992; Leinhardt & Smith, 1985) und diese fachlichen Verständnisprobleme die fachdidaktischen Erklärungs- und Repräsentationsmöglichkeiten von Lehrpersonen erheblich einschränken (Eisenhart, et al., 1993; Hashweh, 1987; Leinhardt & Greeno, 1986; Sanders, et al., 1993; Smith & Neale, 1989). Zusammenfassend kann man festhalten, dass viele dieser Studien aufzeigen, dass das fachliche Verständnis von Lehrkräften limitiert ist, aber nur wenige Studien Hinweise darauf geben, was Lehrkräfte wissen sollten, um

verständnisorientierten Unterricht gestalten zu können. Eine Ausnahme bildet hier die Untersuchung von Liping Ma (1999) im Bereich Mathematik, die die Arbeiten von Deborah Ball (1988) aufgreift. In einem Vergleich amerikanischer und chinesischer Grundschullehrkräfte zeigt sie mit Hilfe von Interviews, wie ein „tiefes Verständnis fundamentaler Mathematik“ Lehrkräften ein umfangreiches Erklärungsrepertoire eröffnet und gibt dabei wichtige Hinweise auf das, was Lehrkräfte für das Unterrichten elementarer mathematischer Themen wissen sollten. Auch im naturwissenschaftlichen Bereich gibt es viele Studien, die zumeist mit einer Mischung aus standardisierten oder teil-standardisierten Interviews, Unterrichtsbeobachtung und der Methode des Concept Mappings versuchen, das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften zu erfassen (de Jong, van Driel, & Verloop, 2005; Jones & Moreland, 2004; van Driel, et al., 1998). Die durch unterschiedliche Methoden erfassten Daten werden dabei häufig durch die Methode der Triangulation zusammengefügt, wodurch in der Regel Detailbeschreibungen von Profilen des professionellen Lehrerwissens entstehen. Ein relativ neuer Ansatz innerhalb dieser Gruppe von multiplen Erfassungsmethoden zur qualitativen Beschreibung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ist der bereits in Kapitel 2.3.2.2 beschriebene Einsatz von CoRes und PaP-eRs, der in der australischen Arbeitsgruppe um John Loughran (2004) entwickelt wurde. Mit Hilfe der CoRes, einer speziellen Interviewtechnik für Gruppen, wird das fachspezifisch-pädagogische Wissen erhoben, das nach Meinung der Autoren nur als in der Gruppe geteiltes fachspezifisch-pädagogisches Wissen existiert und daher nur in gemeinsamen Diskussionen eruiert und erfasst werden kann (S. 374). Das PaP-eR ist demgegenüber ein Erfassungsinstrument, das zwar an das CoRe angebunden ist, aber die themenspezifische Umsetzung einzelner naturwissenschaftlicher Themen im Unterricht abfragt und somit auf das individuelle fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte zielt. Mit Hilfe der so geführten Einzel- und Gruppeninterviews ist über einen Zeitraum von zwei Jahren für eine Vielzahl an naturwissenschaftlichen Themen (Vorstellung von Teilchen und Materie, chemische Reaktionen, Kraft und elektrischer Strom) eine ausführliche Dokumentation über das, was Lehrkräfte für das Unterrichten dieser naturwissenschaftlichen Themen wissen sollten, entstanden.

Für all diese qualitativen Studien kann zusammenfassend festgehalten werden, dass sie wertvolle Hinweise auf die inhaltliche Ausprägung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in den verschiedenen Fächern geben. Der Nachteil dieser Erhebungen durch multiple Methoden ist aber, dass diese Erfassungsmethoden sowohl für die teilnehmenden Lehrkräfte als auch für die durchführenden Forschungsgruppen relativ arbeits- und zeitintensiv sind und somit eher als unökonomisch gelten. Darüber hinaus gibt es für die verwendeten Erfassungsmethoden selten Gütekriterien, so dass die Ergebnisse der unterschiedlichen Studien wenig vergleichbar sind. Schließlich erlauben es diese Verfahren auch nicht, Summenscores oder Ähnliches zu bilden, mit deren Hilfe man unterschiedli-

che Gruppen vergleichen oder Fragen nach Zusammenhängen zu anderen Variablen wie der Schülerleistung beantworten kann. Zwar beschreiben Jones und Moreland (2004), dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen von neuseeländischen Lehrkräften im Bereich Technik durch eine spezielle Fortbildung gesteigert und dadurch die Lernleistungen der Schüler verbessert werden konnten, doch beruhen diese Angaben allein auf Beobachtungen der Lehrkräfte während der Fortbildungen und im Unterricht und Analysen von Kommentaren durch die Forschungsgruppe (in Bezug auf das fachspezifisch-pädagogische Wissen) bzw. auf Angaben der Lehrkräfte (in Bezug auf die Lernleistungen). Für den Beweis des gesteigerten Lernzuwachses in der Folge des gesteigerten fachspezifisch-pädagogischen Wissens schreiben die Autoren „All the teachers have indicated that they believe that student learning had been enhanced as a result of improved planning and formative interactions [...]“ (Jones & Moreland, 2004, S.135). Diese Beobachtungen durch die Forscher bzw. durch die Lehrkräfte sind sicherlich eine wertvolle Quelle für die Einschätzung von Lernfortschritten der Lehrkräfte bzw. der Schüler, wobei es jedoch zu Verzerrungen, die durch bewusste oder unbemerkte fehlerhafte Selbstwahrnehmung und -beurteilung entstehen können, kommen kann (Terhart, 2007). Wünschenswert wäre daher eine zusätzliche Überprüfung mit Hilfe von objektiven und validen Testinstrumenten mit deren Hilfe man dann unterschiedliche Gruppen vergleichen und Fragen nach Zusammenhängen statistisch überprüfen kann.

2.3.4.4 Ergebnisse quantitativer Studien zur direkten Erfassung der themenspezifischen Komponenten

Um die fachbezogenen Komponenten des professionellen Lehrerwissens und insbesondere die themenspezifischen Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens direkt erfassen zu können, müssen vor dem Hintergrund der Theorie zu Gegenstand, Form und Struktur des professionellen Lehrerwissens sowie unter Einbezug der Anforderungen des Berufsfeldes Schule und den Besonderheiten der einzelnen Fächer in einem theoriegeleiteten Vorgehen valide und reliable Messinstrumente entwickelt werden (Baumert & Kunter, 2006; Bromme, 1992; Terhart, 2007). Erst mit Hilfe solcher Instrumente, die eine objektive Erfassung des fachbezogenen Wissens von Lehrkräften erlauben, können Fragen nach der Wirkung des professionellen Lehrerwissens auf Merkmale der Unterrichtsqualität und Zielkriterien aufseiten der Schüler sowie darüber hinaus Fragen nach der Wirksamkeit und Qualität der Lehreraus- und -fortbildung nachgegangen werden. Obwohl im Bereich der Entwicklung solcher Testinstrumente international und im deutschsprachigen Raum in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme der Forschungsaktivitäten zu erkennen ist, ist die Anzahl an publizierten Arbeiten, in denen Messinstrumente für die Erfassung der unterschiedlichen Facetten des fachbezogenen Professionswissens in einem theoriegeleiteten Vorgehen entwickelt und überprüft

worden sind, überschaubar. Als Vorreiterarbeit im Bereich des Schriftspracherwerbs sind hier die Arbeiten von Phelps und Schilling (2004) zu nennen, die sich noch immer in der Weiterentwicklung befinden. Veröffentlichte und in Hinblick auf die Vorhersage von Lernfortschritten der Schülern empirisch überprüfte Konzeptionen liegen bislang nur für das Fach Mathematik vor. Als erste Forschungsgruppe entwickelte die Gruppe um Ball, Bass, Hill und Rowan an der University of Michigan die theoretischen Modelle und die entsprechenden Messinstrumente für die direkte Erfassung des fachbezogenen Professionswissens von Grundschullehrkräften im Bereich Mathematik (Ball & Bass, 2003). Im deutschsprachigen Raum legte die COACTIV-Gruppe im Rahmen des mit PISA 2003 verknüpften Projektes theoretische Grundlagen und Instrumente zur Erfassung des fachbezogenen Professionswissens von Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe I vor. Obwohl beide Gruppen grundsätzliche Ideen teilen und die im Rahmen der jeweiligen Projekte entstandenen Messinstrumente nutzen, um zu überprüfen, in welchem Zusammenhang das fachbezogene Professionswissen von Lehrkräften mit der Leistungsentwicklung der Schüler steht, unterscheiden sie sich in Hinblick auf die theoretische Modellierung und die methodische Umsetzung. Beide Ansätze werden daher im Folgenden kurz dargestellt.

Ball und Kollegen verstehen unter professionellem Fachwissen das mathematische Sachverständnis über Inhalte, das für das effektive Unterrichten, das zu Lernzuwachs bei Schülern führt, notwendig ist und rücken somit die Anforderungen, die das Unterrichten an Lehrkräfte stellt, ins Zentrum des professionellen Lehrerwissens. Die Bezugsnorm für dieses Wissen, das für das Unterrichten benötigt wird, ist daher nicht Wissen auf universitärem Niveau, sondern die schulische Mathematik, die durch die jeweiligen Curricula vorgegeben wird. Vor diesem Hintergrund unterscheiden Ball, Hill und Bass (2005) und Hill, Schilling und Ball (2004) mathematisches Alltagswissen, über das jeder gebildete Erwachsene verfügen sollte, sog. „common knowledge of content“ (CKC), und Spezialwissen, das typisch und einzigartig für die Ausübung des Lehrberufes ist und auf professionelles Training und Berufserfahrung in diesem Feld zurückzuführen ist, sog. „specialized knowledge of content“ (SKC). Neben diesen beiden Facetten, die zunächst dem fachspezifischen Wissen zugeordnet werden, beschreibt die Gruppe eine dritte Komponente des mathematischen Wissens, nämlich ein mathematisches Inhaltswissen das auf Schülervorstellungen (Fehlvorstellungen, typische Fehler, Lernschwierigkeiten oder alternative Lösungsstrategien) bezogen ist. Dieses Wissen wird „knowledge of students and content“ (KSC) genannt und entspricht der Idee des fachspezifisch-pädagogischen Wissens. Neben diesen drei Facetten, die zusammen das „mathematical knowledge for teaching“ bilden, wie die Gruppe das professionelle Fachwissen im Bereich Mathematik benennt, unterscheiden sie zusätzlich drei inhaltliche Facetten der Grundschulmathematik, indem sie diese in Zahlen und Operationen, Muster und Funktionen sowie Algebra unterteilen. Die Entwicklung von

Testaufgaben wurde anhand dieses Modells vorgenommen. Aufgaben im Bereich CKC zielen auf Basis dieses theoretischen Modells z. B. auf typisches mathematisches Alltagswissen sowie auf die Beherrschung typischen mathematischen Schulstoffes aus der Sekundarstufe (Hill, et al., 2004). Im Bereich des mathematischen Spezialwissens (SKC) fragen die Autoren zum einen nach einem vertieften konzeptuellen Verständnis von typischen Unterrichtsthemen und nach spezifischem, für das Unterrichten notwendige Wissen, das neben Wissen über alternative Repräsentationsformen und Erklärungen auch Wissen über unkonventionelle Lösungswege von Schülern beinhaltet (Hill, et al., 2004). Obwohl dieses Wissen von den Autoren in Publikationen als Facette des fachspezifischen Wissens angenommen wird (Ball, et al., 2008, S. 403), kann es auch als fachspezifisch-pädagogisches Wissen klassifiziert werden (Ball, nach mündlicher Auskunft; Ball, et al., 2001). Items innerhalb der dritten Facette, dem Wissen über Schüler und Inhalte (KSC), zielen auf diagnostische Fähigkeiten wie das Analysieren des fachdidaktischen Potenzials von Aufgaben oder das Erkennen von typischen Schülerfehlern (Hill, et al., 2004), was der Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens untergeordnet wird (Ball, et al., 2008, S. 403).

Die komplexe Struktur des theoretisch postulierten Modells aus unterschiedlichen Fachgebieten und Wissenskomponenten konnte empirisch nicht bestätigt werden (Hill, Schilling & Ball, 2004; Schilling, 2007). Exploratorische Faktorenanalysen deuteten eher auf ein Modell mit zwei Inhaltsfaktoren (Zahlen und Operationen sowie Muster, Funktionen und Algebra) und einer fachdidaktischen Dimension (KSC). Vor dem Hintergrund dieser Analysen wurde ein Gesamttest gebildet, der „content knowledge for teaching mathematics“ erfasst (Hill, et al., 2005, S. 389). Dieser Test enthält sowohl Items zum mathematischen Alltagswissen (CKC) als auch zum Spezialwissen (SKC), aber keine Items aus dem Bereich Wissen über Schüler und Inhalt (KSC). Zusammenfassend misst der Test also ein Amalgam aus mathematischem Alltagswissen, über das gebildete Erwachsene i. d. R. verfügen, tiefer gehendem konzeptuellem Verständnis von typischen mathematischen Unterrichtsinhalten aus dem Grundschul- und Sekundarbereich sowie speziellem mathematischem Wissen, das für das Unterrichten dieser Themen notwendig ist. Der Test enthält also Items, die auf das fachspezifische und fachspezifisch-pädagogische Wissen abzielen, wobei Items, die auf diagnostische Fähigkeiten zielen, ausgeschlossen werden mussten.

Hill, Rowan und Ball (2005) überprüften die prädiktive Validität ihres Maßes für das professionelle Lehrerwissen, indem sie den oben beschriebenen IRT-Gesamtscore benutzen, um Lernfortschritte aufseiten der Schüler vorherzusagen. Anhand einer Stichprobe von 334 bzw. 325 Lehrkräfte, die in einer ersten und dritten Jahrgangsstufe Mathematik unterrichteten, und der längsschnittlich vorliegenden Leistungsdaten der beteiligten 1190 bzw. 1773 Schüler konnte die Gruppe mit Hilfe von Mehrebenenanalysen zeigen, dass das kombinierte fachspezifische und fachspezifisch-pädagogische

Wissen von Grundschullehrkräften ein positiver Prädiktor für die Leistungsfortschritte der Schülern ist. Diese Studie liefert den ersten empirischen Nachweis über die prädiktive Validität und somit über die praktische Relevanz des so direkt erfassten fachbezogenen Wissen von Lehrkräften.

Die deutsche COACTIV-Gruppe um Jürgen Baumert greift in ihrer an PISA 2003 angedockten Untersuchung denselben theoretischen Ansatz wie die Projektgruppe um Deborah Ball auf. Der gemeinsame Fokus liegt in der Erfassung des mathematischen Wissens, das für einen verständnisorientierten Unterrichten notwendig ist (Baumert & Kunter, 2006). Unterschiede finden sich jedoch in der theoretischen Modellierung der Wissenskomponenten. Während in der Michigan-Gruppe der Fokus auf einem Gesamtttest zur Erfassung des „content knowledge for teaching mathematics“ gelegt wurde, bemüht sich die Berliner Gruppe von Anfang an um eine separate Indikatorisierung der beiden fachbezogenen Wissenskomponenten des Professionswissens von Lehrkräften (Krauss et al., 2004). Für das fachspezifische Wissen unterscheidet die Gruppe auf einer konzeptionellen Ebene dazu zunächst drei bzw. vier Formen mathematischen Wissens: mathematisches Alltagswissen von Erwachsenen, vertieftes Hintergrundwissen zur Schulmathematik und universitäres Wissen (Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006). Baumert und Kunter (2006, S. 495) ergänzen noch eine vierte Ebene, die sie mit „Beherrschung des Schulstoffes auf einem zum Ende der Schulzeit erreichten Niveau“ bezeichnen. Referenz für die empirische Erfassung des fachspezifischen Wissens ist ein profundes mathematisches Verständnis des zu unterrichtenden Schulstoffes, also das vertiefte schulmathematische Hintergrundwissen. Von diesem fachspezifischen Wissen wird theoretisch das fachspezifisch-pädagogische Wissen unterschieden, das mathematisches Fachwissen voraussetzt und einschließt, aber selbst ein besonderes unterrichts- und schülerbezogenes mathematisches Wissen und Können darstellt (Baumert & Kunter, 2006). In ihren deutschsprachigen Veröffentlichungen bezeichnen die Autoren diese Facette des Professionswissens als „fachdidaktisches Wissen und Können“ (Krauss, et al., 2004, S. 41). Innerhalb des fachdidaktischen Wissens unterscheidet COACTIV drei Dimensionen:

1. „Wissen über das didaktische und diagnostische Potenzial von Aufgaben, Wissen über die kognitiven Anforderungen und impliziten Wissensvoraussetzungen von Aufgaben, ihre didaktische Sequenzierung und die langfristige curriculare Anordnung von Stoffen,
2. Wissen über Schülervorstellungen (Fehlkonzeptionen, typische Fehler, Strategien) und Diagnostik von Schülerwissen und Verständnisprozessen,
3. Wissen über multiple Repräsentations- und Erklärungsmöglichkeiten.“ (Baumert & Kunter, 2006, S. 495).

Vor diesem Hintergrund wurde ein Test zum fachdidaktischen Wissen mit den Dimensionen Auf-

gaben, Schülervorstellungen sowie Repräsentationen und Erklärungen entwickelt. Insgesamt wurden die fachbezogenen Komponenten des Professionswissens abweichend je nach Veröffentlichung anhand von 34, 36 bzw. 37 Items erfasst, und zwar 21, 23 bzw. 24 im fachdidaktischen und 13 im fachwissenschaftlichen Teil (Brunner, Kunter, Krauss, Baumert, et al., 2006; Brunner, Kunter, Krauss, Klusmann, et al., 2006; Krauss, Brunner, et al., 2008). Die Aufgaben beider Tests sind offen formuliert, so dass Lehrkräfte aufgefordert werden, Kurzantworten zu generieren. Zur Beurteilung der Itemantworten wurde mit Hilfe von Expertenurteilen ein Kodierschema entwickelt. Mit diesem Kodierschema wurden alle Lehrerantworten von zwei trainierten Kodierern getrennt kodiert. Die Interraterreliabilität erwies sich als zufriedenstellend (Generalisierbarkeitskoeffizient ρ im Mittel bei .81) (Krauss, Brunner, et al., 2008). Reliabilitätsanalysen zeigen, dass die psychometrische Qualität der konstruierten Tests als gut zu bezeichnen ist. Die Reliabilität der Skala Fachwissen liegt bei $\alpha = .83$, die Reliabilität zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens bei $\alpha = .77$ bei 21 Items (Krauss, Brunner, et al., 2008). Zusätzlich stützen die Ergebnisse einer konfirmatorischen Faktorenanalyse die angenommene Struktur des fachbezogenen Professionswissens. Sie zeigen, dass Fachwissen und fachdidaktisches Wissen latent mit $r = .79$ korrelieren und somit interdependente, aber empirisch trennbare Wissensfacetten darstellen (Krauss, Brunner, et al., 2008).

Wie die Gruppe in Michigan hat sich auch die COACTIV-Gruppe um die Überprüfung der prädiktiven Validität ihrer Instrumente für die Qualität von Unterricht und den Leistungsfortschritten von Schülern bemüht. COACTIV nutzte zur Beantwortung dieser Frage die Längsschnittkomponente von PISA 2004 in Deutschland, durch die Daten über Lernzuwächse innerhalb eines Schuljahres für 194 Klassen und deren 4353 Schüler zur Verfügung standen. Unter Kontrolle von bedeutsamen individuellen Schülermerkmalen erwiesen sich das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften und auch das Fachwissen (vermittelt über das fachdidaktische Wissen) in mehrebenenanalytischen Regressionsanalysen als wichtige Prädiktoren für eine kognitiv herausfordernde und gleichzeitig konstruktive unterstützende Unterrichtsführung (Baumert & Kunter, 2006). Mediiert über die Merkmale der Unterrichtsgestaltung ist insbesondere das fachdidaktische Wissen für die Fachleistung von Schülern substantiell bedeutsam und klärt unter Kontrolle individueller Hintergrundmerkmale wie z. B. dem Vorwissen, der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und dem sozioökonomischen Status der Eltern 39% der Varianz zwischen den Klassen auf (Baumert, et al., 2010). Fügt man das Fachwissen anstelle des fachdidaktischen Wissens als Prädiktor in das Mediationsmodell ein, so passt das Modell trotz der hohen Korrelation zwischen Fachwissen und fachdidaktischem Wissen nicht mehr gut. Das Fachwissen hat eine geringere prädiktive Power für die Fachleistung der Schüler und wirkt nicht direkt auf die oben genannten Unterrichtsqualitätsmerkmale (Baumert, et al., 2010). Die Autoren interpretieren die Ergebnisse dahingehend, dass Fachwissen eine notwendige, aber nicht hinrei-

chende Bedingung für qualitätvollen Unterricht und Lernfortschritte aufseiten der Schüler zu sein scheint (Baumert & Kunter, 2006).

Fasst man die Ergebnisse der beiden Forschungsgruppen zusammen, so wird deutlich, dass sich neben dem Fachwissen, insbesondere das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften als bedeutsamer Prädiktor in der Unterrichtsqualitätsforschung herauskristallisiert. Obwohl die nachgewiesene Struktur des Wissen sowie die Zusammenhänge zu Lernerfolgen aufseiten der Schüler in den oben skizzierten Studien nur für das Fach Mathematik nachgewiesen wurden und somit domänenspezifisch sein könnten, liegt die Vermutung nahe, dass das professionelle Wissen von Lehrkräften auch in anderen Fächern ein Prädiktor für Unterrichtsqualität und Lernfortschritte aufseiten der Schüler ist.

Im Bereich der Naturwissenschaften liegen erste Arbeiten vor, die versuchen, das Professionswissen von Lehrkräften direkt mit Hilfe von Tests zu erfassen. Zu nennen ist hier die Arbeit von Riese und Reinhold (2008). Ziel ihrer Untersuchung ist die empirische Erfassung von Effekten der Lehrerausbildung bei angehenden Physiklehrkräften im Bereich der Sekundarstufe. Um diese Effekte überprüfen zu können, mussten zunächst reliable und valide Instrumente zur Erfassung des Professionswissens entwickelt werden. In Anlehnung an das oben skizzierte COACTIV-Projekt legen auch Riese und Reinhold (2008) ein heuristisches Kompetenzmodell zugrunde, das die Bewältigung zentraler beruflicher Anforderungen in den Mittelpunkt stellt. In Anlehnung an Shulman (1986) und Bromme (1992) unterscheiden sie in Bezug auf das professionelle Wissen von Lehrkräften zwischen Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und pädagogisch-psychologischem Wissen. Ausgehend davon wurden als Grundlage für die Itemkonstruktion die verschiedensten Kompetenzfacetten innerhalb heuristischer Raster operationalisiert. Für den Bereich des Fachwissens ist ein dreidimensionales Modell bestehend aus Inhaltsbereichen (Kinematik, Kraft, Energie, Impuls), kognitiven Aktivitäten (Reproduzieren, Verstehen, Beurteilen) und drei Niveaustufen (Schulniveau, vertieftes Wissen, universitäre Physik) entstanden, das als Raster zur Itementwicklung genutzt wurde. Innerhalb des fachdidaktischen Wissens unterscheiden Riese und Reinhold (2008) vor dem Hintergrund normativ geprägter Leitbilder von Schule und Physikunterricht wie auch Best Practice-Beispielen verschiedener Videostudien fünf Unterdimensionen: Wissen über allgemeine Aspekte physikalischer Lernprozesse, Wissen über den Einsatz von Experimenten, Gestaltung von Lernprozessen, Beurteilung und Reflexion von Lernprozessen und adäquate Reaktion in kritischen Unterrichtssituationen (S. 631). Auf der Basis dieser Rahmenmodelle wurden situations- und anforderungsbezogen sowohl offene als auch geschlossene Testitems für die Kompetenzmessung im Bereich Fachwissen und Fachdidaktik entwickelt. Dabei wird die Erfassung handlungsnaher Aspekte fachbezogenen Wissens im Rahmen der Möglichkeiten eines Papier-und-Bleistift-Tests besonders betont. Speziell

zu diesem Zweck wurden Unterrichtsvignetten entwickelt. Hierbei handelt es sich um prototypische Szenen zu kritischen Situationen beim physikalischen Experimentieren, wobei die Antworten auf hypothetische Anforderungen der Szenarien ermittelt wurden. So sollen die Probanden z. B. Unterrichtsszenen im Hinblick auf nicht optimales Verhalten des Lehrers analysieren und fachlich nicht korrekte Schülerkonzeptionen diagnostizieren (Riese & Reinhold, 2008). In Bezug auf Testgütekriterien zeigt das entwickelte Testinstrument eine gute Reliabilität (Cronbachs $\alpha = .87$ für die Fachwissensskala; $\alpha = .89$ für die fachdidaktische Skala), darüber hinaus eine gute Verteilung im anzustrebenden Schwierigkeitsbereich und angemessene Trennschärfen (Riese & Reinhold, 2008). Riese und Reinhold überprüfen die Tauglichkeit ihrer Instrumente nicht wie die beiden mathematischen Forschergruppen, indem sie versuchen, den Einfluss dieses Wissens auf Schülerleistungen zu untersuchen, sondern indem sie mit Hilfe der eingesetzten Instrumente Lernzuwächse bei Lehramtsstudierenden erfassen. Dafür wurden die Testergebnisse von Lehramtsstudierenden des Grundstudiums mit denen von Lehramtsstudierenden des Hauptstudiums verglichen. Dass über alle untersuchten Lehrämter hinweg zumeist signifikant höhere Scores in der Gruppe der Studierenden des Hauptstudiums gefunden wurden, wird als Hinweis auf die Validität der eingesetzten Testinstrumente gedeutet (Riese & Reinhold, 2009). Die Autoren folgern, dass ein Messinstrument entwickelt werden konnte, das für Zwecke der Veränderungsmessung und der Differenzierung zwischen verschiedenen Ausbildungsgängen im Fach Physik geeignet erscheint (Riese & Reinhold, 2009). Die höchst spannende Frage, ob das so erfasste und offensichtlich von den Universitäten gelehrt Wissen mit Unterrichtsqualitätsmerkmalen und Lernerfolgen bei Schülern zusammenhängt, bleibt für den Bereich der Naturwissenschaften bis heute noch unbeantwortet.

2.3.5 Zusammenfassung der Ansätze und Befunde zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen

In dem vorliegenden Kapitel zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften wurde zunächst begründet, warum die aktuellen Untersuchungsansätze zum Einfluss des professionellen Lehrerwissens, aufbauend auf dem Novizen-Experten-Paradigma und der damit verbundenen Expertiseforschung, ausgerechnet auf die kognitiven Voraussetzungen von Lehrkräften fokussieren. Es wurde gezeigt, dass man heute davon ausgeht, dass den beobachtbaren unterrichtlichen Handlungen von Lehrkräften bestimmte kognitive Strukturen zugrunde liegen, die das Handeln steuern, weshalb diesen kognitiven Strukturen, die auch als professionelles Wissen von Lehrkräften bezeichnet werden, eine erhebliche Bedeutung für die Qualität der Lehr- und Lernprozesse zugeschrieben werden. Das Bestreben nach einer Beschreibung, Darstellung und Erfassung dessen, was das zur erfolgreichen Bewältigung des beruflichen Alltags notwendige professionelle Wissen von Lehrkräften inhaltlich umfasst, führte zu unterschiedlich komplexen theoretischen Modellen zur Konzeptualisie-

rung des Professionswissens. Gemein ist diesen unterschiedlichen Gliederungsvorschlägen, dass das professionelle Wissen von Lehrkräften durch die Verschmelzung von Kenntnissen unterschiedlicher Herkunft und Domänen sowie durch persönliche Erfahrungen im schulischen Kontext gekennzeichnet ist und zahlreiche Beziehungen zwischen den beschriebenen Komponenten bestehen. Trotz der großen Vielfalt an vor diesem Hintergrund entstandenen Topologien und Taxonomien zum Professionswissen von Lehrkräften hat sich die Unterscheidung in allgemeines pädagogisches Wissen (general pedagogical knowledge), fachspezifisches Wissen (content knowledge) und fachspezifisch-pädagogisches Wissen (pedagogical content knowledge) in der Unterrichtsforschung praktisch durchgesetzt und wird in fast allen aktuellen Überblicksartikeln zur Lehrerexpertise aufgegriffen. Vor diesem Hintergrund wurde das so modellierte Professionswissen von Lehrkräften als theoretischer Rahmen der vorliegenden Arbeit gewählt.

Daran anschließend wurde auf das fachspezifisch-pädagogische Wissen als besonderer Teil des Professionswissens fokussiert. Es wurde gezeigt, dass gerade diese Komponente des Professionswissens von Lehrkräften in der aktuellen Unterrichtsforschung viel Beachtung findet und vielfach in theoretischen und empirischen Arbeiten aufgegriffen wurde. Dabei stellt es ein Problem dar, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen über die vielen Veröffentlichungen hinweg unterschiedlich definiert und konzeptualisiert wird. Trotz der vielen Ansätze und Definitionen scheint allen Ansätzen jedoch gemein, dass dieses Wissen als die zentrale Komponente des professionellen Lehrerwissens angesehen wird, da es Wissen umfasst, das für die adressatengerechte Aufbereitung von konkreten fachlichen Inhalten für das Unterrichten notwendig ist. Dabei werden in diesem Wissen die fachspezifische und die pädagogische Expertise durch die Transformation und Integration von Wissen unterschiedlicher Herkunft miteinander in Verbindung gesetzt und sozusagen miteinander verschmolzen. Das fachspezifisch-pädagogische Wissen wird dabei nicht als homogenes Konstrukt beschrieben, sondern in der Regel über Unterfacetten definiert. Obwohl es auch hier eine Vielzahl an unterschiedlichen Konzeptionen dieser Unterfacetten gibt (siehe Tab. 1), scheint sich die Gliederung in allgemeine Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach, Wissen über instruktionale Strategien und Repräsentationen, Wissen über das Verständnis, das Denken und das Lernen der Schüler sowie Wissen über Curricula und spezifisch ausgearbeitete Unterrichtsmaterialien als Modellierung für das fachspezifisch-pädagogische Wissen über mehrere Fächer hinweg durchzusetzen. Auch wenn die Beschreibung von einzelnen Unterfacetten eine gewisse Statik suggeriert, so wird die starke Vernetzung der unterschiedlichen Facetten, die sich, so wie das ganze Konstrukt selbst auch, über die Zeit durch Lernen aus Erfahrung sowie durch die Teilnahme an Aus- und Fortbildungsprogrammen entwickeln, stets betont.

Da diese Arbeit die Bedeutung des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen

Wissens von Sachunterrichtslehrkräften untersucht und es sich schon aus der Definition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ableitet, dieses Wissen immer nur in engem Zusammenhang mit spezifischen Inhalten zu betrachten und zu untersuchen, wurde ein kurzer Überblick über den bestehenden Stand der Forschung zum Lehrerwissen in den Naturwissenschaften gegeben. Dabei wurde gezeigt, dass auch im Bereich der Naturwissenschaften der Frage nach Struktur, Inhalt und Einfluss des Lehrerwissens nachgegangen wurde, die bestehende Literatur aber als in inkohärent bezeichnet werden muss, da ein gemeinsamer theoretischer Rahmen der skizzierten Untersuchungen fehlt. Um den Stand der Forschung mit der vorliegenden Arbeit systematisch ergänzen zu können, wurde vor diesem Hintergrund ein Modell vorgestellt, das das fachspezifisch-pädagogische Wissen im Bereich der Naturwissenschaften beschreibt und sich somit als theoretisches Modell zur Verankerung der vorliegenden Arbeit anbietet. Der Einzug der bisherigen Forschung in die inhaltliche Beschreibung der einzelnen Facetten des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens untermauert dabei die theoretisch postulierte hochgradige Vernetzung dieses Wissens für den Bereich der Naturwissenschaften. Unter Einbezug einer Taxonomie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften wurde eine Arbeitsdefinition für das fachspezifisch-pädagogische Wissen für die vorliegende Dissertation abgeleitet. Demnach enthält das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen, so wie es für diese Arbeit verstanden wird, Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften, Wissen über naturwissenschaftliche Curricula, Wissen über naturwissenschaftliches Verständnis von Schülern, Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien und Wissen über die Bewertung naturwissenschaftlicher Lernleistungen. Während die allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften schon per Definition eine generelle Sichtweise auf das Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften darstellen und als generelles, für den gesamten Bereich der Naturwissenschaften gültiges, fachspezifisch-pädagogisches Wissen angenommen werden, werden die weiteren vier Komponenten dagegen als themenspezifische Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens verstanden, die auf ganz bestimmte Inhalte innerhalb der Naturwissenschaften bezogen sind.

Wie in den vorherigen Kapiteln deutlich werden sollte, sind in den vergangenen zwei Jahrzehnten auch im Bereich der Naturwissenschaften viele Forschungsarbeiten entstanden, in denen man sich mit der inhaltlichen Ausprägung der Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, deren Beziehung untereinander oder Unterschieden in den einzelnen Komponenten zwischen Experten und Novizen auseinandergesetzt hat. Studien, die die Zusammenhänge des fachspezifisch-pädagogischen Wissens mit Lernergebnissen der Schüler direkt untersucht haben, sind dagegen noch rar. Zwar liegen für den Bereich der allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen als Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens eine Reihe von Arbeiten vor, die sowohl im Bereich Mathe-

matik als auch im Bereich der Naturwissenschaften fast durchweg von positiven Effekten berichten. Im Bereich der themenspezifischen Komponenten herrscht jedoch ein Mangel an derartigen Studien. Zwar wird in aktuellen Veröffentlichungen zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen immer wieder genau diese Untersuchung der Zusammenhänge zu Schülerleistungen gefordert (Abell, 2008; Baumert & Kunter, 2006; Baxter & Lederman, 1999), aber bislang liegen m. E. nach nur zwei Studien vor, die diesen Zusammenhang direkt untersucht haben (Baumert, et al., 2010; Hill, et al., 2005). Beide Studien sind im Bereich der Mathematik durchgeführt worden und konnten zeigen, dass diese Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ein bedeutsamer Prädiktor für Lernergebnisse aufseiten der Schüler sind. Die Ergebnisse dieser Studien deuten darauf hin, dass neben den allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach auch die themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ein für den Lernerfolg von Schülern bedeutsames Merkmal der Lehrkräfte darstellen.

3 Ableiten offener Forschungsfragen, Zielsetzung und Hypothesen

3.1 Offene Forschungsfragen/Forschungsbedarf

Will man den Stand der Forschung zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften zusammenfassen, so muss man betonen, dass diese Facette des Professionswissens aufgrund der implizit angenommenen Wirkungskette vom Wissen der Lehrkraft über die Gestaltung von Unterricht hin zu positiver Beeinflussung der Lernzuwächse aufseiten der Schüler größter Aufmerksamkeit bedarf. Während es im Bereich der Vorstellungen zum Lehren und Lernen als Facette des fachspezifisch-pädagogischen Wissens schon fachübergreifende Hinweise auf die Bedeutsamkeit für Lernleistungen der Schüler gibt, muss der Stand der Forschung zu Zusammenhängen der **themenspezifischen Komponenten** des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften mit Lernfortschritten der Schüler als unbefriedigend bezeichnet werden. Zwar gibt es viele Studien, die versuchen, dieses Wissen der Lehrkräfte über distale Indikatoren wie die berufliche Zertifizierung oder die Anzahl an besuchten Fachkursen oder Fortbildungen zu erfassen und diese Proxy-Variablen nutzen, um Lernergebnisse von Schülern vorherzusagen. Diese Indikatoren, die keine Auskunft über Inhalt, Struktur und Qualität des Wissens von Lehrkräften geben, gehen jedoch mit einer inkonsistenten Befundlage über die verschiedenen Indikatoren und Fächer hinweg betrachtet einher. Der Bedarf an einer direkteren Erfassung dieses Wissens von Lehrkräften scheint offensichtlich und notwendig, um die Bedeutung dieses Faktors in der Unterrichtsforschung genauer bestimmen zu können. Studien, die diese themenspezifischen Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften direkt und fachspezifisch erfassen und mit Lernleistungen von Schülern in Zusammen-

hang bringen, liegen aber bislang nur im Bereich der Mathematik vor. Für den Bereich der Naturwissenschaften fehlen diese Studien, die die Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens direkt erfassen und mit Lernerfolgsmaßen aufseiten der Schüler in Zusammenhang bringen, bisher vollständig, sowohl im Primar- als auch im Sekundarbereich. Obwohl es insbesondere im Sekundarbereich erste Instrumente zur fachspezifischen und direkten Erfassung gibt, bleibt die spannende Frage nach der prädiktiven Validität von themenspezifischen Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens für die Lernfortschritte von Schülern im Bereich der Naturwissenschaften offen. Dennoch ist vor dem Hintergrund, dass das Unterrichten und somit das Erzeugen von Lernfortschritten bei Schülern zu den Kernaufgaben der Lehrertätigkeit gehört, genau diese Frage nach der praktischen Bedeutsamkeit bei der Entwicklung dieser Testinstrumente grundlegend. Ob eine Lehrkraft einen hohen Score in einem Papier-und-Bleistift-Test erzielt oder nicht, ist nur von Bedeutung, wenn dieser Test prädiktiv für die Unterrichtsqualität und damit für die Lernleistungen der Schüler ist. Und obwohl die zuvor skizzierten Studien aus dem Bereich der Mathematik in beeindruckender Weise gezeigt haben, dass das mathematikbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen ein bedeutsamer Prädiktor für die Fachleistung der Schüler ist, bleibt die Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf andere Fächer zu überprüfen. Vor dem Hintergrund der starken Kontextgebundenheit der bisherigen Forschungsergebnisse zum Einfluss der Variablen Lehrkraft bei der Erklärung der Lernleistungen von Schülern können die Ergebnisse aus dem mathematischen Bereich nicht einfach auf die naturwissenschaftliche Domäne übertragen werden. Es erscheint daher sinnvoll, der auch bildungspolitisch spannenden Frage nach dem Einfluss der themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften nachzugehen.

3.2 Zentrale Zielsetzungen

Vor dem Hintergrund der skizzierten offenen Forschungsfragen ist es das zentrale Anliegen der vorliegenden Arbeit, Zusammenhänge zwischen den themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften und Lernfortschritten der Schüler zu untersuchen. Obwohl hier Forschungsbedarf sowohl für die Sekundar- als auch für die Primarstufe besteht, soll der Frage zunächst für Lehrkräfte aus dem Bereich der Grundschule nachgegangen werden. Wie später gezeigt werden wird, ist es durch die Anlage des Projektes, in das die vorliegende Arbeit eingebettet ist, auch möglich, dieser Frage für den Bereich der Sekundarstufe nachzugehen. Diese Analyse sowie schulstufenspezifische Vergleiche zwischen den beiden Populationen werden aber nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sein, sondern in daran anschließenden Forschungsvorhaben erkundet. Konkretisiert man vor diesem Hintergrund das

zentrale Anliegen der vorliegenden Arbeit, so umfasst die **erste Zielsetzung** die Analyse der Zusammenhänge zwischen den themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften und Lernfortschritten aufseiten der Schüler. Überträgt man diese Zielsetzung auf das in Kapitel 2.2.6 skizzierte Angebots-Nutzungs-Modell der Wirkungsweise von Unterricht, so liegt der Studie eine Art *Black Box-Modell* zugrunde, das ausschließlich den Zusammenhängen zwischen einem ausgewählten Merkmal von Lehrkräften und Lernerfolgsmaßen aufseiten der Schüler nachgeht, ohne dabei die vermittelnden Unterrichts- und Mediationsprozesse zu berücksichtigen.

Die themenspezifischen Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften werden dabei als fachspezifische Komponenten des professionellen Lehrerwissens und somit als subjektive mentale Repräsentation angesehen, die nur das Wissen, nicht das Handeln von Lehrkräften umfassen. Bezogen auf die Naturwissenschaften umfassen diese themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens dabei, wie in Kapitel 2.3.3.3 bereits dargelegt, Wissen über die Lehr- und Lernbarkeit von Unterrichtsinhalten, genauer Wissen über Curricula und Unterrichtsmaterialien, Bedingungen verständnisvollen Lernens, Lehrstrategien und Möglichkeiten der Bewertung der Lernleistungen, die jeweils sehr spezifisch auf einzelne Themen bezogen sind und nicht wie die allgemeinen Vorstellungen zum Lehren und Lernen situationsübergreifend für das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen allgemein gelten.

Als Kriterium für den Lernerfolg von Schülern wird das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte herangezogen (siehe Kap. 2.1.1). Wegen der hohen Relevanz des domänenspezifischen Vorwissens von Schülern für spätere Lernerfolge (siehe Kap. 2.2.6) soll das konzeptuelle Verständnis der Schüler längsschnittlich in einem Prä-/Post-Design erfasst werden.

Da die Themenspezifität der untersuchten Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften eine themenspezifische Untersuchung der Fragestellung impliziert, soll sowohl das Wissen der Lehrkräfte als auch das konzeptuelle Verständnis der Schüler in einem fokussierten Inhaltsbereich erfasst werden. Aufgrund des übergeordneten Untersuchungsdesigns der PLUS-Studie, in die die vorliegende Untersuchung eingebettet ist, wurde hierzu das Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser gewählt. Der Hintergrund für diese Fokussierung sowie die Diskussion von Vor- und Nachteilen eines solch themenspezifischen Untersuchungsansatzes werden in den folgenden Kapiteln der Arbeit näher beschrieben bzw. diskutiert.

Da kein Instrument zur direkten Erfassung der o.g. themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften existiert, stellt die Entwicklung eines solchen Instrumentes das **zweite Ziel** dieser Arbeit dar. Dabei

scheint eine, wie im COACTIV-Projekt realisierte, separate Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens – getrennt vom fachspezifischen Wissen – sinnvoll und notwendig, da es sich zumindest im Bereich Mathematik um zwei trennbare Konstrukte handelt, die unterschiedliche prädiktive Validität in Hinblick auf das Kriterium Lernleistung aufweisen. Im Zuge der Testkonstruktion stellt sich in Bezug auf die klassischen Gütekriterien des Instrumentes neben Überprüfung der Objektivität und Reliabilität insbesondere die Frage nach der Validität des Instrumentes. Wie in den Arbeiten von Kleickmann (2008) und Hill und Schilling (2007) kann auch die unter der ersten Zielsetzung formulierte Hauptfragestellung der vorliegenden Arbeit nach Zusammenhängen des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens mit Lernfortschritten der Schüler als Frage der prädiktiven bzw. ökologischen Validität des Instrumentes zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens gesehen werden. Ökologische Validität bezeichnet dabei:

[...] the kinds of evidence researchers provide concerning the relevance of a measurement technique to classroom life. Are teachers' performances on a particular tool or task related to their classroom behaviors or to valued student outcomes? (Kagan, 1990, S. 422)

Baxter und Lederman (1999) sowie Schilling und Hill (2007) empfehlen diese Vorgehensweise zur Bewertung der Validität von Maßen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften.

3.3 Forschungsleitende Hypothese

Relevante Theorien und Ergebnisse der Forschung, die zum Aufstellen einer forschungsleitenden Hypothese zu Zusammenhängen der themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften mit Lernfortschritten aufseiten der Schüler herangezogen werden, sind zum einen die theoretischen Ansätzen und Befunde zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen, die die theoretische Basis für das, was Lehrer wissen sollten, bilden (siehe Kap. 2.1). Darüber hinaus sollen die theoretischen Ansätze und Befunde zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen als Teil des Professionswissens von Lehrkräften (siehe Kap. 2.3), die die zentrale Rolle des fachspezifisch-pädagogischen Wissens betonen und dieser Facette die größte Bedeutung für das unterrichtliche Handeln der Lehrkräfte und darüber vermittelt für Lernzuwächse aufseiten der Schüler zuschreiben, hinzugezogen werden. Besonders wertvolle Hinweise für das Aufstellen einer Hypothese geben die Befunde aus den mathematikdidaktischen Studien, die die interessierenden Zusammenhänge direkt untersucht haben und einen positiven Zusammenhang zwischen dem themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften und Lernfortschritten aufseiten der Schüler für die Domäne der Mathematik empirisch nachweisen konnten (siehe Kap. 2.3.4). Vor diesem zuvor ausführlich skizzierten theoretischen Hintergrund und

Stand der Forschung lautet die **forschungsleitende Hypothese** der vorliegenden Arbeit wie folgt:

HYPOTHESE: Für das themenspezifische fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften werden positive Zusammenhänge mit Lernfortschritten seitens der Schüler erwartet.

Im sich anschließenden methodischen Teil dieser Arbeit wird über das Erhebungsdesign und die Erhebungsbedingungen, die zur Verfügung stehende Stichprobe sowie die statistischen Verfahren der Datengewinnung und -auswertungsmethoden zur statistischen Überprüfung der oben aufgestellten Hypothese informiert.

4 Methoden

Um die zentrale Frage der vorliegenden Arbeit nach Zusammenhängen zwischen themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften und Lernzuwächsen der Schüler beantworten zu können, wird in der vorliegenden Untersuchung aus einem an die DFG-Forschergruppe NWU (Naturwissenschaftlicher Unterricht) angebotenen Projekt mit dem Titel „Professionswissen von Lehrkräften, naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe“ (PLUS-Projekt) zurückgegriffen. Im Folgenden werden zunächst das PLUS-Projekt selbst sowie die Einbettung der vorliegenden Studie in dieses übergeordnete Projekt skizziert, bevor die Anlage der vorliegenden Studie selbst sowie die Charakteristika der Stichproben der Lehrkräfte und deren Schüler dargestellt werden. Zur Erfassung der themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich der Naturwissenschaften wurde im Rahmen dieser Studie ein Papier-und-Bleistift-Test entwickelt. Auf dessen Konstruktion sowie Gütekriterien des Instrumentes wird im Anschluss an die Stichprobenbeschreibung eingegangen. Das konzeptuelle Verständnis der Schüler als abhängige Variable der vorliegenden Untersuchung wurde ebenfalls mit Hilfe eines Papier-und-Bleistift-Tests erhoben, der zentral im Projekt entwickelt worden ist. Die Operationalisierung des konzeptuellen Verständnisses sowie die Konstruktion und Bepunktung des eingesetzten Fragebogens werden ebenfalls in Form eines Unterkapitels kurz erläutert. Nach der Vorstellung der Messinstrumente zur Erfassung der abhängigen und unabhängigen Variablen wird die Erhebung der in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigten Kontrollvariablen und deren Erfassungsmethoden vorgestellt. Das methodische Kapitel schließt mit einem Unterkapitel zum Umgang mit fehlenden Werten sowie zum angewandten mehrebenenanalytischen Auswertungsverfahren.

4.1 Anbindung an das DFG- Projekt „PLUS“ und Anlage der Studie

Das PLUS-Projekt, an das die vorliegende Dissertation angebinden ist, ist aus einer Problemsituation heraus entstanden: Internationale Vergleichsstudien (TIMSS, PISA und IGLU-E) geben Hinweise darauf, dass Schüler der Grundschule in Deutschland im internationalen Vergleich ein relativ gesehen besseres naturwissenschaftliches Verständnis erzielen und bessere motivationale Voraussetzungen für die Beschäftigung mit Naturwissenschaften zeigen als Schüler der Sekundarstufe (z. B. Baumert et al., 2001; Prenzel, et al., 2003). Diese Unterschiede könnten mit der Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule und in der Sekundarstufe zusammenhängen. Mittlerweile gibt es insbesondere für den physikbezogenen Lernbereich einige Evidenz für einen eher fragend entwickelnden, lehrerzentrierten naturwissenschaftlichen Unterricht mit eher geringer Schülerorientierung in der Sekundarstufe und für einen stärker erfahrungs- und interessenorientierten Unterricht in der Grundschule (Gais & Möller, 2005; Seidel & Prenzel, 2004). Unterschiede im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule und der Sekundarstufe könnten insbesondere mit Unterschieden im Professionswissen und in motivationalen Orientierungen von Grundschul- und Sekundarstufenlehrkräften zusammenhängen, da es sich eher um fachliche Generalisten im ersten Fall und fachliche Spezialisten im zweiten Fall handelt (Gess-Newsome, 1999b; Harlen, 1992). Einige Studien haben bereits auf Unterschiede im Professionswissen und in motivationalen Orientierungen dieser beiden Gruppen von Lehrkräften hingewiesen (Book & Freeman, 1986; Harlen, 1992). Wie ausgeprägt die Unterschiede zwischen den Schulstufen bzgl. des physikbezogenen Unterrichts gegen Ende der Grundschulzeit und in der Orientierungsstufe sind, welche Wirkungen schulstufenspezifische Merkmale auf der Seite der Lehrkräfte und des Unterrichts auf motivationale und leistungsbezogene Schülermerkmale haben, wie aus der subjektiven Sicht der Schüler diese Veränderungen im Übergang zwischen den Schulstufen wahrgenommen werden und wie sich die wahrgenommenen Veränderungen auf motivationale Zielkriterien auswirken, ist bis heute allerdings nicht genau bekannt, da Studien fehlen, die den physikbezogenen Bereich im Schulstufenübergang systematisch vergleichend untersuchen. Genau in dieser Forschungslücke setzt das PLUS-Projekt an. Die zentralen Untersuchungsbereiche „Lehrkräfte“ (Professionswissen, Ausbildungshintergrund, selbstbezogene Kognitionen und motivationale Orientierung), „Unterricht“ (Verständnisorientierung, Interessensorientierung, Klassenführung), „Wahrnehmung des Unterrichts durch Schüler“ sowie „Zielkriterien“ (Leistung, Interesse und selbstbezogene Variablen) sollen schulstufenübergreifend untersucht und zentrale Beziehungen zwischen den genannten Merkmalen analysiert werden.

Um den Fragen nach Zusammenhängen zwischen den zentralen Untersuchungsbereichen und Unterschieden zwischen den Schulformen nachgehen zu können, wurde ein querschnittliches Untersuchungsdesign gewählt. Dazu wurden jeweils 60 Lehrkräfte aus der Primar- und der Sekundarstufe

(in der Sekundarstufe je 30 Lehrkräfte der Schulformen Hauptschule und Gymnasium) gebeten, eine Unterrichtsreihe zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser durchzuführen. Dieses Thema wurde gewählt, da es sowohl in der Primarstufe als auch in der Sekundarstufe unterrichtet wird. Bei der methodischen Gestaltung des Unterrichts wurde den Lehrkräften freie Hand gelassen. Die Teilnahme an der Studie war für die Schulen und Lehrkräfte freiwillig, die Beteiligungsquote nach Erstkontakt lag bei etwa 20%. Durch die beiden Standorte Münster und Essen wurde eine beinahe gleichmäßige Stadt-Land-Verteilung ermöglicht. Die Erhebungen im Grundschulbereich fanden zunächst im zweiten Halbjahr des Schuljahres 2007/2008 statt. Aufgrund der relativ geringen Beteiligung wurden weitere Klassen im ersten Halbjahr 2008/2009 nacherhoben. In den Klassen der Sekundarstufe hat die Datenerhebung im ersten Halbjahr 2008/2009 begonnen und wurde im März 2010 abgeschlossen.

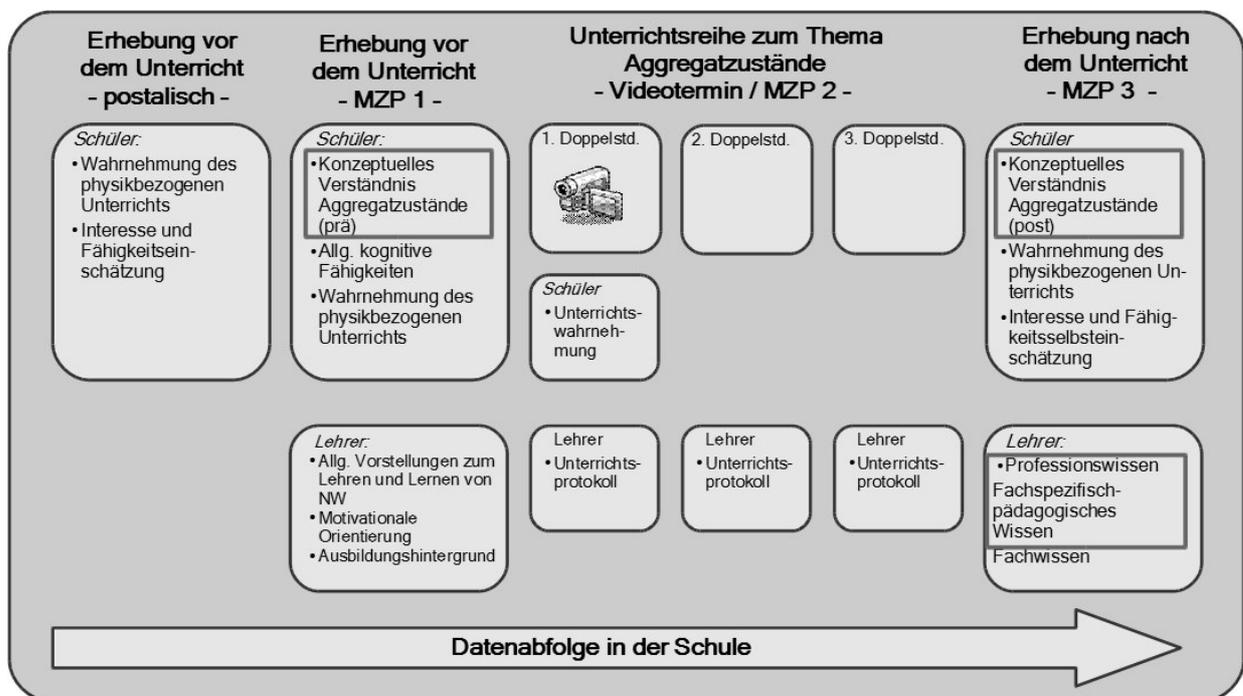


Abbildung 5: Anlage des DFG-Projekts: Abfolge der Erhebungen. Grau umrandet sind die Bereiche, die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegen.

Die Datenerhebung erfolgte in mehreren Schritten (siehe Abb. 5). Zunächst erhielten die Lehrkräfte per Post Fragebögen, in denen die Schülerwahrnehmung der Interessen- und Verständnisorientierung des bisherigen Unterrichts sowie die Interessens- und selbstbezogenen Schülermerkmale erfasst wurden. Zum ersten Messzeitpunkt (vor Beginn der Unterrichtsreihe) wurden der Schülerleistungstest, der kognitive Fähigkeitstest und die Erfassung der Schülerwahrnehmung der Klassenführung des bisherigen Unterrichts im Fragebogen durch die Projektmitarbeiter durchgeführt. Die Lehrkraft erhielt einen Fragebogen zu ihren Vorstellungen zum Lehren und Lernen, ihren motivatio-

nen Orientierungen und zum Ausbildungshintergrund. Zum zweiten Messzeitpunkt wurde eine Doppelstunde, die den Einstieg in die Unterrichtsreihe bildete, durch Mitarbeiter videografiert und die Wahrnehmung der Unterrichtsmerkmale durch die Schüler bezogen auf diese Stunde erfragt. Die Lehrkraft wurde mit dem standardisierten Unterrichtstagebuch vertraut gemacht, in dem die weiteren Stunden zum Thema dokumentiert wurden. Im dritten Messzeitpunkt wurden der Leistungstest, die Fragebögen zur Interessens- und Verständnisorientierung der vorangegangenen Unterrichtsreihe und der Fragebogen zu den interessens- und selbstbezogenen Schülermerkmalen von Mitarbeitern durchgeführt. Die Lehrkraft bearbeitete parallel die Tests zum fachspezifisch-pädagogischen und zum fachspezifischen Wissen. Der Fragebogen zum sozioökonomischen Hintergrund wurde an die Schüler verteilt und später von deren Eltern ausgefüllt und per Post zurückgesandt.

4.2 Anlage der vorliegenden Untersuchung

Die zur Beantwortung der oben aufgeführten Forschungsfrage notwendigen Daten entstammen den in Abbildung 5 grau markierten Erhebungen. Die teilnehmenden Lehrkräfte wurden gebeten, das für die PLUS-Studie zentrale Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser in einem Umfang von drei Doppelstunden in Klassen der vierten Jahrgangsstufe zu unterrichten⁸. Das konzeptuelle Verständnis der Schüler zu genau diesem Themenbereich wurde vor und nach der Unterrichtsreihe mit Hilfe eines Fragebogens erfasst. Das Verständnis der den Phänomenen der Aggregatzustände und ihrer Übergänge zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Konzepte (exemplarisch ausgewählt: Kondensation und Verdunstung), das nach dem Unterricht erfasst wurde, wird als Zielkriterium für die vorliegende Untersuchung herangezogen. Da die Lernfortschritte der Schüler nicht über ein Schuljahr hinweg, sondern domänenspezifisch in Zusammenhang mit einer Unterrichtsreihe betrachtet werden, kann von einem themenspezifischen Untersuchungsdesign gesprochen werden.

Da es sich im PLUS-Projekt um eine quasi-experimentelle Felduntersuchung handelt, in der die natürlich vorgefundenen Gruppen mit ihren jeweiligen spezifischen Besonderheiten in ihrer natürlichen Umgebung untersucht werden und die in der Population der Lehrkräfte „natürlich“ vorkommenden Unterschiede zur Erzeugung von Varianz in der unabhängigen Variablen genutzt wird, wurden den Lehrkräfte außer einer Themenbeschreibung keine zusätzlichen Materialien oder Leitfäden für die Gestaltung des Unterrichts zur Verfügung gestellt. Die Themenbeschreibung, die eine Beschreibung der im Schülertest vorkommenden Inhaltsbereiche umfasst, sollte eine Passung zwischen den unterrichteten und den im Test abgefragten Themen sicherstellen.

Das fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte wurde im Bereich der themenspezifischen

8 Eine Lehrkraft unterrichtete das Thema aus schulorganisatorischen Gründen in einer dritten Klasse.

schen Komponenten im Inhaltsbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser mittels eines Fragebogens, auf den inhaltlich in Kapitel 4.4 näher eingegangen wird, am Ende der Unterrichtseinheit erfasst. Diese Erfassung nach der Unterrichtsreihe fand aus zweierlei Gründen statt: Da Lehrkräfte insbesondere im Bereich des Sachunterrichts der Grundschule eher „Generalisten“ sind, die viele sehr unterschiedliche Themen unterrichten müssen, verläuft die Vorbereitung auf einzelne Unterrichtsreihen häufig gezielt und in der Regel auch zeitnah zu dieser. Um allen Lehrkräften die gleiche Möglichkeit zur Vorbereitung zu bieten, wurde dieser Test zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen nicht zu Beginn, sondern zum Ende der Unterrichtsreihe durchgeführt. Darüber hinaus sollte auch vermieden werden, dass die Lehrkräfte durch im Test gestellte Fragen und angebotene Antwortmöglichkeiten in der Durchführung ihres Unterrichts beeinflusst oder gar von der Teilnahme an der Studie abgeschreckt werden.

4.3 Stichproben

Die in dieser Arbeit dargestellten Untersuchungen basieren auf einer Stichprobe von 60 Grundschullehrkräften und deren in den vorgefundenen Klassen gruppierten Schülern, die an der oben beschriebenen PLUS-Studie teilgenommen haben. Im Folgenden werden die Stichproben der Lehrkräfte und der Schüler näher beschrieben.

4.3.1 Stichprobe der Lehrkräfte

59 der insgesamt 60 teilnehmenden Grundschullehrkräfte führten den Unterricht zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser in der vierten Jahrgangsstufe durch. Nur eine Lehrkraft musste aus organisatorischen Gründen auf ein drittes Schuljahr zurückgreifen, was vor dem Hintergrund der verfügbaren Kontrollvariablen wie Alter und Vorwissen vertretbar scheint. In vier der beteiligten 60 Grundschulklassen kam es vor, dass mehrere Lehrkräfte für den Sachunterricht zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge im Klassenraum anwesend waren (i. d. R. Lehramtsanwärter und Mentor). Obwohl beiden Lehrkräften Identifikationsnummern zugeteilt wurden, wurde für die Analysen der vorliegenden Arbeit jeder Klasse eine Lehrkraft zugeordnet. Es wurde die Lehrkraft berücksichtigt, die nach einem Screening der als Videoaufnahme zur Verfügung stehenden Unterrichtsstunde den größten Anteil an der Planung und Umsetzung des Unterrichts hatte und den Unterricht für die Schüler wahrnehmbar am deutlichsten leitete (gemeinsame Klassen- sowie die Arbeitsphasen). Für Klassen mit den Identifikationsnummern 2 und 31 waren das die jeweiligen Lehrkräfte; für Klassen mit den Identifikationsnummern 25 und 47 die jeweiligen Lehramtsanwärter.

Um Anhaltspunkte für die Repräsentativität der vorliegenden Stichprobe zu erhalten, wurde sie

mit einer für Nordrhein-Westfalen (NRW) weitgehend repräsentativen Stichprobe von Grundschullehrkräften ($n=277$) verglichen (Möller, 2004). Der Vergleich der beiden Stichproben erfolgte hinsichtlich allgemeiner soziodemografischer Daten, des Interesses am Unterrichten von Physik, des Sachinteresses Physik, der Selbstwirksamkeitserwartung und des Fähigkeitsselbstkonzeptes in Bezug auf das Unterrichten physikalischer Themen. Für die Bestimmung der Abweichung zwischen den beiden Stichproben wurden für die metrischen Variablen Effektgrößen für einen Gruppenunterschied berechnet. Dazu wurde die Differenz zwischen dem Mittelwert der als repräsentativ angenommenen NRW-Stichprobe und dem Mittelwert der Untersuchungsstichprobe durch die Standardabweichung der NRW-Stichprobe geteilt (Kleickmann, 2008). In Anlehnung an die von Cohen (1992) vorgeschlagenen Konventionen für die Interpretation von Effektgrößen sind Effektgrößen mit einem Betrag von .2 als „klein“, mit .5 als „mittel“ und mit .8 als „groß“ zu bezeichnen.

Wie Tabelle 3 verdeutlicht, zeigen sich hinsichtlich der allgemeinen soziodemografischen Daten, im Fall der vorliegenden Untersuchung dem Alter und der Berufserfahrung in Dienstjahren, nur als klein zu bewertende Abweichungen zwischen der Untersuchungsstichprobe und der NRW-Stichprobe. Auch bezüglich der Geschlechterverteilung entspricht der in der vorliegenden Stichprobe vorgefundene Anteil weiblicher Lehrkräfte (85%) in etwa dem in der NRW-Stichprobe gefundenen Anteil (89,9%).

Tabelle 3: Unterschiede in soziodemografischen Daten und motivationalen, sowie selbstbezogenen Variablen zwischen der vorliegenden Stichprobe und einer für NRW repräsentativen Stichprobe

Vergleichsvariable	M (PLUS)	SD (PLUS)	M (NRW)	SD (NRW)	Effektgröße
Alter	43.25	12.23	41.93	11.16	0.12
Berufserfahrung	16.84	12.79	15.78	12.47	0.09
Interesse am Unterrichten physikbezogenen Sachunterrichts	3.42	0.76	2.89	0.90	0.59
Selbstwirksamkeitserwartungen bzgl. des Unterrichtens physikbezogenen Sachunterrichts	3.03	0.78	2.58	0.91	0.49
Fähigkeitsselbstkonzept Physik	2.42	0.82	1.95	0.82	0.58
Sachinteresse Physik	3.03	0.68	2.52	0.82	0.62

Anmerkungen. Stichprobe der vorliegenden Untersuchung $n = 60$; Stichprobe der NRW-Stichprobe $n = 269$ bis $n = 276$. Die Skalen zu den motivationalen und selbstbezogenen Variablen basieren auf einer fünfstufigen Likert-Skala mit den Werten 0-4.

Für die motivationalen und selbstbezogenen Variablen in Bezug auf das Unterrichten von physikbezogenen Themen im Sachunterricht zeigen sich dagegen mittlere Effekte. Die Untersuchungsstichprobe setzt sich aus Lehrkräften zusammen, die ein stärkeres Interesse am Unterrichten physikbezogenen Sachunterrichts haben, deren Selbstwirksamkeitserwartung und Fähigkeitsselbstkonzept

hinsichtlich des Unterrichts physikbezogener Themen im Sachunterricht höher ist und die ihr Sachinteresse an Physik höher einschätzen als die Vergleichsgruppe der NRW-Stichprobe.

4.3.2 Schülerstichprobe

Die Schülerstichprobe umfasst insgesamt 1326 Schüler und wird aus den von den oben beschriebenen Lehrkräften unterrichteten 60 (Sachunterrichts-)Klassen gebildet. Zur Beschreibung der Schülerstichprobe werden ebenfalls soziodemografische Daten sowie Daten über ihre allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und den familiären sozioökonomischen Status herangezogen. Die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Schüler wurden über zwei Subtests des CFT 20-R als Maß für die nonverbale Intelligenz erfasst (Weiß, 2005). Zur Ermittlung des sozioökonomischen Status wurden die über eine Selbstauskunft erhobenen Daten über die von den Erziehungsberechtigten ausgeübten Berufe über den International Socio-Economic Index (ISEI) operationalisiert (Ganzeboom & Treiman, 2003). Tabelle 4 zeigt neben dem Alter der Schüler entsprechend auch den in den beiden CFT-Subskalen erreichten Summenwert sowie den ISEI-Wert⁹ der weiblichen und männlichen Erziehungsberechtigten sowie einen gemeinsamen Score für beide Erziehungsberechtigte zur Beschreibung der vorliegenden Schülerstichprobe.

Tabelle 4: Deskription der Schülerstichprobe

Variable	M	Min.	Max.	SD
Alter	10.27	8.08	12.58	.63
CFT	14.91	1.00	23.00	3.50
ISEI weibl. Erziehungsberechtigte	30.99	0.00	88.00	25.58
ISEI männl. Erziehungsberechtigter	39.30	0.00	88.00	23.22
ISEI gesamt	70.43	0.00	176.00	36.40

Anmerkungen. Stichprobe der vorliegenden Untersuchung aufgrund von fehlenden Werten zwischen $n = 1326$ und $n = 1012$. CFT als Summenwert (theoretische Werte von min. 0 bis max. 26). ISEI als Wert von min. 0 (Erwerbslose) bis max. 90 (z. B. Richter).

Das durchschnittliche Alter der Schüler in der vorliegenden Stichprobe beträgt 10.27 Jahre mit einer Spannweite von 8 bis 12 Jahren. 46,9% der Schüler sind weiblich. Von den maximal 26 Punkten im CFT erreichten die Schüler der vorliegenden Stichprobe im Mittel 14,91 Punkte. Der ISEI-Wert der weiblichen Erziehungsberechtigten liegt durchschnittlichen bei 30.99, der der männlichen Erziehungsberechtigten bei 39.30 Punkten.

⁹ Da in der vorliegenden Studie ein ISEI-Wert von 0 für Erwerbslose vergeben wurde, der im ISEI-Kodiermanual nicht vorgesehen ist, ist der sozioökonomische Status der Schüler in der vorliegenden Stichprobe nicht mit Angaben aus anderen Studien vergleichbar.

4.4 Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften

Im Zentrum des vorliegenden Kapitels steht die Beschreibung der Entwicklung des Tests zur Erfassung der themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften. Einleitend sollen verschiedene bestehende Verfahren zur Erfassung von fachspezifisch-pädagogischem Wissen skizziert und auf Vor- und Nachteile hin diskutiert werden. Vor diesem Hintergrund wird die Wahl des in dieser Arbeit eingesetzten Instrumentes begründet, bevor auf die theoretische Konzeptualisierung und die Operationalisierung der gewählten Konstrukte eingegangen wird. Anschließend werden das Vorgehen bei der Testentwicklung sowie zentrale Kennwerte der Itemanalyse berichtet, um Hinweise auf die Qualität des entwickelten und eingesetzten Instrumentes zu geben.

4.4.1 Verfahren zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens

Baxter & Lederman (1999) übertragen die Probleme, die Kagan (1990) für das Erfassen von Lehrerkognitionen allgemein beschrieben hat, auf die Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens und identifizieren zwei grundsätzliche Probleme: Eine erste Schwierigkeit besteht darin, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen nicht direkt beobachtet werden kann. Schon von der Definition her betrachtet, ist das fachspezifisch-pädagogische Wissen ein internes Konstrukt, da es sich um Wissen, also kognitive Strukturen des Lehrers handelt. Da die Verhältnisse zwischen Wissen und Handeln äußerst komplex sind (z. B. Neuweg, 2004), kann man nicht davon ausgehen, dass sich das Wissen der Lehrkraft komplett in ihren Handlungen äußert. Dadurch ist die Erfassung durch Beobachtungen von Außenstehenden nur eingeschränkt möglich. Außerdem bekäme man auf diese Art und Weise immer nur einen kleinen Ausschnitt des Repertoires zu sehen (z. B. nur die Repräsentationsformen, die gewählt wurden, nicht die, gegen die sich eine Lehrkraft entschieden hat). Vor dem Hintergrund dieser Schwierigkeiten scheint es Baxter und Lederman (1999) ratsam, Lehrkräfte nach ihrem Wissen zu befragen bzw. sie dazu zu bringen, ihr Wissen zu artikulieren. Hier entsteht das zweite Problem, nämlich das, dass Lehrkräften ihr Wissen oftmals nicht bewusst ist und ihnen eine Sprache oder Struktur zur Artikulation und Diskussion dieses Wissens fehlt (Carter, 1993; Kagan, 1990). Um dieses Problem zu überwinden, wurde eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Erfassung dieses Wissens entwickelt, die Baxter und Lederman (1999) für den Bereich der naturwissenschaftlichen Lehrerforschung ebenfalls zusammengefasst haben: Die meisten Untersuchungen zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens stützen sich auf den Einsatz qualitativer Forschungsmethoden wie strukturierte, teilstrukturierte oder Stimulated Recall-Interviews, die Methode des Concept-Mappings oder des Sortierens von Begriffen in Form von Karten (z. B. Gess-Newsome & Lederman, 1993; Loughran, et al., 2004; Morine-Dershimer, 1989). Obwohl diese Me-

thoden tiefe und wertvolle Erkenntnisse über die inhaltliche Ausprägung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens erbringen, liefern sie häufig keine Daten mit denen statistische Analysen z. B. zur Prüfung von Hypothesen durchgeführt werden können. Aufgrund des enormen Erhebungs- und Auswertungsaufwandes sind diese Methoden eher als ineffizient zu bezeichnen und können kaum in größeren Stichproben angewandt werden. Baxter und Lederman (1999) benennen zudem geschriebene, gesprochene oder likert-skalierte Selbsteinschätzungen sowie Fragebögen mit offenen oder geschlossenen Antwortformaten als weitere Methoden zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens. Während die likert-skalierten Selbsteinschätzungen zur Erfassung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen schon etabliert sind, erscheinen Fragebögen in Form von Tests angemessener, um die themenspezifischen Wissenskomponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens zu erfassen (Terhart, 2007). Ziel wäre dabei die Erfassung „maximalen Verhaltens“ (Cronbach, 1970, S. 35-36) in der Testsituation, wie dies für einen Leistungstest typischerweise der Fall ist, wohingegen die Vorstellungen zum Lehren und Lernen eher als „typische Ausprägung“ erfasst werden (Kleickmann, 2008, S. 112). Wie in Kapitel 2.3.4.4 bereits aufgezeigt, gibt es im Bereich der Naturwissenschaften bisher nur erste Versuche zur direkten Erfassung der themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Riese & Reinhold, 2008), während für den Bereich der Mathematik derartige Tests bereits vorliegen, die ausgiebig auf Testgütekriterien sowie auf Validitätsaspekte geprüft worden sind (Hill, et al., 2007; Krauss, Baumert, & Blum, 2008). Die Hauptkritik an einer solchen direkten Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens wird im Hervorbringen von verkürzten und somit nicht validen Ergebnissen sowie im Bestimmen von „richtigen“ Antworten gesehen (Baxter & Lederman, 1999; Van Driel & MaKinster, 2010). Im Bereich der Naturwissenschaften ist es vor diesem Hintergrund bislang üblich, das fachspezifisch-pädagogische Wissen über multiple Methoden zu erfassen, d. h. durch den Einsatz von Kombinationen aus Interviews, Concept Maps, Konfrontationen mit speziell ausgewählten Videosequenzen, Unterrichtsbeobachtungen und Tests. Die erhobenen Daten werden dann trianguliert und führen in der Regel zu Profilen von fachspezifisch-pädagogischem Lehrerwissen (de Jong, et al., 2005; Hashweh, 1987; Jones & Moreland, 2004; Smith & Neale, 1989; van Driel, et al., 1998). Das Problem bei diesen multiplen Methoden ist der enorme Erhebungs- und Durchführungsaufwand für Lehrkräfte und Forschergruppen, der dadurch zu kleinen, wenig repräsentativen Stichproben führt. Die Generalisierbarkeit der so gewonnenen Ergebnisse ist daher enorm eingeschränkt. Zudem sind die eingesetzten Methoden oft so kompliziert, dass das Replizieren der Studien nicht möglich erscheint. Auch der Mangel an Angaben zu Testgütekriterien und statistischen Analysen bezüglich der eingesetzten Instrumente macht das Replizieren und Vergleichen von Ergebnissen nahezu unmöglich.

Da die vorliegende Studie nicht in Anspruch nimmt, das fachspezifisch-pädagogische Wissen von

Grundschullehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften als internes und externes Konstrukt allumfassend sowie inklusive aller Unterfacetten zu erheben, sondern nur auf die zuvor definierten themenspezifischen Bereiche in einem einzigen, durch die Anbindung an das PLUS-Projekt vorgegebenen, Inhaltsgebiet fokussiert, scheint ein Wissens- und Kenntnistest das geeignetste Instrument zur Erfassung des Wissens von Lehrkräften zu sein (Terhart, 2007). Im Zuge des zuvor beschriebenen Gesamtprojektes PLUS lassen sich aber durch die Erfassung weiterer Lehrermerkmale, wie z. B. der Erfassung der Vorstellungen zum Lehren und Lernen und der Videografierung einer Unterrichtssequenz der Lehrkräfte, in weiterführenden Arbeiten mehrere Perspektiven zusammenbringen, so dass dem Ruf nach multipler Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens Rechnung getragen wird. Das Zusammenführen der Ergebnisse der unterschiedlichen Methoden kann zum einen zur Validierung des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Wissenstests zum themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissen eingesetzt werden, wie es in Ansätzen auch in Kapitel 4.4.3.3 geschehen soll, oder über diese Arbeit hinausgehenden Modellierungen von durch multiple Methoden erfasstem fachspezifisch-pädagogischem Wissen dienen.

4.4.2 Entwicklung des Tests zur Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zu überprüfen, ob das fachspezifisch-pädagogische Wissen im Bereich der Naturwissenschaften mit Lernfortschritten der Schüler in Beziehung steht. Dabei wird das fachspezifisch-pädagogische Wissen als latente Variable betrachtet, auf die aus den Äußerungen der Lehrkräfte, z. B. aus Antworten auf Fragen in einem Leistungstest, geschlossen werden kann. Der zur Beantwortung der Forschungsfrage benötigte Test wurde als Wissens- und Kenntnistest mit überwiegender Powerkomponente im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelt, da keine entsprechenden Instrumente zur direkten Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften vorliegen, auf die man hätte zurückgreifen können. In Anlehnung an Terhart (2007), der solche Tests für die Erfassung von berufsbezogenem Wissen vorschlägt, ist die Erfassung des Wissens von der Erfassung der Reflexions- und Urteilsfähigkeit sowohl inhaltlich als auch methodisch zu unterscheiden. Im Folgenden wird also ein Wissens- und Kenntnistest zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens vorgestellt, der im Rahmen der zuvor vorgestellten PLUS-Studie eingesetzt wurde. Aufgrund der engen Anbindung an das Projekt wurde eine Bearbeitungszeit des Tests von etwa 45 Minuten angestrebt, um den Test innerhalb der im Projekt durchgeführten Testtage an den Schulen selbst in Anwesenheit eines Testleiters durchführen zu können und so Störeinflüsse durch unterschiedliche Bearbeitungszeiten oder die Verwendung von Hilfsmaterialien (die ausgeschlossen waren) zu vermeiden. Diese zeitliche Vorgabe stellte eine Herausforderung

für die Instrumententwicklung dar. Das Ziel, das Wissen der Lehrkräfte reliabel über mehrere Unterfacetten der themenspezifischen Komponenten hinweg zu erfassen, erfordert einerseits hinreichend große Itemzahlen. Andererseits war die Anzahl der Items durch die zeitliche Vorgabe beschränkt. Aufgrund der kleinen Stichprobe konnte kein rotiertes Testdesigns eingesetzt werden. Stattdessen wurde versucht, dem Problem sowohl durch eine Fokussierung der zu erfassenden Konstrukte mit der Beschränkung auf nur ein Inhaltsgebiet, als auch durch das Mischen von geschlossenen und offenen Aufgabenformaten, die in Pilotierungsprozessen mehrfach vorgetestet wurden, zu begegnen. Auf beide Punkte, nämlich die inhaltliche Modellierung und die damit verbundene Operationalisierung sowie auf das Verfahren zur Itemgewinnung, -kodierung und -vortestung wird im Folgenden näher eingegangen.

4.4.2.1 Modellierung und Operationalisierung des themenbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens

Den theoretischen Hintergrund für die Ableitung der latenten Konstrukte, die in der vorliegenden Arbeit erfasst werden sollen, bildet das Modell zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen, das von Magnusson und Kollegen (1999) speziell für den Bereich der Naturwissenschaften entwickelt und in Kapitel 2.3.3.1 ausführlich dargestellt wurde, und die daraus abgeleitete Arbeitsdefinition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, wie sie dieser Arbeit zugrunde liegt (Kap. 2.3.3.3). Wie im Überblick über die bestehenden Studien aufgezeigt, fehlt es besonders im Bereich der themenspezifischen Komponenten an Aufklärung über den Zusammenhang zwischen fachspezifisch-pädagogischem Wissen und Schülerleistung, weshalb der Test sich auf die Erfassung dieser themenspezifischen Komponenten beschränken soll. Vor dem Hintergrund der begrenzten Testzeit wurde noch einmal weiter eingeschränkt und die Erfassung auf die folgenden beiden Komponenten beschränkt:

- (a) Wissen über Bedingungen verständnisvollen naturwissenschaftlichen Lernens
- (b) Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien

Die Entscheidung zur Erfassung dieser Komponenten des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens fiel zum einen vor dem Hintergrund, dass man genau für diese beiden Facetten in den vorliegenden (mathematikbezogenen) Studien bedeutsame Hinweise auf eine positive Auswirkung auf die Entwicklung der Lernleistung gefunden hat (Baumert, et al., 2010; Hill, et al., 2005). Zum Zweiten spiegeln diese beiden Facetten die Schwerpunkte der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung wider, wie sie in Kapitel 2.1.3 und 2.1.4 referiert wurden. So besteht die Möglichkeit, dass Wissen, das aus der didaktischen Forschung über die Rolle der Schülervorstellungen zu naturwissenschaftlichen Themen sowie über die Gestaltung von konstruktivistisch-orientierten Conceptual Change-fördernden Lernumgebungen hervorgegangen ist, mit einzubeziehen. Wie in

Kapitel 2.2.5 gezeigt, findet man auch für diese Bereiche in der Literatur Hinweise auf eine positive Auswirkung auf die Entwicklung von Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte der Schüler.

Die beiden für diese Arbeit gewählten Komponenten des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens wurden in Anlehnung an die Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen, aber auch in Anlehnung an die Literatur über konstruktivistisch-orientierter Lehr-Lern-Theorien (Gerstenmaier & Mandl, 1995), zur Bedeutung der Schülervorstellungen (Duit, 1997; Wandersee, et al., 1994) und zu Prinzipien Conceptual Change-fördernder Lernumgebungen (Posner, et al., 1982; Scott, et al., 1992) wie folgt operationalisiert:

Wissen über Bedingungen verständnisvollen naturwissenschaftlichen Lernens. Diese Facette beinhaltet zum einen *Wissen über Schülervorstellungen* und zum anderen *Wissen über Lernschwierigkeiten*. Schülervorstellungen spielen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine zentrale Rolle, so dass Lehrkräfte die typischen Schülervorstellungen zu den von ihnen unterrichteten Themen kennen sollten, um die Aussagen und Handlungen ihrer Schüler in Hinblick auf die Entwicklung des Verständnisses von Konzepten und Verfahren interpretieren und den Aufbau von adäquateren Konzepten unterstützen zu können. Das Wissen über Schülervorstellungen wurde auf zwei unterschiedliche Arten erfasst: Zum einen wurden Lehrkräfte aufgefordert, alle ihnen bekannten typischen Schülervorstellungen zu einem bestimmten naturwissenschaftlichen Phänomen anzugeben (siehe Beispielaufgabe Abb. 6).

Zu Beginn einer Unterrichtsreihe präsentieren Sie Ihren Schülern ein alltägliches Phänomen, das mit Verdunstung zu tun hat. Sie wischen einen Tisch mit einem feuchten Lappen ab und beobachten mit der Klasse, wie der Tisch trocknet.



Bitte nennen Sie alle Ihnen bekannten typischen falschen Vorstellungen, mit denen die Schüler zu Beginn der Unterrichtsreihe den Verbleib des Wassers erklären könnten.

✍ _____

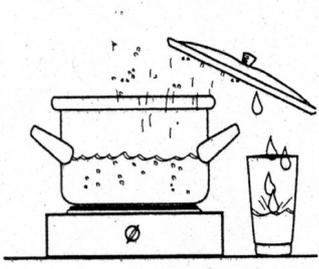
Abbildung 6: Beispielaufgabe für die Erfassung "Wissen über Bedingungen verständnisvollen Lernens - Schülervorstellungen"

Zum anderen wurden Lehrkräfte gebeten, Schülervorstellungen, hinter denen sich typische Schülervorstellungen verbergen, hinsichtlich ihres Inhaltes oder ihrer Ausbaufähigkeit zu klassifizieren. Neben den Schülervorstellungen erschweren aber auch noch sachbedingte Lernschwierigkeiten, die sich aus der Komplexität bzw. der Abstraktheit der Inhalte oder sachlich unangemessenen Formulierungen der Alltagssprache ergeben, das Erlernen und Verstehen von naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren. Das Wissen der Lehrkräfte in diesem Bereich wird über Aufgaben erfasst, in denen die Lehrkräfte aufgefordert werden, solche sachbedingten Lernschwierigkeiten zu beschreiben.

Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien. Repräsentationen stellen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine zentrale Trägerform naturwissenschaftlicher Inhalte dar, mit deren Hilfe Schüler beim Verstehen von Konzepten unterstützt werden sollen. Diese Repräsentationen können sowohl Illustrationen, Modelle, Beispiele oder Analogien sein, mit denen bestimmte naturwissenschaftliche Konzepte, Zusammenhänge oder Verfahren dargestellt werden können, aber auch unterrichtliche Aktivitäten wie Schülerexperimente, Demonstrationen, Langzeitbeobachtungen, Simulationen oder Experimente zum Erkenntnisgewinn (unter Einbezug der Variablenkontrolle). Zur Operationalisierung dieses Wissens wurden Unterrichtssituationen beschrieben, in denen Lehrkräfte geeignete Versuche zur Unterstützung der Verständnisprozesse in Bezug auf ein bestimmtes Lernziel skizzieren sollten. Um Schülern das Lernen in multiplen Kontexten, das Wiederfinden von Gemeinsamkeiten in Phänomenkreisen oder das Übertragen der neu erworbenen bzw. veränderten Konzepte auf und das Anwenden dieser in neue Situationen zu ermöglichen, sollten Lehrkräfte ein Repertoire an geeigneten Repräsentationen bzw. Versuchen zu den im Unterricht bearbeiteten naturwissenschaftlichen Phänomenen kennen. Aus diesem Grund wurden Lehrkräfte in diesen Aufgaben stets gebeten, mehrere geeignete Versuche zu skizzieren. Lehrkräfte müssen diese Aktivitäten jedoch nicht nur konstruieren können. In ihrem beruflichen Alltag sind sie viel öfter in der Situation, Aktivitäten und Repräsentationen, die ihnen z. B. durch ein Lehrbuch oder sonstige Unterrichtsmaterialien vorgeschlagen werden, auf ihre jeweiligen Stärken und Schwächen hin zu analysieren. Dies muss vor allem vor dem Hintergrund des Wissens über Schülervorstellungen geschehen, da diese die Interpretation von Repräsentationen und Aktivitäten deutlich beeinflussen können. Zur Operationalisierung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens über Repräsentationen wurden deshalb auch typische Versuche, die im Unterricht häufig eingesetzt werden, vorgestellt. Die Lehrkräfte erhielten jeweils die Instruktion, die beschriebenen Versuche hinsichtlich bestimmter Kriterien zu überprüfen, z. B. daraufhin, inwieweit die gewählte Aktivität Aspekte des zu repräsentierenden naturwissenschaftlichen Konzepts widerspiegelt bzw. verdeutlicht oder eventuell verschleiert und sachlich unangemessene Vorstellung hervorruft bzw. verstärkt (siehe Beispielaufgabe Abb. 7). Neben dem Anbieten von geeigneten Repräsentationen und unterrichtlichen Aktivitäten müssen Lehr-

kräfte auch in der Lage sein, die Wissenskonstruktion der Schüler durch instruktionale Maßnahmen zu unterstützen, z. B. als *Reaktion auf kritische Unterrichtssituationen*, wenn Schüler alternative Vorstellungen zur Erklärung eines naturwissenschaftlichen Phänomens äußern. Hier muss die Lehrkraft in der Lage sein, vorhandene Vorstellungen der Schüler aufzugreifen und diese ggf. mit Evidenz zu konfrontieren. Zur Operationalisierung dieses Wissens wurden Unterrichtsausschnitte geschildert, die in einer „kritischen Situation“¹⁰ endeten, in der die Reaktion der Lehrkraft darüber entscheidet, ob ein Konzeptwechselprozess bzw. der Auf- oder Ausbau eines Konzeptes aufrechterhalten bzw. angeregt wird. Aufgabe der Lehrkraft war es, Fortsetzungsvorschläge für die Unterrichtssituation zu formulieren. Eine weitere Möglichkeit der Unterstützung der Lernprozesse der Schüler wird in einer angemessenen Strukturierung der Lernumgebung gesehen, die z. B. über die Sequenzierung der Entwicklung fachlicher Inhalte gelingen kann. Zur Operationalisierung dieser Facette des Wissens über naturwissenschaftliche Lehrstrategien wurden daher Planungssituationen von Unterricht geschaffen, in der die Lehrkräfte aufgefordert wurden, im Sinne der horizontalen und vertikalen Vernetzung, Themen zu identifizieren, die vor der Einführung neuer Konzepte im Unterricht thematisiert und nach Möglichkeit verstanden werden sollten.

Der unten skizzierte Versuch wird häufig im Unterricht zum Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser“ eingesetzt und als Modell für den natürlichen Wasserkreislauf genutzt.



Eine Lehrkraft führt den oben dargestellten Versuch im Unterricht durch und erklärt daran, dass der Wasserdampf am kalten Deckel kondensiert. Dort bilde sich Niederschlag.

Welche Fehlvorstellungen könnten durch die oben beschriebene Nutzung des Versuches im Unterricht bei den Schülern hervorgerufen bzw. verstärkt werden?

Abbildung 7: Beispielaufgabe für die Erfassung "Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien - Versuche bewerten"

Diese Unterscheidung in Wissen über Bedingungen verständnisvollen naturwissenschaftlichen Lernens und Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien mit den jeweiligen Unterfacetten

¹⁰ Dabei sind in Anlehnung an Krauss et al. 2004 keine kritischen Momente hinsichtlich der Klassenführung gemeint, sondern fachdidaktisch herausfordernde Situationen.

diente als Heuristik zur Itementwicklung und sollte sicherstellen, dass diese als relevant empfundenen Facetten und Unterfacetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens durch Items repräsentiert werden. Die Ausgestaltung der gewählten Komponenten erhebt dabei keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit, kann aber als Grundlage für breiter angelegte Erhebungen in weiterführenden Untersuchungen angesehen werden. Tabelle 5 zeigt eine Übersicht darüber, in welchem Umfang sich die theoretische Konzeption im Test, wie er in der Pilotierung erprobt wurde, widerspiegelt.

Aufgrund der engen Anbindung an das PLUS Projekt, das die in Kap. 4.1 dargestellten, übergeordneten Fragestellungen an einer thematisch vorgegebenen Unterrichtsreihe verfolgt, sollen die themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auch genau in diesem, im Projekt fokussierten Inhaltsbereich erfolgen, nämlich im Themengebiet Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser.

Tabelle 5: Inhaltliche Verteilung der Items auf die Unterfacetten (Pilotierung)

Komponente	Unterfacette	Anzahl der Items	Insgesamt
Wissen über Bedingungen verständnisvollen naturwissenschaftlichen Lernens	Schülervorstellungen	6	8
	Lernschwierigkeiten	2	
Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien	Gestaltung von Lernprozessen durch Repräsentationen	6	12
	Experimente zum Erkenntnisgewinn	2	
	Reaktion in kritischen Unterrichtssituationen	2	
	Sequenzierung der Entwicklung fachlicher Inhalte	2	
Insgesamt			2

4.4.2.2 Testkonstruktion: Itemgewinnung, Kodiermanual und Vortestung

In Hinblick auf das Ziel dieser Arbeit, nämlich die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen dem themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis von Grundschulern, war die Neuentwicklung eines Tests, der dieses Wissen reliabel und valide misst, notwendig, da sonst noch keine standardisierten Tests zur Erfassung dieses Wissens in der beschriebenen Zielpopulation existieren. Um das Testmaterial auch in größeren Stichproben ökonomisch und mit vertretbarem Aufwand einsetzen zu können, wurde ein Papier- und-Bleistift-Test in Form eines standardisierten Fragebogens entwickelt. Die Itementwicklung erfolgte dabei auf Basis der im vorherigen Kapitel vorgestellten Konzeptualisierung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens.

Testkonstruktion und Vortestung. Ausgehend von diesem theoretischen Rahmenmodell wurde ein

Leistungstest mit offenen und geschlossenen Itemformaten zur Messung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens entwickelt, wobei die Anzahl der Items mit offenem Antwortformat überwiegt. Durch die offenen Antwortformate ist es Lehrkräften nicht möglich, die Antworten zu erraten. Darüber hinaus werden Lehrkräfte auf diese Weise dazu gebracht, Antworten zu generieren und nicht nur auf vorgegebene Antwortalternativen zu reagieren. Der Einbezug von geschlossenen Antwortformaten liegt in forschungsökonomischen Argumenten begründet. Durch den relativ streng vorgegebenen Zeitrahmen von 45 Minuten war es durch den Einbezug von geschlossenen Items möglich, insgesamt mehr Items zu verwenden, was zu einer reliableren Messung beitragen sollte. Für alle oben beschriebenen Bereiche wurden nun theoriegeleitet und unter Einbezug von Experten Items entwickelt. Um der Gefahr zu entgehen, nur „träges bzw. unverbundenes Wissen“ zu erfassen, wurde versucht, die gestellten Aufgaben in realitätsnahe Anforderungskontexte, sprich in einen unterrichtlichen Kontext, einzubetten (Oser & Renold, 2005). Es sei an dieser Stelle aber noch einmal hervorgehoben, dass die Erfassung von Wissen, nicht von Handlungskompetenzen oder Reflexions- oder Urteilsfähigkeit im Zentrum dieses Fragebogens liegt. Handlungsnahe Aspekte des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (z. B. die tatsächliche Reaktion auf eine kritische Unterrichtssituation) können und sollen mit den gewählten Methoden und Instrumentarien nicht erfasst werden.¹¹ Unter Einbezug der bestehenden fachdidaktischen Literatur zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen (siehe Kap. 2.1.4) und der Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen (siehe Kap. 2.3) sowie auf Grundlage von Expertenbefragungen entstand ein Itempool, der etwa 50 Aufgaben umfasste. Alle Items wurden in einer Phase der Prä-Pilotierung an 35 Lehrkräften der Grund- und Sekundarschulen¹² getestet. Lehrkräfte wurden aufgefordert, jede Aufgabe zu lösen und anschließend schriftlich zu kommentieren. Darüber hinaus wurden Einzelinterviews mit Lehrkräften geführt. Diese intensive Vortestung geschah aus zweierlei Gründen: Zum einen sollte überprüft werden, ob die entwickelten Aufgaben überhaupt für Lehrkräfte lösbar sind und von ihnen selbst im Sinne einer Augenscheinvalidität als berufsrelevantes Wissen eingeschätzt werden würden. Zum anderen sollten die Antworten der Lehrkräfte im Sinne eines induktiven Verfahrens zur Ergänzung unseres Bewertungsschemas, auf das im Folgenden näher eingegangen wird, beitragen.

Entwicklung eines Kodiermanuals. Das grundsätzliche Problem in einer so angelegten Erfassung von Wissen ist die Frage, ob eine Itemantwort als richtig oder falsch beurteilt werden sollte. Um diesem Problem zu begegnen und die Antworten der Lehrkräfte objektiv auswerten zu können, wur-

11 Die beiden Items zur Erfassung der Reaktion in kritischen Unterrichtssituationen fallen hier in den Grenzbereich. Wie später gezeigt wird, wurden diese Items im Laufe der weiteren Vortestungen aussortiert.

12 Der Fragebogen wurde im Zuge des PLUS-Projektes sowohl in der Grundschule, als auch in der Sekundarstufe eingesetzt, weshalb er in beiden Schulformen erprobt wurde. Die Ergebnisse sollen im Folgenden hauptsächlich für das Grundschulsample berichtet werden. Die Ergebnisse für das Sample der Sekundarstufe sowie für das gemischte Sample werden aber unkommentiert mit berichtet.

de ein umfassendes Kodierschema für die Bewertung der Itemantworten entwickelt. Die Kategorien zur Bewertung einer Antwort wurden dabei normativ-deduktiv aus empirischen Lehr-Lern-Studien oder aus Theorien zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen abgeleitet. Um eine möglichst objektive Bewertung der Testitems zu gewährleisten, wurde der Rückgriff auf empirisch abgesicherte Ergebnisse mit oberster Priorität verfolgt. So konnten die richtigen Antworten auf das oben skizzierte Beispielitem (siehe Abb. 6) mit der Frage nach typischen alternativen Schülervorstellungen z. B. gut aus empirischen Studien abgeleitet werden, da Schülervorstellungen zu den Themen Verdunstung und Kondensation ausgiebig erforscht wurden (Bar, 1989; Bar & Galili, 1994; Bar & Travis, 1991; Johnson, 1998; Osborne & Cosgrove, 1983; Russell, et al., 1989; Tytler, 2000). Wenn die Ableitung aus empirischen Studien nicht möglich war, wurden Theorien zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen zugrunde gelegt. Aus den vielen unterschiedlichen Auffassungen darüber, was guter naturwissenschaftlicher Unterricht letztendlich ist, ergeben sich hier große Interpretationsspielräume, die in der bestehenden Literatur zu unterschiedlichen Operationalisierungen in Bezug auf die fachbezogenen Kompetenzen von Lehrkräften (Reinhold, 2004) und eben auch in Bezug auf das fachspezifisch-pädagogischen Wissen geführt haben (vgl. Kap. 2.3.3). Um vor dem Hintergrund dieser Problematik zu einer möglichst objektiven und validen Kodierungen der Itemantworten zu gelangen, wurden für die Entwicklung des Kodiermanuals Theorien zugrunde gelegt, die sich in der aktuellen fachdidaktischen Diskussion als fruchtbar herauskristalisieren und über die national wie international Konsens besteht. Dies sind vor allem die in Kapitel 2.1.4 dargestellten Konzeptionen, die unter dem Begriff konstruktivistisch-orientierter, auf verstehendes, kooperatives und problemorientiertes Lernen ausgerichteter Unterricht diskutiert werden (Möller et al., 2006). Darüber hinaus wurden die Items und das Kodiermanual während des gesamten Konstruktionsprozesses immer wieder mit internen und externen Experten diskutiert. Diese Experten waren sowohl Professoren der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken und wissenschaftliche Mitarbeiter der Universität als auch mit der Universität kooperierende Lehrkräfte. Wie bereits beschrieben, wurden auch die induktiv gefundenen Antworten der Vortestphase mit in die Findung der Kategorien einbezogen, so dass auch das Wissen von praktizierenden Lehrkräften in das Kodiermanual eingeflossen ist. Um diesen sensiblen Vorgang der Bestimmung von richtigen und falschen Antworten transparenter zu machen, ist die Kodierung der Beispielitems als Auszug aus dem Kodiermanual im Anhang dieser Arbeit zu finden.

Scoring. Die Art und Weise der Kodierung der richtigen und falschen Itemantworten ist direkt mit der Frage der Bepunktung der Aufgaben verbunden. Ziel war die Entwicklung eines Tests zur Erfassung fachspezifisch-pädagogischen Wissens, der die statistische Überprüfung der Frage nach dem Zusammenhang zwischen diesem Wissen und Lernfortschritten aufseiten der Schüler erlaubt. Dafür

ist die Bildung eines Summenwertes notwendig. Um zu einem solchen Wert zu gelangen, wurden in einem ersten Schritt alle Items, die nicht beantwortet wurden, mit 0 bepunktet. In einem zweiten Schritt wurden alle richtig getroffenen Antwortkategorien innerhalb einer Itemantwort jeweils mit 1 bepunktet. Für Items, die mehrere richtige Kategorien von Antworten zuließen oder gar einforderten, wurde die Summe der richtig getroffenen Kategorien gebildet. Alle als „falsch“ klassifizierten Antwortkategorien innerhalb einer Itemantwort wurden ignoriert, d. h. sie führten nicht zum Abzug von Punkten. Da es bei jeder Frage unterschiedlich viele Kategorien von richtigen Antworten gab, konnten pro Aufgabe zwischen 1 und 10 Punkten erreicht werden. Eine Übersicht über die theoretisch mögliche Punktzahl und die empirisch tatsächlich erreichten Mittelwerte und Maxima pro Item sind dem Anhang dieser Arbeit beigelegt. Bei einigen Items schien das Aufaddieren von richtig getroffenen Kategorien innerhalb einer Itemantwort die Qualität der Antworten der Lehrkräfte nicht ausreichend zu beschreiben. In diesen Fällen (4 Items) wurde ein hochinferentes Ratingverfahren eingesetzt, indem die didaktische Qualität der Antworten im Vergleich zu einer Masterantwort auf einer dreistufigen Skala geratet wurde. Zur Bildung des Summenwertes wurden die pro Item erreichten Punkte aufaddiert, insgesamt konnten im endgültigen Test theoretisch 68 Punkte erreicht werden (39 im Bereich Lernen, 29 im Bereich Lehren).

Pilotierungsstudie. Der durch die Vortestung auf 20 Items reduzierte Aufgabenpool wurde in einem weiteren Schritt an einer Stichprobe von $n = 114$ Lehrkräften (81 Grundschul- und 33 Sekundarlehrkräften) im Raum Münster pilotiert. Allen teilnehmenden Probanden wurde nach Beendigung des Fragebogens ein Büchergutschein im Wert von 10 Euro überreicht. Um die Durchführungsobjektivität sicherzustellen, wurde die Datenerhebung unter vergleichbaren Bedingungen unter Anwesenheit eines Testleiters und einer vorgegebenen Bearbeitungszeit von 60 Minuten durchgeführt. Zu Beginn des Fragebogens wurden die Lehrkräfte instruiert, bei der Bearbeitung an eine „ideale Schule“ zu denken, die alle gewünschten Materialien zur Verfügung stellt. Darüber hinaus wurden sie gebeten, während der Bearbeitung nicht zurückzublättern und alle Fragen allein, d. h. ohne Gespräche mit Kollegen oder Hilfsmittel, zu beantworten. Der anwesende Testleiter sorgte für die standardisierte Umsetzung der Instruktionen und die Einhaltung der vorgegebenen Testzeit. Um zusätzlich die Auswertungsobjektivität, in diesem Fall die Einheitlichkeit des Gebrauchs des Kodiermanuals bei der Kodierung der Items mit offenem Antwortformat durch zwei unabhängige Kodierer, zu sichern, sollte die Zuverlässigkeit der Kodierungen überprüft werden. Dazu kodierten zwei unabhängige Kodierer ca. 20% des Pilotmaterials (25 der 114 Fragebögen) getrennt voneinander, nachdem diese zuvor mit Hilfe des Kodiermanuals geschult worden waren. Da für die vorliegenden Daten das Intervallskalenniveau angenommen wird, stellt die Berechnung der Intraklassenkorrelation die angemessene Methode zur Beurteilerübereinstimmung dar (Wirtz & Caspar, 2002).

Im Gegensatz zu anderen Übereinstimmungsmaßen wird keine exakte Gleichheit der eingeschätzten Merkmalsausprägung für die jeweilige Person verlangt, sondern die relative Lage der Mittelwerte der Rater muss für die jeweiligen Personen ähnlich sein. Da die Mittelwertunterschiede zwischen den Ratern als Fehlerquelle gelten müssen, sind die unjustierten Modelle als Analysemethode zu wählen (Wirtz & Caspar, 2002, S. 159). Bei der stichprobenartigen Überprüfung sind alle Fragebögen von beiden Ratern kodiert worden sind, weshalb die zweifaktorielle unjustierte Intraklassenkorrelation ($ICC_{\text{unjust, zweifakt.}}$) der einfaktoriellen unjustierten Intraklassenkorrelation ($ICC_{\text{unjust, einfakt.}}$) vorgezogen werden sollte, da die Merkmalsvarianz so präziser geschätzt werden kann (Wirtz & Caspar, 2002, S. 181). Der Faktor Rater wird in diesem Fall als „fixed“ angenommen, da die untersuchten Rater keine repräsentative Stichprobe aller Rater darstellen. Der Wert der $ICC_{\text{unjust, zweifakt.}}$ darf im fixed-Modell lediglich als deskriptives Korrelationsmaß und nicht als Reliabilitätsmaß verwendet werden (Wirtz & Caspar, 2002, S. 173), was jedoch im Sinne der anvisierten Übereinstimmungsprüfung ist. Da es sich bei der Intraklassenkorrelation um ein varianzanalytisches Verfahren handelt, müssen die Voraussetzungen für varianzanalytische Verfahren erfüllt sein. Dies ist zum einen die Bedingung der Varianzhomogenität, zudem, dass keine Interaktion zwischen Ratern und beurteilten Personen vorliegt, welche mit Hilfe des Levene-Tests und des Tukey-Additivitätstests überprüft werden können (Wirtz & Caspar, 2002, S. 162, 182). Nachdem sich sowohl die Annahme der Varianzhomogenität als erfüllt und auch die Interaktion zwischen Ratern und beurteilten Personen als nicht signifikant erwiesen, wurde die ICC_{unjust} für jedes Item bestimmt. Die ermittelten unjustierten Werte der ICC können als gut bezeichnet werden (mittlere $ICC_{\text{unjust, zweifakt.}} = .92$, Range: .80-1.0). Eine genaue Übersicht über die einzelnen Analysen pro Item befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

Die endgültige Itemauswahl für die Hauptstudie geschah auf Basis von klassischen testtheoretischen Item-Analysen (v.a. Schwierigkeitsindex und Trennschärfen in Form der korrigierten Item-Skalen-Korrelationen) sowie inhaltlichen Überlegungen in Hinblick auf die Erfassung aller theoretisch abgeleiteten Komponenten und Unterfacetten des theoretischen Frameworks. Die Unterfaccette *Reaktion auf kritische Unterrichtssituationen* im Bereich *Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien* wurde in Zuge dieses Prozesses vollständig fallen gelassen. In diesem Bereich wurden Lehrkräfte gebeten, Fortsetzungsvorschläge für Unterrichtssituationen zu formulieren, die in einer „fachdidaktisch kritischen Situation“ endeten. Die beiden hierzu konstruierten Items fielen sowohl durch schlechte Itemkennwerte im Bereich der Trennschärfen als auch in der inhaltlichen Diskussion auf, da sich die Antworten der Lehrkräfte nur mit großem Informationsverlust in die angedachten Kodierschemata einpassen ließen. Es scheint, als würden diese Items eher auf ein Handlungswissen oder die Reflexions- und Urteilskompetenz der Lehrkräfte abzielen, da sie zunächst das kritische Moment entdecken und analysieren mussten und dann aufgefordert wurden, eine begründete Hand-

lungsempfehlung zu geben. Nach Terhart (2007) ist die Erfassung der Reflexions- und Urteilskompetenz aber von der Erfassung des Wissens zu trennen. Auch dem zuvor bereits skizzierten COACTIV-Projekt gelang es nicht, handlungsnah Aspekte des fachdidaktischen Wissens mit den von der Gruppe gewählten Methoden und Instrumentarien zu erfassen, so dass die Gruppe diese zuvor konstruierten Items in ihren aktuellsten Veröffentlichungen auch nicht mehr berücksichtigt (Brunner, et al., 2006). Für die Erfassung des handlungsnahen Wissens bzw. der Reflexions- und Urteilskompetenz scheinen andere Aufgabenformate notwendig. Terhart (2007) schlägt dazu die Konfrontation mit speziell ausgewählten Videosequenzen von beruflichen Situationen vor. Da der vorliegende Test aber als Wissens- und Kenntnistest konstruiert wurde und damit nicht den Anspruch erhebt, die Reflexions- und Urteilskompetenz zu erfassen, wurde dieser Bereich für die weiteren Untersuchungen und Analysen fallen gelassen.

Vor dem oben skizzierten Hintergrund wurden 14 Items (11 offene und 3 Multiple Choice-Items) ausgewählt, die den Test für die Hauptstudie und die vorliegende Analyse von Zusammenhängen bilden. Tabelle 6 zeigt in einer Übersicht, dass sich diese Items fast gleichmäßig über die zuvor theoretisch postulierten und operationalisierten Bereiche des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens verteilen. Eine Zuordnung der einzelnen Items ist im Anhang der vorliegenden Arbeit beigelegt. Die leichte Überzahl an Items im Bereich Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien wird dadurch relativiert, dass im Bereich Wissen über Bedingungen verständnisvollen naturwissenschaftlichen Lernens mehr Kategorien richtiger Antworten existieren und somit mehr Punkte erreicht werden können (siehe Übersicht über die theoretisch erreichbaren Punkte und empirisch maximal und durchschnittlich erreichten Punkte im Anhang). Insgesamt konnten im endgültigen Test theoretisch 68 Punkte erreicht werden (39 im Bereich Lernen, 29 im Bereich Lehren).

Tabelle 6: Inhaltliche Verteilung der Items auf die Unterfacetten (Hauptuntersuchung)

Komponente	Unterfacette	Anzahl der Items	Insgesamt
Wissen über Bedingungen verständnisvollen naturwissenschaftlichen Lernens	Schülervorstellungen	4	6
	Lernschwierigkeiten	2	
Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien	Gestaltung von Lernprozessen durch Repräsentationen	5	8
	Experimente zum Erkenntnisgewinn	2	
	Sequenzierung der Entwicklung fachlicher Inhalte	1	
Insgesamt			14

Der so zusammengesetzte Fragebogen erreicht für die Stichprobe der Grundschullehrkräfte akzeptable statistische Kennwerte mit angemessenen Itemschwierigkeiten und Streuungen (ermittelt über die Mittelwerte und Standardabweichungen), mittelmäßigen Trennschärfen in Form der korrigierten Item-Skalen-Korrelationen zwischen $r_{it} = .19$ und $.53$ und einer zufriedenstellenden internen Konsistenz über die Skala bei nur 14 Items mit Cronbachs $\alpha = .69$ (siehe Tab. 7). Die detaillierte Einzelitemanalyse der Pilotstudie ist dem Anhang dieser Arbeit beigelegt.

Tabelle 7: Übersicht über die Skalenwerte des Tests zur Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Pilotierung)

	N _{Personen}	N _{Items}	M	SD	R _{it} (min.-max.)	Cronbachs α
Grundschule	81	14	13.89	4.81	.19 - .53	.69
Sekundarschule	33	14	14.97	4.71	-.02 - .56	.69
Gesamt	114	14	14.20	4.79	.20 - .47	.69

Nach Abschluss der intensiven Voruntersuchungen zur Gewährleistung der Testgüte kann festgehalten werden, dass das Instrument nach der Pilotierung in weiten Teilen den klassischen Testgütekriterien entspricht. Der Forderung nach Objektivität wurde durch die Erstellung eines Kodiermanuals unter Einbezug von Experten und Praktikern Rechnung getragen, darüber hinaus erfolgte eine stichprobenweise Überprüfung der Beurteilerübereinstimmung. Weiterhin hat sich der Test als reliabel erwiesen und zeigt angemessene statistische Kennwerte. Der Frage nach inhaltlicher Validität wurde bisher allerdings nur durch den Einbezug von Experten sichergestellt. Diesem überaus wichtigen Punkt soll im Rahmen der im Zuge der Hauptuntersuchung entstandenen Möglichkeiten im anschließenden Kapitel ausführlicher Rechnung getragen werden. Wie dort auch dargelegt werden wird, konnten die hier berichteten Testgütekriterien im Rahmen der Haupterhebung weitgehend bestätigt werden (vgl. Kap. 4.4.3.2), so dass insgesamt von einem (statistisch) funktionierenden Instrument gesprochen werden kann.

4.4.3 Analyse der Items zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Inhaltsbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die Entwicklung des zugrunde liegenden Modells und dessen Operationalisierung sowie die Entwicklung des verwendeten Messinstrumentes beschrieben wurde, soll im Weiteren auf die Ergebnisse der Analyse der Testgütekriterien in der eigentlichen Untersuchungsstichprobe, die zur Beantwortung der Forschungsfrage herangezogen wurde, eingegangen werden. Hierzu wird zunächst über die Testadministration berichtet, bevor die Gütekriterien der einzelnen Items und der konstruierten Skala, sowie deren Reliabilität vorgestellt wird. Dazu werden parallel zu der Auswertung der Pilotierungsstudie Analysen auf Basis der klassischen Test-

theorie vorgenommen. Da die quantifizierende Erfassung von Lehrerwissen oft mit Problemen der Validität behaftet ist, werden in Unterkapitel 4.4.3.3 erste Untersuchungen und deren Ergebnisse zur Einschätzung der Validität vorgestellt.

4.4.3.1 Testadministration

Wie bereits vorgestellt, wurde der Test im Zuge der im PLUS-Projekt durchgeführten Testtage nach Beendigung der Unterrichtsreihe durchgeführt. Zeitgleich zu den Abschlussbefragung der Schüler im Klassenraum fand die Befragung der Lehrkräfte unter Aufsicht eines Testleiters in einem separaten Raum statt. Der Test wurde somit in der regulären Arbeitszeit der Lehrkräfte durchgeführt, um die zusätzliche Belastung der Lehrkräfte durch das Projekt so gering wie möglich zu halten. Um die Durchführungsobjektivität sicherzustellen, wurde die Datenerhebung wie in der Pilotierungsstudie durch die Anwesenheit eines geschulten Testleiters unter vergleichbaren Bedingungen und einer vorgegebener Bearbeitungszeit von 45 Minuten durchgeführt. Der Test wurde als Leistungstest mit Speed-Komponente administriert. Zu Beginn des Fragebogens wurden die Lehrkräfte wie in der Pilotstudie instruiert, bei der Bearbeitung an eine „ideale Schule“ zu denken, die alle gewünschten Materialien zur Verfügung stellt. Darüber hinaus wurden sie gebeten, während der Bearbeitung nicht zurückzublättern und alle Fragen allein, d. h. ohne Gespräche mit Kollegen oder Hilfsmittel, zu beantworten. Der anwesende Testleiter sorgte für die standardisierte Umsetzung der Instruktionen und die Einhaltung der vorgegebenen Testzeit.

4.4.3.2 Zentrale Kennwerte des Testinstrumentes

Um Hinweise auf die Qualität des eingesetzten Messinstrumentes zu geben werden im Folgenden die psychometrischen Eigenschaften der eingesetzten Items bzw. Skala berichtet, die vor dem Hintergrund der klassischen Testtheorie analysiert wurden.

Als zentrale Kennwerte im Sinne der klassischen Testtheorie zeigt Tabelle 8 die Mittelwerte und Standardabweichungen der Items als Maß für deren Schwierigkeit und Streuung, zudem die Trennschärfe der Items als Koeffizient dafür, wie gut ein einzelnes Item das Gesamtergebnis eines Tests vorhersagt. Diese wurden mittels korrigierter Item-Skalenwert-Korrelation (r_{it}) berechnet, da die Korrektur dabei sicher stellt, dass keine Itemvarianz in die Varianz des Skalenwertes eingeht, was die Item-Skalenwert-Korrelation und damit die Trennschärfe überschätzen würde.

Wie in der Pilotierungsstudie erreicht der Fragebogen auch in der Hauptuntersuchung für die Stichprobe der Grundschullehrkräfte akzeptable statistische Kennwerte mit angemessenen Itemschwierigkeiten und Streuungen (ermittelt über die Mittelwerte und Standardabweichungen), auch wenn die höheren Mittelwerte der einzelnen Items zeigen (vgl. Übersicht im Anhang), dass der Fra-

gebogen tendenziell leichter wird als in der Pilotstichprobe. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Lehrkräfte in der Hauptuntersuchung kurz nach dem Unterrichten des Themas befragt wurden und somit eher in die Thematik vertieft waren als die Lehrkräfte in der Pilotstudie. Dennoch kann bei keiner der Aufgaben von Deckeneffekten gesprochen werden (vgl. dazu Übersicht über theoretische und empirische Mittelwerte und Maxima im Anhang). Auch die Trennschärfen der Aufgaben in Form der korrigierten Item-Skalen-Korrelationen können für den Großteil der Aufgaben weiterhin als zufriedenstellend bezeichnet werden, allerdings liegt die Trennschärfe bei zwei Items unterhalb von .20, so dass diese Items eigentlich aus dem Gesamttest zu entfernen wären, da sie Informationen generieren, die kaum mit dem Gesamtergebnis übereinstimmen. Aufgrund von Überlegungen zur Inhaltsvalidität (gleichmäßige Abdeckung der beiden theoretisch angenommen Komponenten und ihren Unterfacetten) sollen die Items aber mit in die Analyse eingehen und daher beibehalten werden.

Tabelle 8: Übersicht über die Itemkennwerte des Tests zur Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Hauptuntersuchung)

Itemkürzel	Hauptuntersuchung _{Primar.}				Hauptuntersuchung _{Sekundar.}				Hauptuntersuchung _{Gesamt}			
	N _{Pers.}	M _{Item}	SD _{Item}	r _{it}	N _{Pers.}	M _{Item}	SD _{Item}	r _{it}	N _{Pers.}	M _{Item}	SD _{Item}	r _{it}
A22	60	1.82	.68	.25	53	1.83	.87	.02	115 ¹³	1.83	.76	.13
A6	60	1.70	.93	.43	53	1.32	.78	.37	115	1.51	.87	.41
A5	60	1.78	.85	.16	53	1.66	.88	.50	115	1.72	.85	.32
A43	60	1.60	1.21	.41	53	1.17	1.19	.40	115	1.37	1.22	.42
A44	60	1.28	1.04	.44	53	1.06	1.05	.42	115	1.17	1.05	.42
A2	60	2.93	.78	.14	53	3.02	.69	.04	115	2.97	.73	.09
A18	60	1.57	1.14	.31	53	1.38	1.15	.26	115	1.47	1.13	.30
A65	60	.98	.83	.32	53	1.15	.84	.07	115	1.07	.84	.17
A62	60	.40	.69	.25	53	.58	.69	.35	115	.49	.69	.27
A27	60	.58	.50	.21	53	.49	.51	.23	115	.55	.50	.21
A39	60	1.00	.76	.31	53	.92	.83	.30	115	.96	.79	.31
A40	60	.53	.60	.52	53	.62	.56	.09	115	.57	.58	.32
A71	60	.33	.48	.15	53	.40	.49	.10	115	.36	.48	.12
A72	60	1.17	.62	.21	53	1.06	.60	.27	115	1.10	.61	.25

Anmerkung. Die Items sind in der Reihenfolge aufgeführt, in der sie im Testheft angeordnet waren.

13 Die Anzahl entspricht nicht der Summe aus dem Grundschul- und dem Sekundarstufensample, da für zwei Grundschulklassen Bögen von 2 Lehrkräften vorlagen. Da für die Mehrebenenanalysen aber pro Klasse nur ein Score herangezogen wurde, werden die Werte im Grundschulsample für die 60 Lehrkräfte berichtet, die in die Mehrebenenanalysen eingegangen sind.

Die Reliabilität der Skalenwerte wird als interne Konsistenz der Skalen mit Hilfe von Cronbachs Alpha-Werten eingeschätzt. Als Folge der geringeren Trennschärfen ist auch die interne Konsistenz gemessen über Cronbachs Alpha mit $\alpha = .67$ (siehe Tab. 7). etwas geringer als in der Pilotstudie, kann aber bei einer kurzen Skala wie der Vorliegenden noch als zufriedenstellend gelten.

Tabelle 9: Übersicht über die Skalenwerte des Tests zur Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Hauptuntersuchung)

	N _{Personen}	N _{Items}	M	SD	R _{it} (min.-max.)	Cronbachs α
Grundschule	60	14	17.68	5.02	.14 - .52	.67
Sekundarschule	53	14	16.66	4.68	.02 - .50	.61
Gesamt	115	14	17.14	4.85	.09 - .42	.65

4.4.3.3 Hinweise auf Validität

Die Frage nach der Validität eines Messinstrumentes, also die Frage, ob ein Instrument auch die Fähigkeit oder Eigenschaft misst, die es vorgibt zu messen, ist die eigentlich wichtigste und kritischste Frage in Bezug auf die psychometrische Qualität eines Testinstrumentes (Messick, 1988). Weder die Reliabilität noch die Objektivität als übrige Indikatoren psychometrischer Messqualität geben Auskunft über das, was der Test inhaltlich tatsächlich misst, weshalb er im schlimmsten Fall trotz hoher Reliabilitäten unbrauchbar sein kann. Folglich sollte auch für das in der vorliegende Untersuchung eingesetzte Testinstrument geprüft werden, ob es tatsächlich themenspezifisches fachspezifisch-pädagogisches Wissen und nicht etwa reines Fachwissen oder reines pädagogisches Wissen misst. Allerdings ist die Erfassung und Überprüfung der Validität eines Tests im Vergleich zur Überprüfung von Objektivität und Reliabilität sehr viel aufwendiger, da es keinen direkten Test gibt, dessen Ergebnis die Validität beschreibt, sondern Hinweise und Evidenz gesammelt und überprüft werden müssen (Krauss, Baumert, & Blum, 2008). Dabei gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, Hinweise auf die Validität eines Instrumentes zu erlangen. In der Literatur wird zwischen Inhalts-, Kriteriums- und Konstruktvalidität unterschieden (Bortz & Döring, 2006). Unter Rückgriff auf Daten der Vortestung, des Gesamtprojektes und durch eine zusätzliche durchgeführte Validierungsstudie sollten Hinweise für alle drei Hauptarten der Validität gesammelt werden. Im Folgenden werden die jeweiligen Validierungsideen sowie deren Ergebnisse berichtet.

Inhaltsvalidität: Inhaltsvalidität liegt dann vor, wenn mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden kann, dass ein Test das zu messende Konstrukt in seinen wichtigsten Aspekten erfasst. Die Höhe der Inhaltsvalidität kann nicht numerisch bestimmt werden, sondern beruht auf subjektiven Einschätzungen (Bortz & Döring, 2006). Auskünfte von Lehrkräften darüber, ob der entwickelte Test zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ihrer Meinung nach Wissen

überprüft, das für die unterrichtliche Umsetzung des fokussierten naturwissenschaftlichen Themas von Bedeutung ist, könnte dazu Hinweise im Sinne der Augenscheinvalidität liefern. Die inhaltlichen Analysen der in der Vortestphase eingesetzten Fragebögen und durchgeführten Interviews, in denen die Lehrkräfte explizit nach ihrer Meinung bezüglich des von ihnen durchgeführten Fragebogens befragt wurden, zeigen, dass die überwiegende Mehrheit der Lehrkräfte die eingesetzten Items als berufsrelevantes Wissen für die Durchführung naturwissenschaftlichen Unterrichts einstuft, was „augenscheinlich“ erste Hinweise auf die inhaltliche Validität liefert.

Kriteriumsvalidität: Kriterienbezogene Validität liegt vor, wenn das Testergebnis zur Messung eines latenten Merkmals mit Messungen eines korrespondierenden manifesten Merkmals bzw. Kriteriums übereinstimmt. Die Kriteriumsvalidität ist dabei als Korrelation zwischen den Testwerten und den Kriteriumswerten einer Stichprobe definiert (Bortz & Döring, 2006). Da es oftmals schwierig ist, ein adäquates Außenkriterium zu finden, das zeitgleich erhoben werden kann, bildet die sog. prognostische oder prädiktive Validität (= Vorhersage-Validität) einen Spezialfall der Kriteriumsvalidität. Hierbei wird der Test mit einem erst in der Zukunft gezeigten Außenkriterium korreliert. Wie bereits erwähnt, kann die Hauptfragestellung der vorliegenden Arbeit nach Zusammenhängen des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens mit Lernfortschritten aufseiten der Schüler auch als Frage nach der prädiktiven Validität des erfassten fachspezifisch-pädagogischen Wissens gesehen werden. Wenn, wie im Kapitel 5 zu zeigen sein wird, dass fachspezifisch-pädagogische Wissen der Grundschullehrkräfte ein signifikanter Prädiktor für die Lernfortschritte der Schüler sein sollte, wäre dieser Befund ein starker Indikator für die prädiktive Validität des im Rahmen dieser Studie konzeptualisierten und operationalisierten Tests zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, da kognitive Lernfortschritte aufseiten der Schüler das übergeordnete Ziel eines jeden Unterrichts und damit ein überzeugendes Kriterium für die Beurteilung von Unterrichtsqualität sind.

Eine weitere besondere Variante zur Bestimmung der Kriteriumsvalidität ist die „Technik der bekannten Gruppen“, bei der das Kriterium die Zugehörigkeit zu Gruppen ist, für die Unterschiede in der Ausprägung des zu messenden Konstruktes erwartet werden (Bortz & Döring, 2006). Um dieser Frage für das Konstrukt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens nachzugehen, scheint es sinnvoll, die Ergebnisse von theoretisch spezifizierten Gruppen zu kontrastieren, in denen die fachliche und die pädagogische Expertise systematisch variiert wird, da dieses die beiden Dimensionen sind, die die professionelle Expertise von Lehrkräften im Bereich des fachspezifisch-pädagogischen Wissens hauptsächlich prägen. Die Idee hinter dieser Gruppeneinteilung ist, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen theoretisch durch die Transformation und Integration von Wissen unterschiedlicher Herkunft, vor allem von fachspezifischem und pädagogischem Wissen, definiert wird

und somit in Abhängigkeit von den übrigen Facetten des professionellen Lehrerwissens besteht. Misst der Test nun wirklich fachspezifisch-pädagogisches Wissen, so sollten Gruppen, in denen sowohl fachliche Expertise (F+) als auch pädagogische Expertise (P+) vorhanden ist, deutlich bessere Ergebnisse erzielen, als Gruppen, in denen nur Expertise im fachlichen oder nur Expertise im pädagogischen Bereich oder als Gruppen in denen weder fachliche noch pädagogische Expertise vorhanden ist. Vor diesem Hintergrund wurden, wie Tabelle 10 zeigt, vier Kontrastgruppen gebildet, in denen die fachliche und die pädagogische Expertise gezielt variiert wurde.

Tabelle 10: Variation der Expertise zur Bildung von Kontrastgruppen

		Pädagogische Expertise	
		P+	P-
Fachliche Expertise	F+	F+P+	F+P-
	F-	F-P+	F-P-

Die Gruppe der Experten im Bereich des fachspezifisch pädagogischen Wissens (F+P+) wurde von fachdidaktischen Experten gebildet. Hierzu wurden Hochschullehrkräfte und Professoren im Bereich der Didaktik des Sachunterrichts bzw. der Physik ($n = 9$) befragt, aber auch engagierte Lehrkräfte und Fachleiter, die im Rahmen von speziellen Programmen eng mit der Hochschule kooperieren ($n = 7$).

Die Gruppe der fachlichen Experten (F+P-) setzte sich aus Personen zusammen, die über hohes Fachwissen im Bereich der Physik verfügen. Hierzu wurden vor allem Fachphysiker gezählt, die im Bereich der Physik einen fachwissenschaftlichen, universitären Abschluss erreicht haben oder diesen verfolgen, aber nicht über besondere pädagogische Expertise im Sinne einer Ausbildung in diesem Bereich verfügen. Im Rahmen der Validierungsstudie konnten für diese Gruppe hauptsächlich Studierende der Physik in hohen Fachsemestern (> 6 . Semester) gewonnen werden ($n = 9$), aber auch wissenschaftliche Mitarbeiter der Universität, die eine Promotion mit fachwissenschaftlichem Schwerpunkt abgeschlossen haben oder derzeit verfolgen ($n = 5$).

Die Gruppe der pädagogischen Experten (F-P+) sollte sich aus Personen zusammensetzen, die über pädagogische, aber nicht über fachliche Expertise verfügen. Hierzu wurden vor allem zertifizierte Lehrkräfte gezählt, die nicht im Bereich Physik bzw. Sachunterricht ausgebildet wurden und diese Fächer auch noch nicht unterrichtet haben. Im Rahmen der Validierungsstudie wurden für diese Gruppe im Bereich der Grundschule hauptsächlich Lehramtsanwärter und Studierende in hohen Semestern (> 7 . Semester) befragt ($n = 8$), da man durch die Ausbildungsstruktur (Ausbildung nur in zwei Fächern) davon ausgehen konnte, dass diese angehenden Lehrkräfte noch keinen oder kaum Sachunterricht erteilt haben, sofern sie das Fach nicht studiert haben. Darüber hinaus konnten aber

auch Lehrkräfte der weiterführenden Schulen gewonnen werden, die das Fach Physik nicht studiert und bisher noch nicht erteilt hatten ($n = 5$). Darüber hinaus konnte eine Studierende der Erziehungswissenschaften gewonnen werden, die den Fragebogen ausfüllte.

In der Kontrastgruppe (F-P-), die gewissermaßen die Kontrollgruppe der Validierungsstudie bildete, sollte weder fachliche noch pädagogische Expertise vorhanden sein. Sie wurde von Personen gebildet, die sich durch ihre Ausbildung und ihren derzeitig ausgeübten Beruf, weder mit physikalischen noch mit pädagogischen Inhalten vertiefend auseinandergesetzt hatten. Hierzu wurden Menschen in außer-physikalischen und außer-pädagogischen, aber dennoch anspruchsvollen (hauptsächlich akademischen) Berufen ausgewählt. Die Gruppe setzt sich aus IT-Beratern, Kunsthistorikern, Ärzten, Krankenschwestern etc. zusammen ($n = 11$), aber auch aus Studierenden in höheren Fachsemestern mit Studienschwerpunkten im Bereich Theologie, Kommunikations- oder Sozialwissenschaften ($n = 7$).

Misst der für die vorliegende Arbeit entwickelte Test wirklich naturwissenschaftsbezogenes fachspezifisch-pädagogisches Wissen im fokussierten Themenbereich, so sollte die Gruppe der fachdidaktischen Experten (F+P+) signifikant besser abschneiden als alle anderen Gruppen, da die Symbiose aus fachspezifischem und pädagogischem Wissen per Definition den Kern des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ausmacht. Auch die Gruppen, in denen entweder fachliche Expertise (F+P-) oder pädagogische Expertise (F-P+) vorhanden sind, sollten besser abschneiden als die Gruppe, in der in den beiden anvisierten Dimensionen keine Expertise vorhanden ist (F-P-). Bezüglich des Rankings zwischen der fachlichen und der pädagogischen Expertengruppe fällt das Formulieren einer gerichteten Vorhersage schwer, da es theoretisch keine Annahmen darüber gibt, ob das fachspezifisch-pädagogische Wissen eher durch fachliches als durch pädagogisches Wissen geprägt ist.

Der Überblick über die pro Gruppe erreichten Mittelwerte in Tabelle 11 weist schon augenscheinlich auf deutliche Unterschiede in der Testleistung zwischen den Gruppen hin. Den höchsten Mittelwert erreicht erwartungsgemäß die Gruppe der fachdidaktischen Experten vor der Gruppe der fachlichen Experten, der Gruppe der pädagogischen Experten und der Kontrollgruppe.

Tabelle 11: Ergebnisse der Untersuchung der bekannten Gruppen: Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) pro Kontrastgruppe

Kontrastgruppe	n			M	SD
1	16	F+P+	Fachspezifisch-pädagogische Experten	24.44	4.07
2	14	F+P-	Fachliche Experten	16.71	4.30
3	14	F-P+	Pädagogische Experten	15.00	5.52
4	18	F-P-	Kontrollgruppe	12.39	3.47

Das Ergebnis einer univariaten Varianzanalyse mit $F(3,58) = 23.52$, $p < .01$ und der Effektstärke $\eta^2 = .55$ bestätigt dieses augenscheinliche Ergebnis und zeigt, dass etwa 55% der Gesamtvarianz im Testscore zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen durch die Zugehörigkeit zu einer Kontrastgruppe aufgeklärt werden kann und somit, dass statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen. Um genauer aufzuklären, zwischen welchen Gruppen Mittelwertsunterschiede bestehen, zeigt Abbildung 8 die Ergebnisse im Test pro Kontrastgruppe als Fehlerbalkendiagramm, wobei die Fehlerbalken 95% Konfidenzintervalle repräsentieren. Nach Cumming und Finch (2005) unterscheiden sich zwei Gruppen hoch signifikant, wenn sich keine Überlappungen zwischen den korrespondierenden Intervallen zeigen.

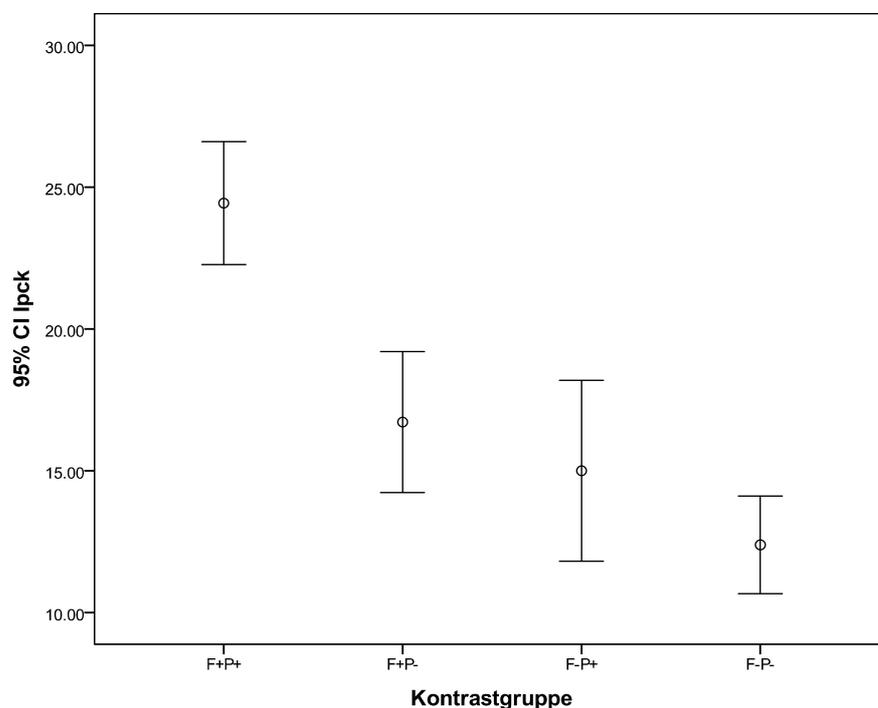


Abbildung 8: Ergebnisse der Kontrastgruppenvalidierung: Testscores nach Kontrastgruppen. Die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle

Die Grafik verdeutlicht anschaulich, dass sich die Gruppe der fachdidaktischen Experten hoch signifikant von allen anderen Gruppen unterscheidet. Auch die Gruppe der fachlichen Experten unterscheidet sich noch signifikant von denen der Kontrollgruppe, aber nicht von denen der pädagogischen Experten. Auch scheint es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Pädagogen und der Kontrollgruppe zu geben. Die zusätzlich durchgeführte Post-hoc Berechnung von paarweisen Kontrasten mit Bonferroni-Adjustierung bestätigt, dass sich die Gruppe der fachdidaktischen Experten (F+P+) von allen anderen Gruppen unterscheidet ($p < .01$), außerdem, dass sich die Gruppe der fachlichen Experten (F+P-) von der Kontrollgruppe (F-P-) signifikant unterscheidet ($p < .05$). Zwi-

schen der Gruppe der fachlichen und der Gruppe der pädagogischen Experten sowie zwischen den pädagogischen Experten und der Kontrollgruppe konnten keine Unterschiede gefunden werden. Ein Überblick über die Einzelergebnisse der Post-hoc Tests findet sich im Anhang dieser Arbeit.

Die Ergebnisse sind insgesamt in weitgehender Übereinstimmung mit den vor dem Hintergrund der bekannten Gruppen aufgestellten Erwartungen bezüglich des Abschneidens der einzelnen Gruppen. Vor diesem Hintergrund lassen sich die in dieser Validierungsstudie gefundenen Unterschiede in den Mittelwerten zwischen den Gruppen als weitere Hinweise auf die Validität des Instrumentes interpretieren. Die alleinige fachliche oder die alleinige pädagogische Expertise sind nicht ausreichend, um in diesem Test ein hohes Ergebnis zu erzielen. Es scheint Expertise sowohl im fachlichen als auch im pädagogischen Bereich zusammenkommen zu müssen, was darauf hindeutet, dass der Test wirklich das Wissen überprüft, das Shulman (1986) als Amalgam aus Fachwissen und Pädagogik beschrieben hat. Vor dem Hintergrund der geringen Stichproben in den einzelnen Kontrastgruppen sind diese Ergebnisse aber noch vorsichtig zu interpretieren, da sie so sehr anfällig für Ausreißer sind. Es wäre wünschenswert, die Studie mit größeren Stichproben zu replizieren.

Konstruktvalidität: Ein Test ist konstruktvalid, wenn aus dem zu messenden Zielkonstrukt Hypothesen ableitbar sind, die anhand von Testwerten bestätigt werden können. Anstatt ein einziges manifestes Außenkriterium zu benennen, wird ein Netz von Hypothesen über das Konstrukt und seine Relationen zu anderen manifesten und latenten Variablen aufgespannt und untersucht (Bortz & Döring, 2006). Für das vorliegende zu validierende Instrument zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften könnten aus der Theorie abgeleitete Hypothesen über den Zusammenhang zwischen dem themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissen und anderen Komponenten der professionellen Lehrerwissens abgeleitet und überprüft werden. So würde man schon vor der Definition des fachspezifisch-pädagogischen Wissens einen engen Zusammenhang zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften und ihrem Fachwissen erwarten, obwohl diese Konstrukte im Sinne einer diskriminanten Validität nicht zu 1 korrelieren sollten, da es sich dann nicht mehr um zwei voneinander abgrenzbare Konstrukte handeln würde. Vor dem Hintergrund, dass die fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Fach im Modell von Magnusson et al. (1999) auch als Teil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens betrachtet werden, sollte zwischen den Vorstellungen und den themenspezifischen Wissenskomponenten auch ein Zusammenhang bestehen. Für Vorstellungen, die durch Betonung der Notwendigkeit einer aktiven Umstrukturierung vorhandener Vorstellungen seitens der Schüler (*Conceptual Change*) und wegen der Hervorhebung der Bedeutung von Anwendungsbezügen (*anwendungsbezogenes Lernen*) in Übereinstimmung mit zentralen Aspekten der aktuellen Ansätze zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen stehen, werden positive Zusammenhänge mit dem fachspezifisch-pädagogi-

schen Wissen erwartet. Für die Vorstellungen der Lehrkräfte, die konträr zu den beschriebenen Ansätzen der naturwissenschaftsbezogenen Unterrichtsforschung stehen, werden dagegen negative Zusammenhänge erwartet. Das betrifft die Vorstellungen, in denen Lehrkräfte die direkte Vermittlung von Wissen als Aufgabe der Lehrkraft (*Transmission*) und Handlungserfahrungen am konkreten Material als hinreichende Bedingung für das naturwissenschaftliche Lernen (*Praktizismus*) betonen. Als weitere Hypothese könnte aufgrund der theoretischen Annahmen zur Entstehung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, welche das Sammeln von Erfahrungen stark betonen, angenommen werden, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen positiv mit der Berufserfahrung einer Lehrkraft korreliert. Ein weiterer Indikator wäre der Zusammenhang zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften und ihrem eigentlichen Ausbildungshintergrund. Es wäre anzunehmen, dass es einen Zusammenhang zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen der Lehrkräfte und der Tatsache, ob sie im Sachunterricht ausgebildet wurden, gibt.

Diese Hypothesen zur Beziehung zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen und anderen externen Kriterien können durch den Rückgriff auf Daten, die in der Hauptstudie des PLUS-Projekts gewonnen wurden, überprüft werden. Dazu wurde der Summenscore, den die Lehrkräfte im Test zum themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissen erreichten, mit

- (1) dem Summenscore im Test zum fachspezifischen Wissen¹⁴,
- (2) mit den Werten der Fragebogenskala zur Vorstellung *Conceptual Change*¹⁵,
- (3) mit den Werten der Fragebogenskala zur Vorstellung anwendungsbezogenes Lernen,
- (4) mit den Werten der Fragebogenskala zur Vorstellung *Transmission*,
- (5) mit den Werten der Fragebogenskala zur Vorstellung *Praktizismus*,
- (6) mit der Berufserfahrung im Fach Sachunterricht sowie
- (7) dem Ausbildungshintergrund im Fach Sachunterricht korreliert.

Die Ergebnisse der Analyse der jeweils manifesten bivariaten Korrelation, deren Korrelationskoeffizienten Hinweise auf die Stärke und die Richtung des Zusammenhangs zwischen den jeweiligen Variablen geben, sowie das Ergebnis der Überprüfung der statistischen Signifikanz sind in Tabelle 12 zusammengefasst. Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen und dem fachspezifischen Wissen zeigen die Ergebnisse den erwartenden mittleren, aber höchst-signifikanten korrelativen Zusammenhang von $r = .36$. Dies kann als erster Hinweis auf Validität gedeutet werden, da aus dem theoretischen Kontext das fachspezifische Wissen zwar einen

14 Der Test zum fachspezifischen Wissen wurde von Annika Ohle entwickelt. Für nähere Informationen zur Konstruktion und Testgütekriterien siehe Ohle, Kauertz und Fischer (2009).

15 Der Fragebogen zur Erfassung der Vorstellungen zum Lehren und Lernen wurde von Thilo Kleickmann entwickelt. Für nähere Informationen zur Konstruktion und Testgütekriterien siehe Kapitel 2.3.3.1 und Kleickmann (2008).

Anteil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ausmacht, jedoch nicht mit ihm identisch ist. Der gefundene mittlere Korrelationskoeffizient stützt diese theoretische Annahme.

Tabelle 12: Übersicht über die Korrelation zwischen dem Summenwert PCK und externen Kriterien zur Lehrerprofessionalität

Korrelation	PCK	CK	CC	ANW	TRA	PRA	Lerf_SU	Au_SU
PCK		.35	.36	.01	-.13	-.33	-.40	.26
M	17.68	.46	2.22	3.14	1.51	1.93	14.01	1.65
SD	5.02	.15	.77	.61	.67	.59	11.39	.48

Anmerkungen. PCK: fachspezifisch-pädagogisches Wissen, CK: fachspezifisches Wissen. Vorstellungen zum Lehren und Lernen: CC: Conceptual Change, ANW: Anwendungsbezogenes Lernen, TRA: Transmission, PRA: Praktizismus; Items basieren auf einer fünfstufigen Likert-Skala. Lerf_SU: Lehrerfahrung im Sachunterricht in Jahren, Au_SU: Ausbildung im Sachunterricht. Fettgedruckte Koeffizienten sind signifikant (min. $p < .05$).

Die externen Korrelationen des Summenscores im Test zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen mit den Vorstellungen zum Lehren und Lernen, zeigen, dass Lehrer, die einen hohen Summenwert im Test zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen erreicht haben, naturwissenschaftliches Lernen eher als konzeptuelle Veränderung ansehen und die Bedeutung des Vorwissens für das naturwissenschaftliche Lernen stärker betonen. Dagegen lehnen diese hoch punktenden Lehrkräfte praktizistische Vorstellungen wie z. B., dass Handeln im naturwissenschaftlichen Unterricht allein schon ein Garant für das Verstehen von Konzepten ist, sowie transmissive Vorstellungen eher ab. Diese Ergebnisse decken sich mit dem zuvor vorgestellten Modell von Magnusson und Kollegen (1999) und deuten somit auf Validität. Der Grad der Überzeugung, dass naturwissenschaftliches Lernen in bedeutungsvolle, lebensweltliche Kontexte eingebettet sein sollte, hängt dagegen gar nicht mit dem im Test erreichten Wert zusammen ($r = .01$). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass dieser aus der Theorie zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen abgeleitete Bereich im konstruierten Test zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen nicht genügend Berücksichtigung findet.

Vor dem Hintergrund der Theorie zur Entwicklung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens scheint auch der negative Zusammenhang zwischen dem im Test erreichten Punktwert und der Berufserfahrung überraschend und erwartungswidrig, da die Unterrichtserfahrung als „Motor“ der Entwicklung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angesehen wird (Baxter & Lederman, 1999; Gess-Newsome, 1999a; Grossman, 1990; Hashweh, 2005; Loughran, et al., 2004; Magnusson, et al., 1999; van Driel, de Jong, & Verloop, 2002; van Driel, et al., 1998). Allerdings beschreiben Theorien zur Professionalisierung auch, dass Expertise nicht allein durch das Ausüben eines Berufes zustande kommt, sondern Motivation und das bewusste, zielgerichtete Üben, die sog. deliberate practice, sowie Feedback und tutorielle Unterstützung durch Experten notwendig sind (Ericsson, et

al., 1993). Studien, die sich mit der Entwicklung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens befassen, untersuchen den Einfluss der Unterrichtserfahrung i. d. R. auch in Zusammenhang mit Aus- und Fortbildungsangeboten, in denen die Lehrkräfte durch das Design der Kurse kontinuierlich aufgefordert werden, ihren Unterricht und den der Gruppenteilnehmer gezielt zu reflektieren. Darüber hinaus wird den Lehrkräften auch Input gegeben, in dem sie mit typischen Fehlervorstellungen oder Lernschwierigkeiten bekannt gemacht werden (Clermont, Krajcik, & Borko, 1993; van Driel, et al., 2002; van Driel, et al., 1998). Dieses gezielte Reflektieren und der fachdidaktische Input durch tutorielle Maßnahmen sind im schulischen Alltag in der Regel nicht gegeben, so dass man eine Entwicklung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens durch die alleinige Verweildauer in der Schule nach genauerer Betrachtung der bestehenden Literatur nicht erwarten würde. Dieses Argument erklärt allerdings noch nicht, warum der gefundene Zusammenhang negativ ausfällt. Ein Hinweis hierfür könnte ein Unterschied in der Ausbildung sein, der mit der Lehrerfahrung bzw. dem Alter der Lehrkräfte verbunden sein könnte. Die Idee des moderat-konstruktivistischen, Conceptual Change-fördernden Unterrichts, der u.a. den theoretischen Hintergrund zum entwickelten Test darstellt, hält erst seit Mitte der 1990er Jahre Einzug in die deutschsprachige Literatur und somit auch erst seit dieser Zeit Einzug in die universitäre Lehre und Ausbildung. Es ist anzunehmen, dass Lehrkräfte mit einer langjährigen Lehrerfahrung (über 35% der Lehrkräfte verfügen über mehr als 15 Jahre Unterrichtserfahrung) während ihrer Ausbildung mit diesen Lehr-Lern-Theorien kaum in Kontakt gekommen sind. Dies könnte erklären, warum dies Lehrkräfte mit langjähriger Unterrichtserfahrung durchschnittlich weniger Punkte im Test zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen erreichen als jüngere Kollegen.

Gegenüber der alleinigen Verweildauer in der Institution Schule ist der Ausbildungshintergrund wieder positiv mit dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen korreliert ($r = .26$). Lehrkräfte, die im Fach Sachunterricht ausgebildet wurden, schneiden in dem Test besser ab, als Lehrkräfte, die das Fach zwar zum Teil seit Jahren unterrichten, aber nicht formal für das Fach ausgebildet wurden. Vor dem Hintergrund, dass in der Ausbildung für das Lehramt für die Primarstufe fachdidaktische Inhalte eine große Rolle spielen und sich die Didaktik eines Faches nicht per se auf ein anderes Fach übertragen lässt (vgl. Kap. 2.3.3.2 zur Taxonomie über die Fachspezifität des fachspezifisch-pädagogischen Wissens), scheinen diese Ergebnisse äußerst plausibel und liefern einen weiteren Anhaltspunkt für die Validität des eingesetzten Instrumentes.

Nimmt man die unterschiedlichen Validierungsideen zusammen, so kann man festhalten, dass die überwiegende Mehrheit der gesammelten Indizien für die Validität des eingesetzten Instrumentes spricht. Dennoch sind die einzelnen Ausreißer nicht zu übersehen, weshalb weitere Untersuchungen unbedingt notwendig sind. Eine Idee könnte eine Überprüfung der „growing knowledge hypothesis“

sein, indem man noch einmal den Ansatz der bekannten Gruppen aufgreift und die Ergebnisse von Lehramtskandidaten jeweils zu Beginn und zum Ende der verschiedenen Ausbildungsphasen kontrastiert. Höhere Testleistungen bei zunehmender (angenommener) fachdidaktischer Expertise könnten als weiteres Indiz für die vorgenommene Operationalisierung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens gewertet werden.

4.5 Erfassung des konzeptuellen Verständnisses aufseiten der Schüler

Das konzeptuelle Verständnis der Schüler, das die abhängige Variable der vorliegenden Untersuchung bildet, sollte in enger Anlehnung an die von den 60 Lehrkräften unterrichtete Unterrichtseinheit zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser erfasst werden. Dazu wurde ein Papier-und-Bleistift-Test im fokussierten Inhaltsbereich entwickelt, der insgesamt 24¹⁶ Aufgaben mit geschlossenem Antwortformat umfasst. Um den Inhaltsbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge facettenreich, aber fokussiert abbilden zu können, wurden drei inhaltliche Schwerpunktthemen identifiziert, die mit Hilfe der entwickelten Aufgaben abgedeckt werden sollten. Diese Themen waren 1.) Eigenschaften von Stoffen in verschiedenen Aggregatzuständen (vor allem im flüssigen und gasförmigen Zustand), 2.) Verdunstung sowie 3.) Kondensation. Die Themen Verdunstung und Kondensation umfassten dabei auch die Bedingungsfaktoren, die für den jeweiligen Phasenübergang Voraussetzung sind bzw. durch die Vorgänge beschleunigt bzw. verlangsamt werden können. Um Lernfortschritte ermitteln zu können, wurde das konzeptuelle Verständnis der Schüler in einem Prä-/Post-Design unmittelbar vor Beginn und nach Abschluss der Unterrichtsreihe erfasst. Auf die Konzeption und Entwicklung des eingesetzten Tests, der im o.g. PLUS-Projekt in Kooperation der beiden beteiligten Arbeitsgruppen entwickelt wurde, sowie auf die Gütekriterien im Sinne der klassischen Testtheorie wird im Folgenden kurz eingegangen.

4.5.1 Konzeptuelles Verständnis im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge

Aus den in Kapitel 2.1 dargestellten Ergebnissen zur Erforschung von Schülervorstellungen und den (daraus resultierenden) theoretischen Annahmen zum Lernen von naturwissenschaftlichen Konzepten als Conceptual Change wurden für den Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge mit den oben genannten Unterfacetten zwei Dimensionen identifiziert, die Verständnis im fokussierten Themenbereich beschreiben.

Integriertes konzeptuelles Verständnis. Wie der Überblick über die in empirischen Studien gefundenen alternativen Schülervorstellungen im Inhaltsbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge in

16 Der ursprünglich entwickelte und auch in der Studie eingesetzte Test enthielt 26 Aufgaben. 2 Aufgaben mussten wegen fehlerhafter, uneindeutiger Testadministration für die Analysen ausgeschlossen werden.

Kapitel 2.1.3.1 zeigt, bestehen bei Schülern insbesondere bei den Themen Verdunstung und Kondensation viele, sehr unterschiedliche und an Kontexte gebundene, alternative Schülervorstellungen, die aufgrund von vielfältigen Alltagserfahrungen häufig tief verwurzelt sind. So erklären Schüler das Verdunsten von Wasser häufig über „einfaches Verschwinden“, bei dem die Masse nicht erhalten bleibt, mit dem Einziehen oder dem Einsickern in den Untergrund oder durch die Handlung eines dritten realen oder fiktiven Täters, der das Wasser wegnimmt (z. B. Russell, et al., 1989). Auch das Kondensieren von Wasser erklären Schüler ursprünglich eher als ein Herauskommen des Wassers aus dem Inneren des Gegenstandes oder durch einen äußeren (realen oder fiktiven) Täter, der das Wasser im flüssigen Zustand dorthin bringt, als es mit der Zustandsänderung des in der Luft befindlichen Wasserdampfes in Verbindung zu bringen (z. B. Johnson, 1998). Für die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses in den Themenbereichen Verdunstung und Kondensation bedeutet dies vor dem Hintergrund der zuvor skizzierten naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Theorien, dass Schüler nicht nur naturwissenschaftlich adäquate Vorstellungen dieser Prozesse aufbauen, sondern auch ihre alternativen Vorstellungen abbauen müssen. Verständnis ist in diesen Bereichen also durch den gleichzeitigen Abbau von alternativen Vorstellungen und den Aufbau von wissenschaftlich angemesseneren Vorstellungen gekennzeichnet und wird daher als integriertes konzeptuelles Verständnis beschrieben.

Konzeptuelles Wissen. Für andere Inhaltsbereiche, die unter dem Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ zu verorten sind, sind in der Literatur zu Schülervorstellungen keine typischen alternativen Vorstellungen beschrieben, so z. B. für das Benennen von Phänomenen mit Fachbegriffen oder für die Bedingungsfaktoren, die Voraussetzung für die Vorgänge des Verdunstens und des Kondensierens sind bzw. diese Vorgänge beschleunigen oder verlangsamen können. In diesen Bereichen umfasst konzeptuelles Verstehen in erster Linie den Aufbau von wissenschaftlichen Erklärungen, während tief verwurzelte alternative Schülervorstellungen eine untergeordnete Rolle spielen. Dieser Bereich, in dem Verständnis hauptsächlich durch den Aufbau von wissenschaftlichen Vorstellungen gekennzeichnet ist, wird als konzeptuelles Wissen bezeichnet.

4.5.2 Testkonstruktion und eingesetzte Aufgabenformate

Um das Verständnis im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge in den beiden angenommenen Dimensionen erfassen zu können, wurden zwei Typen von Aufgaben entwickelt. Die Aufgaben, die das integrierte konzeptuelle Verständnis erfassen sollen, zeichnen sich dadurch aus, dass Schüler aufgefordert werden, ein alltägliches Verdunstungs- oder Kondensationsphänomen zu erklären. Für die Erklärung des Phänomens werden den Schülern neben der wissenschaftlich korrekten Antwort als Attraktor vier typische alternative Schülervorstellungen als Distraktoren angebo-

ten. Die vorgegebenen Antwortalternativen wurden dabei sowohl aus der Literatur zu Schülervorstellungen als auch aus Interviews mit Kindern zu diesem Thema, die in eigenen kleinen Forschungsprojekten im Vorfeld der PLUS-Studie entstanden sind, abgeleitet und an die Sprache der Kinder angelehnt. Die Anlehnung an die Sprache der Kinder bedeutet für die Attraktoren auch, dass versucht wurde, Fachwörter zu vermeiden und anstelle dessen auf Erklärungen von Kindern zurückzugreifen. So wird Wasserdampf im Test z. B. als „nicht sichtbares Wasser, das in der Luft verteilt ist“ bezeichnet. In Stichproben-Interviews wurden Schüler in einer Phase der Vorpilotierung nach dem Lösen des Tests zu den vorgegebenen Antwortalternativen befragt und diese Information dazu genutzt, die konstruierten Attraktoren und Distraktoren zu adaptieren. Dieser Typ von Aufgaben wurde in ein True-False-Itemformat transformiert, so dass Schüler für jeden Attraktor und jeden Distraktor separat entscheiden müssen, ob sie die angebotene Erklärung als richtig oder falsch beurteilen. Abbildung 9 zeigt ein solches Item aus dem Themenbereich Kondensation.

Du füllst ein Glas mit Leitungswasser und Eiswürfeln. Es sieht nach einem kurzen Moment aus wie auf dem Bild.

Was ist das, was du außen auf dem Glas siehst?

Kreuze nach jedem Wort richtig oder falsch an!

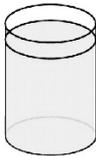
	Richtig	Falsch
Schweiß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kühlflüssigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wassertröpfchen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kälte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rauch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wasserdampf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Abbildung 9: Beispielaufgabe zum integrierten, konzeptuellen Verständnis im Bereich Kondensation

Um das konzeptuelle Wissen der Schüler erfassen zu können, das nach der oben beschriebenen Definition lediglich den Aufbau von wissenschaftlich adäquaten Vorstellungen umfasst, wurden Aufgaben entwickelt, in denen Schüler Fragen zu naturwissenschaftlichen Sachverhalten im Einklang mit dem naturwissenschaftlich adäquaten Konzept beantworten oder korrekte Vorhersagen machen müssen. Diese Aufgaben wurden ebenfalls in einem True-False-Itemformat umgesetzt, in dem die Schüler jede Antwortalternative mit richtig oder falsch bewerten müssen. Ein Beispiel für eine solche Aufgabe im Bereich Verdunstung ist in Abbildung 10 zu sehen. Neben den True-False-I-

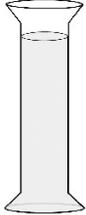
tems wurden auch klassische Multiple Choice-Items generiert, in denen die Schüler aufgefordert werden, die Antwortalternative zu markieren, die sie für richtig halten.



Gefäß 1



Gefäß 2



Gefäß 3

Ein Schüler stellt drei verschiedene Gefäße mit Wasser auf eine Fensterbank. In jedem Gefäß sind 100ml Wasser. Er wartet zwei Tage.

Wo ist nach den zwei Tagen am wenigsten Wasser übrig?
Kreuze nach jeder Möglichkeit ja oder nein an!

	Ja	Nein
In Gefäß 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In Gefäß 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In Gefäß 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es ist in allen Gefäßen gleich viel Wasser übrig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 10: Beispielaufgabe zum konzeptuellen Wissen im Bereich Verdunstung

Vor diesem Hintergrund enthält der endgültige Test nach einer intensiven Phase der Vortestung 24 Aufgaben, 22 Aufgaben im True-False- und 2 Aufgaben im Multiple Choice-Format. Die Übersicht über die Verteilung der einzelnen Items auf die Inhaltsbereiche und Dimensionen in Tabelle 13 zeigt, dass die Bereiche Kondensation und Verdunstung in etwa gleich stark über Aufgaben abgedeckt werden, während der Inhaltsbereich Eigenschaften der Aggregatzustände mit nur 4 Items etwas unterrepräsentiert ist. Über die angenommenen Dimensionen des Verständnisses hingegen verteilen sich die Items wieder in etwa gleich, wobei die Aufgaben zum integrierten konzeptuellen Verständnis leicht überwiegen. Die Zuordnung der Items zu den Inhaltsbereichen, den angenommenen Dimensionen und das eingesetzte Aufgabenformat kann im Anhang dieser Arbeit eingesehen werden.

Tabelle 13: Übersicht über die Aufgabenverteilung im Schülerleistungstest: Inhaltsbereiche und angenommene Dimensionen des Verständnisses

	Eigenschaften der Aggregatzustände	Verdunstung	Kondensation	Gesamt
Integriertes Verständnis	0	6	7	13
Konzeptwissen	4	4	3	11
Gesamt	4	10	10	24

Die Reihenfolge der Items im endgültigen Testheft wurde durch inhaltliche Überlegungen bestimmt. Während Aufgaben zum integrierten konzeptuellen Verständnis und Aufgaben zum Konzeptwissen zur Vorbeugung von Monotonie ohne Probleme durchmischt werden konnten, war es bei den integrierten Aufgaben im Bereich Verdunstung und Kondensation wichtig, auf eine inhaltliche Anordnung der Fragen zu achten. Die Aufgaben, in denen Informationen vorgegeben waren (wie z. B. „Das sind Wassertröpfchen. Woher stammen diese?“), mussten weiter hinten im Test angeordnet werden, um die Schüler bei den vorherigen Fragen nicht zu beeinflussen. Aufgaben, die eine Demonstration durch den Testleiter erforderlich machten, wurden gleichmäßig über das Testheft verteilt.

4.5.3 Testadministration

Der Vor- und der Nachtest zum konzeptuellen Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge wurde in allen teilnehmenden Klassen von jeweils zwei geschulten Testleitern administriert und im gesamten Klassenverband durchgeführt, so dass alle Schüler einer Klasse den Test gleichzeitig und in der gleichen Reihenfolge bearbeiteten. Um die Durchführungsobjektivität sicherzustellen, wurden alle Testleiter in einem Kurs von wissenschaftlichen Mitarbeitern des Projektes in der standardisierten Durchführung von Fragebögen geschult. Neben der verbalen Instruktion wurden auch die Handlungen, die zur Demonstration von Aufgaben durchgeführt werden sollten (z. B. die gleiche Menge an Wasser in unterschiedlich geformte Gefäße füllen; Beispielaufgabe Abb. 10), sowie die Einführung der verschiedenen Aufgabenformate eingeübt. Darüber hinaus erhielten alle Testleiter eine ausführliche Instruktion zur Durchführung des Fragebogens in den Klassen mit der Aufforderung, sich genau an diesen Leitfaden zu halten. Diese Anleitung enthält neben dem genauen Wortlaut für die Instruktion der Aufgaben auch genaue Anweisungen darüber, wie die unterschiedlichen Aufgabenformate vor Beginn des eigentlichen Tests eingeübt werden sollen, welche Handlungen zur Demonstration durchzuführen sind und wie viel Bearbeitungszeit den Schülern für die einzelnen Aufgaben zur Verfügung gestellt wird. Um Einflüsse des Leseverständnisses aufseiten der Schüler für deren Testleistung minimal zu halten, wurden sämtliche Aufgabentexte und Antwortalternativen durch die Testleiter vorgelesen. Die gesamte Administration des Tests dauerte in etwa 45 Minuten.

4.5.4 Bildung von Summenwerten

Die Auswertung des Testes zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses der Schüler zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge erfolgte durch die Berechnung eines Summenwerts, der angibt, inwieweit Schüler wissenschaftlich adäquate Vorstellungen erworben haben und gleichzeitig

Fehlvorstellungen ablehnen. Dazu wurde jede einzelne Aufgabe im Test mit 0 oder 1 bewertet. Um bei den Aufgaben zum integrierten konzeptuellen Verständnis im True-False-Antwortformat 1 Punkt zu erreichen, mussten die Schüler die wissenschaftlich adäquaten Antwortalternativen als richtig und alle anderen Antwortalternativen in Form der Fehlkonzepte als falsch bewerten. Dasselbe Bewertungsschema galt für die Aufgaben zum Konzeptwissen im True-False-Itemformat. Um bei den Aufgaben zum Konzeptwissen im Multiple Choice-Format 1 Punkt zu erreichen, durfte ebenfalls nur die wissenschaftlich adäquate Antwort bzw. Vorhersage angekreuzt werden. Die Anzahl der nach diesem Schema korrekt gelösten Aufgaben wurde aufsummiert, weshalb der Summenwert, der im Folgenden als *CU-Wert* (für „conceptual understanding“) bezeichnet wird, maximal 24 Punkte betragen konnte.

4.5.5 Ergebnisse der Testanalysen

In diesem Abschnitt werden als zentrale Kennwerte im Sinne der klassischen Testtheorie Schwierigkeiten und Trennschärfen der Items im CU-Summenwert sowie die interne Konsistenz der Gesamtskala berichtet. Da die Vermutung nahe liegt, dass sich die Schwierigkeit der Items sowie damit verbunden ihre Trennschärfe vom Vor- zum Nachtest verändert, werden die Ergebnisse der Testanalyse getrennt für den Vor- und Nachtest berichtet. Die in Tabelle 14 angegebenen Schwierigkeitsindizes für die Items im Vor- und Nachtest können als prozentualer Anteil der Schüler gedeutet werden, die das jeweilige Item gelöst haben. Hohe Werte zeigen dementsprechend an, dass es sich um leicht zu lösende Items handelt.

Die Analysen zeigen, dass die Schwierigkeit der Items sowohl im Vor- als auch im Nachtest zwischen .1 und .8 streut und somit sowohl leichte als auch mittlere und schwere Aufgaben vorhanden sind. Der Vergleich der Schwierigkeitsindizes im Vor- und Nachtest bestätigt allerdings die Vermutung hinsichtlich der unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade zwischen Vor- und Nachtest und zeigt, dass viele Aufgaben im Vortest sehr schwierig sind (7 Aufgaben mit Schwierigkeitsindex $p < .2$; durchschnittliche Itemschwierigkeit .33). Mit den hohen Itemschwierigkeiten im Vortest geht eine geringere Differenzierung im unteren Fähigkeitsbereich einher. Im Nachtest liegt die durchschnittliche Itemschwierigkeit bei .5, wobei alle Aufgaben bis auf Aufgabe 1 und Aufgabe 5 im gewünschten mittleren Schwierigkeitsbereich zwischen .2 und .8 liegen, was auf eine bessere Schwierigkeitsstreuung hinweist. Der Test ist allerdings immer noch eher schwer.

Tabelle 14: Schwierigkeit und Trennschärfe der Items zur Erfassung des Verständnisses von Aggregatzustände und ihre Übergänge im Vor- und Nachtest (Grundschule)¹⁷

Item	p Vortest	p Nachtest	r _{it} Vortest	r _{it} Nachtest	Item	p Vortest	p Nachtest	r _{it} Vortest	r _{it} Nachtest
1	.86	.87	.17	.19	13	.24	.34	.14	.24
2	.55	.71	.15	.19	14	.26	.44	.34	.48
3	.44	.65	.27	.29	15	.14	.30	.28	.48
4	.13	.34	.22	.39	17	.17	.38	.38	.51
5	.78	.87	.17	.15	18	.20	.27	.28	.32
6	.57	.69	.22	.26	19	.27	.50	.03	.14
7	.33	.68	.23	.33	20	.11	.23	.33	.40
8	.14	.31	.26	.42	22	.12	.27	.26	.42
9	.44	.74	.27	.27	23	.18	.33	.31	.47
10	.33	.46	.27	.43	24	.44	.65	.22	.27
11	.24	.35	.35	.44	25	.21	.56	.16	.23
12	.53	.63	.09	.17	26	.26	.44	.17	.29

Anmerkungen. Die Aufgaben 16 und 21 wurden aufgrund von Administrationsfehlern ausgeschlossen. Die Angaben beruhen auf n = 1243 für den Vortest und n = 1250 für den Nachtest.

In den vom Vor- zum Nachtest angestiegenen Schwierigkeitsindizes spiegeln sich zudem die Lernfortschritte der Schüler wider. Dabei zeigen sich bei einigen Items nur relativ geringe Veränderungen im Anteil der Schüler, die die Aufgabe lösen (z. B. Aufgabe 1), wohingegen bei anderen Items deutliche Veränderungen in den Indizes festzustellen sind (z. B. Aufgabe 9). Bei der überwiegenden Mehrheit der Items ist ein leichter Anstieg um etwa .1 bis .2 zu erkennen.

Da die Trennschärfe eines Items von seiner Schwierigkeit abhängt, ist das Bild hinsichtlich der Trennschärfen eng mit dem der Schwierigkeitsindizes verbunden und die Analysen zeigen ein ähnliches Bild. Während im Vortest, wahrscheinlich aufgrund der hohen Schwierigkeit der einzelnen Aufgaben, die Trennschärfen zwischen .09 und .38 streuen und einen Mittelwert von .23 aufweisen, streuen sie im Nachtest bei einem Mittelwert von .32 zwischen .14 und .48 und weisen somit bessere Trennschärfen als im Vortest auf. Aufgaben mit schlechten Trennschärfen sollen aufgrund der vorher skizzierten Überlegungen zur inhaltlichen Verteilung der Items, also aus Gründen der Inhaltsvalidität, dennoch beibehalten und in die Analysen eingeschlossen werden.

Die hohen Itemschwierigkeiten und die schlechten Trennschärfen wirken sich auch auf die internen Konsistenzen der CU-Summenwerte aus, da extreme Itemschwierigkeiten i. d. R. zu einer geringen Iteminterkorrelation führen. Die interne Konsistenz des CU-Summenwertes (siehe Tab. 15)

¹⁷ Die Analyse für das Sample der Sekundarstufe sowie für das Gesamtsample finden sich im Anhang der Arbeit.

kann dennoch als zufriedenstellend akzeptiert werden, wenn sie auch im Vortest für die Anzahl an Items nicht besonders hoch ist.

Tabelle 15: Interne Konsistenzen (Cronbachs Alpha) des Summenwertes CU im Schülerleistungstest nach Testzeitpunkt (Grundschule)¹⁸

	N _{Items}	M Vortest	SD Vortest	Cronbachs Alpha Vortest	M Nachttest	SD Nachttest	Cronbachs Alpha Nachttest
CU-Wert	24	7.96	3.47	.68	12.04	4.58	.79

Anmerkungen. Die Angaben beruhen auf n = 1243 für den Vortest und n = 1250 für den Nachttest.

Insgesamt zeigen die Analysen des Tests zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge, dass die Itemschwierigkeiten im entwickelten Testinstrument im mittleren Schwierigkeitsbereich streuen und sowohl Aufgaben mit leichtem, mittlerem und schwerem Schwierigkeitsindex vorhanden sind, was vor dem Hintergrund einer guten Differenzierung von Untersuchungsteilnehmern mit unterschiedlichen Fähigkeiten wünschenswert ist. Insgesamt ist der Test aber eher schwer, was insbesondere den Vortest betrifft. Im Nachttest streuen die Schwierigkeitsindizes breiter, auch wenn der Test insgesamt schwer bleibt. Daher ist mit Einschränkungen in der Differenzierung von Personen im niedrigen Fähigkeitsbereich zu rechnen, was vor dem Hintergrund, dass der Test zur Beantwortung der Forschungsfragen im Gesamtprojekt PLUS auch in der 6. Klassenstufe eingesetzt werden sollte, in Kauf genommen werden musste.

4.6 Erfassung der Kontrollvariablen auf Individual- und Klassenebene

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die Hauptinstrumente zur Erfassung der unabhängigen und abhängigen Variablen zur Beantwortung der Frage nach Zusammenhängen zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften und Lernfortschritten aufseiten der Schüler im Bereich der Naturwissenschaften detailliert beschrieben worden sind, wird im vorliegenden Kapitel auf die Erfassung der Kontrollvariablen eingegangen. Vor dem Hintergrund, dass Lernfortschritte von Schülern multipel determiniert sind (vgl. Kap. 2.2), lassen sich vor dem aktuellen Stand der Forschung Merkmale und Einflussfaktoren identifizieren, die die abhängige Variable, im Fall der vorliegenden Arbeit das Verständnis der Schüler zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge im Nachttest, vermutlich ebenfalls beeinflussen. Diese Merkmale und Einflüsse werden, wie in Kapitel 2.2.6 skizziert, zum größten Teil auf der Individualebene, aber auch auf Ebene der Klasse (bzw. des Lehrers) erwartet. Vor diesem Hintergrundwissen wurden diese Merkmale und Einflüsse im Rahmen der vorliegenden Arbeit als Kontrollvariablen miterhoben, um nach der Untersuchung die abhängige Variable bezüglich dieser Kontrollvariablen statistisch „bereinigen“ zu können. Die

¹⁸ Die Analyse für das Sample der Sekundarstufe sowie für das Gesamtsample finden sich im Anhang der Arbeit.

Eliminierung des Einflusses einer Kontrollvariablen auf die abhängige Variable geschieht regressionsstechnisch, d. h. sie entspricht dem Prinzip einer Partialkorrelation zwischen der unabhängigen und der abhängigen Variablen unter Ausschaltung der Kontrollvariablen (Bortz & Döring, 2006). Im Folgenden werden die berücksichtigten Variablen sowie deren Erfassung im Zuge der vorliegenden Untersuchung kurz skizziert.

Kontrollvariablen auf Individualebene. Wie in Kapitel 2.2.6 dargelegt wurde, zeigt sich als relativ robuster Befund, dass die individuellen Eingangsvoraussetzungen der Schüler den größten Teil der Leistungsvarianz aufklären. Unter diesen individuellen Merkmalen hat sich in zahlreichen Studien insbesondere das bereichsspezifische Vorwissen der Schüler als bedeutsamer Prädiktor für spätere schulische Leistungen in der betreffenden Domäne herauskristallisiert, weshalb das vorunterrichtliche Verständnis der Schüler zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge als Prädiktor auf Individualebene bei der Analyse der Zusammenhänge in der vorliegenden Arbeit Berücksichtigungen finden soll. Dafür wird auf das Ergebnis, das die Schüler im Vortest zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses (vgl. Kap. 4.5) erzielt haben, zurückgegriffen. Durch die Aufnahme des vorunterrichtlichen Verständnisses als Prädiktor ins Analysemodell kann von Fortschritten der Schüler im Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge gesprochen werden.

Neben dem Vorwissen der Schüler stellen aber auch allgemeine kognitive Fähigkeiten und soziale Hintergrundvariablen wichtige individuelle Lernvoraussetzungen dar, die in der vorliegenden Untersuchung als Kontrollvariablen Berücksichtigung finden sollen. Dafür wurden die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Schüler über zwei Subtests des CFT 20-R als Maß für die nonverbale Intelligenz erfasst und der in diesen beiden Skalen erreichte Gesamtscore (Skala mit insgesamt 26 Items, Cronbachs Alpha bei .65) als Marker der fluiden Intelligenz ins Analysemodell aufgenommen (Weiß, 2005). Als soziale Hintergrundvariablen sollte der familiäre, sozioökonomische Status der Schüler kontrolliert werden. Mit Hilfe eines Elternfragebogens wurden die von den Erziehungsberechtigten der Schüler ausgeübten Berufe in einem offenen Antwortformat erfasst und anschließend über den International Socio-Economic Index (ISEI) operationalisiert, der von Ganzeboom und Treiman (2003) auf Basis des International Standard Classification of Occupations (ISCO) entwickelt wurde. Zur Bestimmung eines Scores für den einzelnen Schüler wurden die ISEI-Scores von im Haushalt lebenden männlichen und weiblichen Erziehungsberechtigten aufsummiert.

Da die Frage nach dem Einfluss der konstitutionellen Determinante Geschlecht im Bereich der Grundschule beim derzeitigen Stand der Forschung nicht eindeutig beantwortet werden kann, soll der Einfluss der Variable Geschlecht für die vorliegende Untersuchung kontrolliert werden. Dazu wurde das Geschlecht der Schüler über eine Selbstauskunft zu Beginn des eingesetzten Fragebogens zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses erhoben und in Form einer dichotomen Kodierung

(0 = Mädchen, 1 = Jungen) ins Modell aufgenommen. Da Klassen der dritten und vierten Jahrgangsstufe sowie vierte Jahrgangsstufen zu Beginn und zum Schluss des Schuljahres untersucht wurden und somit Entwicklungsunterschiede über die kognitiven Entwicklungsunterschiede, die durch den CFT kontrolliert werden sollen, hinaus bestehen könnten, sollte das Alter der Schüler ebenfalls kontrolliert werden. Um das Alter der Schüler zum durchgeführten Testzeitpunkt genau berechnen zu können, wurden die Schüler bei der Durchführung des Vortests zur Erfassung des konzeptuellen Verständnis gebeten, ihren Geburtsmonat und das Geburtsjahr auf dem Fragebogen anzugeben. Mit Hilfe des Datums der tatsächlichen Erhebung wurde so für jeden Schüler das genaue Alter in Jahren und Monaten am Tag der ersten Erhebung berechnet und in das Modell aufgenommen.

Kontrollvariablen auf Klassenebene. Wie ebenfalls in Kapitel 2.2.6 aufgezeigt, weisen Studien zudem auf einen bestimmten Anteil an Varianz in Leistungsunterschieden, die durch Merkmale der Klasse bzw. Merkmale der Lehrkraft vorhergesagt werden können. Hier haben sich sowohl die Lernzeit als auch die Klassenführung als starke Prädiktoren für Schulleistung herauskristallisiert, weshalb sie in der vorliegenden Arbeit kontrolliert werden sollten. Da im Rahmen des Projektes keine Untersuchungen zur aktiven Lernzeit von Schülern (time-on-task) durchgeführt wurden, wurde die für das Unterrichtsthema Aggregatzustände und ihre Übergänge „tatsächliche Unterrichtszeit“ (Helmke, 2009, S. 80) einbezogen. Obwohl die Unterrichtsdauer den Lehrkräften durch das PLUS-Projekt vorgegeben worden war (Umfang von 3 Doppelstunden), stellte sich im Laufe der Untersuchungen heraus, dass nicht alle Lehrkräfte in der Lage waren, sich an diese Vorgabe zu halten. Nach Abschluss der Erhebungsphase wurde daher noch einmal telefonisch Kontakt zu allen beteiligten Lehrkräften aufgenommen, um diese nach der tatsächlichen Unterrichtsdauer zu befragen. Dazu wurden den Lehrkräften die Daten der Vor- und Nachtesterhebung mitgeteilt und sie wurden gebeten mit Hilfe des Klassenbuchs und sonstiger Aufzeichnungen die tatsächliche Unterrichtsdauer zu rekonstruieren. Die Angabe wurde in Minuten umgerechnet und in das Modell eingelesen.

Eine effiziente Klassenführung wird übereinstimmend als ein Schlüsselmerkmal der Unterrichtsqualität angesehen, das „eindeutig und konsistent mit dem Leistungsniveau und dem Lernfortschritten von Schulklassen verknüpft ist“ (Helmke, 2009, S. 174). Nach Schönbacher (2008) können Lernprozesse ohne ein organisiertes und strukturiertes Unterrichtsgeschehen nicht ermöglicht werden, so dass die Klassenführung die Effekte des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auf die Lernleistung der Schüler massiv stören und überlagern könnte. Vor diesem Hintergrund soll die Klassenführung der Lehrkräfte kontrolliert werden. Dafür wird auf ein Instrument zur Erfassung der Schülerwahrnehmung der Klassenführung zurückgegriffen, indem Schüler die Klassenführung der Lehrkraft in Bezug auf die Disziplin, die Regelklarheit und die Störungsprävention (Skala mit ins-

gesamt 17 Likert-skalierten Items, Cronbachs Alpha bei .79)¹⁹ beurteilen. Der über die drei Bereiche gebildete und für jede Klasse aggregierte Gesamtscore wurde als Kontrollvariable auf Klassenebene mit in das Modell aufgenommen.

Wegen der unklaren Befundlage zur Relevanz des sachbezogenen Interesses und der Berufserfahrung der Lehrkräfte für die Lernfortschritte der Schüler (Brophy & Good, 1986; Helmke & Weinert, 1997; Lipowsky, 2006) wurden auch das physikbezogene Sachinteresse der Lehrkräfte (Skala mit vier Likert-skalierten Items; Cronbachs Alpha bei .77)²⁰ und die Berufserfahrung im Sachunterricht in Dienstjahren als Kontrollvariablen auf der Klassenebene berücksichtigt. Beide Angaben wurden direkt von den Lehrkräften über Selbstauskünfte erfasst.

4.7 Statistische Analysen

Die Mehrebenenanalyse als statistisches Verfahren: Um die Frage nach Zusammenhängen zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis der Schüler überprüfen zu können, wird auf die oben beschriebene Stichprobe von 60 Grundschulklassen und deren Lehrkräfte zurückgegriffen. Als Voraussetzung für die meisten inferenzstatistischen Analysen wird i. d. R. angenommen, dass die Daten als Zufallsstichprobe gezogen wurden (Hartig & Rakoczy, in Druck). Diese Annahme kann aber im Fall der vorliegenden Arbeit nicht als erfüllt gelten, da die Daten nicht an zufällig ausgewählten Individuen, sondern an vorgruppierten Schulklassen erhoben wurden. Eine derartige Datenstruktur, in der Beobachtungseinheiten auf jeder Ebene eindeutig einer Einheit auf der nächst höheren Ebene zugeordnet werden können, wird als hierarchische Datenstruktur, Mehrebenenstruktur oder Clusterstichprobe bezeichnet (Hartig & Rakoczy, in Druck). Im Fall der vorliegenden Arbeit sind Schüler eindeutig ihren Klassen bzw. ihren Lehrkräften zugeordnet. Da Schüler auf Ebene 1 (Individualebene) in Klassen auf Ebene 2 (Aggregatebene) geschachtelt sind, handelt es sich um eine Datenstruktur mit zwei Ebenen. Diese gegebene Zuordnung der Schüler zu verschiedenen Klassen gibt vor, dass sich die Schüler innerhalb einer solchen Aggregateinheit ähnlicher sind, als es bei einer Zufallsstichprobe zu erwarten wäre (Ditton, 1998).

Die hierarchische Schachtelung der Daten wurde in der pädagogisch-psychologischen Forschung lange Zeit nicht adäquat berücksichtigt, da die geschachtelte Struktur zum einen als Makel angesehen wurde und zum zweiten handhabbare Auswertungsprogramme, die diese Struktur hätten berücksichtigen können, fehlten (Ditton, 1998). Statt der Berücksichtigung mehrerer Ebenen wurde eine Anpassung dieser vorgenommen, um die Auswertungen mit Standardverfahren durchführen zu

19 Der Schülerfragebogen zur Wahrnehmung der Klassenführung wurde von Katharina Fricke entwickelt. Für nähere Informationen zur Konstruktion und Testgütekriterien siehe Fricke, Kauertz und Fischer.

20 Die Items sowie Kennwerte zu den Items und zur Skala sind im Anhang beigefügt.

können. Dabei wurde i. d. R. auf Verfahren zur *Aggregation* und *Disaggregation* zurückgegriffen (Hox, 1998). Beide Verfahren sind äußerst problematisch, da die Varianzen innerhalb der Aggregateneinheiten verlorengehen, wenn Individualmerkmale zusammengefasst und der Ebene 2 zugeschrieben werden (Aggregation) oder innerhalb der Individualwerte nicht interpretierbare Vermischungen von Bedingungen innerhalb und zwischen den beiden Ebenen vorliegen, wenn Klassenmerkmale den Ebene 1-Einheiten separat zugeschrieben werden (Disaggregation).

Der in dieser Arbeit verfolgte Ansatz der Mehrebenenanalyse betrachtet die Mehrebenenstruktur als Faktor, der explizit in die Modellbildung einbezogen wird (Köller, 2004). Mit Hilfe der mehrebenenanalytischen Verfahren soll nämlich der Effekt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens der Lehrkräfte als zentrale unabhängige Variable (Aggregatebene) auf individuelle Lernergebnisse der Schüler im konzeptuellen Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge (Individualebene) untersucht werden. Als Grundlage für eine solche mehrebenenanalytische Modellierung kann die übliche Regressionsgleichung angesehen werden (siehe Gleichung 4.1), wobei die Achsenabschnittsparameter üblicherweise mit β_0 , die Steigungsparameter mit β_1 und Residual-Werte mit r_i bezeichnet werden (Ditton, 1998; Raudenbush & Bryk, 2002).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_i + r_i \quad [4.1]$$

Wie in der konventionellen multiplen Regressionsanalyse, werden auch in den mehrebenenanalytischen Verfahren Achsenabschnittsparameter (Intercepts), Steigungsparameter (Slopes) und Residual-Werte verwendet (Kleickmann, 2008; Raudenbush & Bryk, 2002). Im Gegensatz zu Standard-Regressionsverfahren berücksichtigten mehrebenenanalytische Verfahren allerdings die geschachtelte Struktur von Daten. Wenn j der Index für die Zugehörigkeit der Ebene 1-Einheiten zu der entsprechenden Ebene 2-Einheit angibt (siehe Gleichung 4.2), können gegenüber der einfachen Regression die Intercepts und Slopes im Rahmen von Mehrebenenmodellen variieren und aus der Analyse j Achsenabschnittsparameter und Steigungsparameter resultieren.

Das grundsätzliche Prinzip der Mehrebenenanalysen ist das Folgende: Die abhängige Variable Y ist bei Mehrebenenanalysen immer auf Ebene 1 lokalisiert. Die Varianz von Y wird in Varianz auf Individual- und in Varianz auf Aggregatebene zerlegt, die sog. *within-* (Ebene 1) und *between-* (Ebene 2) *Varianzen*. Prädiktoren können auf beiden Ebenen eingesetzt werden. Für jede der in diesem Fall zwei Ebenen werden separate Regressionsgleichungen formuliert, die Modellgleichung für die Individualebene lautet unter Berücksichtigung von j Aggregateinheiten:

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \cdot X_{ij} + r_{ij} \quad [4.2]$$

Aus regressionsanalytischer Sicht interessiert im Rahmen der vorliegenden Untersuchung, inwieweit das fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte (*PCK*) das nach dem Unterricht er-

reichte konzeptuelle Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge bei den Schülern (KV2) vorhersagen kann, wobei dieses um das bereits vor dem Unterricht vorhandene Verständnis (KV1) adjustiert werden soll (auf das Einsetzen weiterer Ebene 1-Kontrollvariablen wird an dieser Stelle zunächst verzichtet). Durch diese Adjustierung um das vorunterrichtliche Verständnis kann dann von Fortschritten im konzeptuellen Verständnis der Schüler gesprochen werden. Auf diese Untersuchung bezogen lautet die Ebene-1-Modellgleichung folglich:

$$KV2_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \cdot KV1_{ij} + r_{ij} \quad [4.3]$$

Die Modellgleichung (4.3) besagt, dass das nach dem Unterricht erreichte konzeptuelle Verständnis der Schüler i in Klasse j zunächst durch das vorunterrichtliche konzeptuelle Verständnis vorhergesagt wird. Da in Mehrebenen-Regressionsanalysen für jede Aggregateinheit j eine eigene Regressionsgleichung formuliert wird, ergeben sich aus der Gleichung 4.3 insgesamt j , im Falle der vorliegenden Untersuchung also 60 Achsenabschnittsparameter und 60 Steigungsparameter. Die Achsenabschnittsparameter können als Klassenmittelwerte des nach dem Unterricht erfassten konzeptuellen Verständnisses, adjustiert um das vorunterrichtliche Verständnis, interpretiert werden.

Auf Ebene 2 wird jeder β -Koeffizient der Ebene-1-Gleichung in einer eigenen Regressionsgleichung modelliert, weshalb ein Mehrebenenmodell immer so viele Ebene 2 Gleichungen wie Ebene-1- β -Koeffizienten enthält (Hartig & Rakoczy, in Druck; Raudenbush & Bryk, 2002). Die Ebene-2-Gleichungen setzen sich wiederum aus einem Achsenabschnittsparameter, den Steigungskoeffizienten und einem Residual-Wert zusammen. Die Achsenabschnittsparameter und die Steigungskoeffizienten werden auf dieser Ebene mit Gamma (γ) bezeichnet, das Regressionsresiduum mit u . In diesem Fall ergeben sich ohne das Einsetzen eines Prädiktors auf Ebene 2 die folgenden Gleichungen:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad [4.4]$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j} \quad [4.5]$$

An diesen beiden Gleichungen und Gleichung 4.3 wird deutlich, dass in einem Mehrebenenmodell die Schachtelung der Daten auch durch ebenenspezifische Residualterme berücksichtigt wird. Auf diese Untersuchung bezogen hat die Ebene 2-Gleichung 4.4 die Bedeutung, dass der Klassenmittelwert der Klasse j im adjustierten konzeptuellen Verständnis durch den Gesamtmittelwert zuzüglich einer Varianzkomponente u_{0j} dargestellt werden kann. Die Gleichung 4.5 besagt, dass sich die klassenspezifischen Steigungsparameter ebenfalls aus einem Achsenabschnittsparameter und einer Varianzkomponente u_{1j} zusammensetzen. An dieser Stelle ist auch ersichtlich, dass in Mehrebenenmodellen die klassenspezifische Variation der Zusammenhänge zwischen der jeweiligen Individualvariablen und dem Kriterium modelliert werden kann. Der Ebene-2-Steigungsparameter gibt

genau diesen Zusammenhang an (Ditton, 1998; Raudenbusch & Bryk, 2002). Mit Bezug auf die Regressionsresiduen auf Ebene 2 werden die Ebene 1-Parameter β_{0j} und β_{1j} auch als *Random Coefficients* (Zufallskoeffizienten) bezeichnet, genauer β_{0j} in 4.4 als *Random Intercept* und β_{1j} in 4.5 als *Random Slope* (Hartig & Rakoczy, in Druck). Da in der vorliegende Untersuchung keine Variation im Slope der Ebene-1-Regression über die Aggregateinheiten hinweg angenommen wird, wird das Modell im Weiteren so spezifiziert, dass es eine Ebene-1-Regression mit einem Random Intercept (β_{0j}) und einem konstanten Slope ($\beta_{1j} = \gamma_{10}$) aufweist:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad [4.6]$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} \quad [4.7]$$

Die Ebene-2-Gleichungen zeigen, dass in diesem Modell der Intercept-Term β_{0j} aus der Ebene-1-Regression über die Klassen hinweg variieren kann. Im Gegensatz dazu wird für den Steigungskoeffizienten β_{1j} angenommen, dass dieser für alle beteiligten Klassen gleich ist. Diese Fixierung des Steigungskoeffizienten ist auch daran zu erkennen, dass in der Ebene-2-Gleichung für den Slope β_{1j} kein Fehlerterm u_{1j} mehr enthalten ist. β_{1j} ist demnach eine Konstante.

Will man nun ein Modell spezifizieren, in dem ein oder mehrere Prädiktorvariablen auf Ebene 1 und auch auf Ebene 2 eingeführt werden, wie es zur Beantwortung der vorliegenden Fragestellung notwendig ist, lauten die Ebene-1- und Ebene-2-Gleichungen wie folgt:

$$\text{Ebene 1: } Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \cdot X_{ij} + r_{ij} \quad [4.8]$$

$$\text{Ebene 2: } \beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \cdot W_j + u_{0j} \quad [4.9]$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} \quad [4.10]$$

Unterschiede in den Mittelwerten werden nun durch Ebene-1- und Ebene-2-Prädiktoren erklärt.

Im Folgenden wird dieses Modell nun auf die dieser Untersuchung zugrunde liegende Fragestellung übertragen und der Effekt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auf das adjustierte konzeptuelle Verständnis der Lernenden in einem sog. Random Intercept-Modell modelliert (zunächst wird auch hier auf das Einfügen weiterer Ebene 2-Kontrollvariablen verzichtet). Dazu wird die Ebene-1-Gleichung 4.3 um die Ebene-2-Gleichungen erweitert. Im Fall dieser Untersuchung ist nun zunächst das fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte (*PCK*) von Interesse und wird als Prädiktor auf Ebene 2 eingesetzt.

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \cdot PCK_j + u_{0j} \quad [4.11]$$

Da keine klassenspezifische Varianz der Slope-Parameter modelliert werden sollen, lautet die zweite Ebene-2-Gleichung weiterhin:

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} \quad [4.12]$$

Durch das Einsetzen dieser Ebene-2-Gleichungen 4.11 und 4.12 in die Ebene 1-Gleichung 4.3 ergibt sich das Mehrebenenmodell zur Vorhersage des adjustierten konzeptuellen Verständnisses der Lernenden durch das fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte wie folgt:

$$KV2_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \cdot PCK_j + \gamma_{10} \cdot KV1_{ij} + u_{0j} + r_{ij} \quad [4.13]$$

Ein signifikanter Effekt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auf das adjustierte konzeptuelle Verständnis im Nachtest liegt dann vor, wenn γ_{01} signifikant wird.

Im Folgenden wird die vollständige Mehrebenengleichung zur Beantwortung der Zusammenhangsfrage dieser Arbeit unter Berücksichtigung aller in Kapitel 4.6 beschriebenen Kontrollvariablen dargestellt. Vor dem in Kapitel 2.2 skizzierten Stand der Forschung sollten zur „fairen“ Vorhersage des nach dem Unterricht erreichten konzeptuellen Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge bei den Schülern (*KV2*) durch das fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte (*PCK*) sowohl das bereits vor dem Unterricht gezeigte Verständnis (*KV1*), allgemeine kognitive Fähigkeiten (*CFT*), der sozioökonomischen Status (*ISEI*), das Alter (*A*) und das Geschlecht (*G*) der Schüler auf der Individualebene kontrolliert werden. Auf der Aggregatebene sollte neben der tatsächlichen Unterrichtsdauer (*Udau*) und der Klassenführung (*KF*) auch die Lehrerfahrung im Sachunterricht (*Lerf*) und das Sachinteresse der Lehrkraft (*Sai*) kontrolliert werden. Analog der oben dargestellten Mehrebenenanalyse stellt sich die Gleichung für die Ebene 1 wie folgt dar:

$$KV2_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} \cdot KV1_{ij} + \beta_{2j} \cdot CFT_{ij} + \beta_{3j} \cdot ISEI_{ij} + \beta_{4j} \cdot A_{ij} + \beta_{5j} \cdot G_{ij} + r_{ij} \quad [4.14]$$

Nach dem Einfügen der Ebene-2-Prädiktoren und unter der Annahme, dass keine klassenspezifische Variation der Slope-Parameter erwartet werden, lauten die Ebene 2-Gleichungen nun:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \cdot PCK_j + \gamma_{02} \cdot Udau_j + \gamma_{03} \cdot KF_j + \gamma_{04} \cdot Lerf_j + \gamma_{05} \cdot Sai_j + u_{0j} \quad [4.15]$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} \quad (\text{entsprechend für } \beta_{2j} - \beta_{5j}) \quad [4.16-4.20]$$

Durch das Einsetzen von 4.15-4.20 in 4.14 ergibt sich die vollständige Mehrebenengleichung:

$$KV2_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \cdot PCK_j + \gamma_{02} \cdot Udau_j + \gamma_{03} \cdot KF_j + \gamma_{04} \cdot Lerf_j + \gamma_{05} \cdot Sai_j + \gamma_{10} \cdot KV1_{ij} + \gamma_{20} \cdot CFT_{ij} + \gamma_{30} \cdot ISEI_{ij} + \gamma_{40} \cdot A_{ij} + \gamma_{50} \cdot G_{ij} + u_{0j} + r_{ij} \quad [4.21]$$

Um die Gamma-Koeffizienten (γ) leichter interpretieren zu können, wurden alle metrischen Variablen z-standardisiert. Während die Werte des vorunterrichtlichen konzeptuellen Verständnisses ebenfalls z-standardisiert wurden, wurde das konzeptuelle Verständnis der Schüler nach dem Unterricht am Mittelwert und der Standardabweichung des vorunterrichtlichen konzeptuellen Verständnisses standardisiert (Lüdtke & Köller, 2002). Dieses Verfahren führt dazu, dass die Informationen über die erreichten Lernfortschritte der Schüler nicht durch die Standardisierung verlorengehen. Darüber hinaus wurden in der Analyse alle Prädiktoren auf Individual- und Aggregatebene am

Grand Mean zentriert (Köller, 2004).

Die Analysen wurden mit dem Programm Mplus Version 5.21 (Muthén & Muthén, 1998-2007) durchgeführt.

Zum Umgang mit fehlenden Werten: In der sozialwissenschaftlichen Forschung stellt die Tatsache, dass Datensätze, die in empirischen Feldstudien gewonnen werden, oft unvollständig sind, ein häufig vorkommendes Problem dar (Lüdtke, Robitzsch, Trautwein, & Köller, 2007). Dieses Problem der *fehlenden Werte* (*Missing Data*) kann dadurch zustande kommen, dass Personen die Antwort auf einzelne Fragen verweigern, ihre Antworten nicht gelesen werden können, die Antworten ungültig sind oder Teile der Stichprobe in Studien mit mehreren Testzeitpunkten an einem oder mehreren Testzeitpunkten nicht teilnehmen konnten, und bedeutet letztendlich, dass nicht für alle befragten Personen tatsächlich alle Werte vorliegen (Little & Rubin, 2002, Lüdtke et al., 2007). In der Literatur zum Umgang mit fehlenden Werten werden im Allgemeinen drei Probleme identifiziert, die mit dem Fehlen von Werten einhergehen: Erstens führt die aufgrund des Datenausfalls verkleinerte Stichprobengröße zu einer geringeren Effizienz bei der Parameterschätzung. Zweites setzen die meisten statistischen Standardverfahren vollständige Datensätze voraus, wodurch die Auswertung der Daten erschwert wird. Drittens besteht die Gefahr verzerrter Parameterschätzungen aufgrund von systematischen Unterschieden, die zwischen den beobachteten und den fehlenden Daten bestehen könnten (Graham, Cumsille, & Elek-Fisk, 2003; Lüdtke et al., 2007). Im Rahmen von Mehrebenenanalysen, wie sie zur Beantwortung der Fragestellung der vorliegenden Arbeit angewandt werden sollen, kommt als weiteres Problem hinzu, dass bei fehlenden Kontextinformationen auf der Aggregatebene (z. B. Informationen über die Lehrkräfte) ganze Klassen aus den Analysen ausgeschlossen werden müssten (Lüdtke, 2009).

Fasst man die methodische Literatur zum Umgang mit fehlenden Werten bei statistischen Auswertungsverfahren zusammen, so kann man sagen, dass die Verwendung klassischer Verfahren zum Umgang mit fehlenden Werten, wie z. B. der fallweise oder der paarweise Ausschluss von Daten, als Ad-hoc-Lösungen zur Behandlung von fehlenden Werte angesehen (Lüdtke et al., 2007) und allgemein aufgrund ihrer erheblichen Nachteile aus der statistischen Perspektive als „unacceptable procedures“ (Graham, et al., 2003, S.89) bezeichnet werden. Diese Nachteile, die sich vor allem in verzerrten Parameterschätzungen widerspiegeln, sind so erheblich, dass von der Verwendung dieser klassischen Verfahren bei statistischen Analysen abgeraten wird (Lüdtke et al., 2007; Peugh & Enders, 2004). Alternative Verfahren, die in der Literatur beschrieben werden, sind *imputationsbasierte* Verfahren, in denen die fehlenden Werte durch möglichst sinnvolle Schätzungen ersetzt werden, oder *modellbasierte* Verfahren, in denen die Schätzung von Modellparametern und der Umgang mit fehlenden Werten simultan vollzogen werden (Lüdtke, et al., 2007).

Die Grundidee der sog. imputationsbasierten Verfahren, liegt darin, jeden fehlenden Wert durch einen möglichst plausiblen Wert zu ersetzen (*imputation*). Innerhalb dieser Gruppe unterscheidet man die Verfahren danach, in welchem Maße sie für die Generation der imputierten Werte auf zusätzlich vorliegende Informationen der Personen zurückgreifen und ob die Ersetzung einfach (*single imputation*) oder mehrfach (*multiple imputation*) vorgenommen wird. Den klassischen Verfahren gegenüber haben diese *Single Imputation*-Verfahren den Vorteil, dass keine Personen aus Analysen ausgeschlossen werden müssen. Außerdem wird die Information, die in Form von anderen Variablen über die Personen vorliegt, genutzt, um die fehlenden Werte vorherzusagen, was zu präziseren Schätzungen führen kann. Das Hauptproblem dieser Verfahren wird neben verzerrten Parameterschätzungen vor allem in der ungenügenden Berücksichtigung der Unsicherheit, mit der die fehlenden Werte ersetzt werden, gesehen (Lüdtke, et al., 2007). Der Ansatz der *multiplen Imputation* versucht dieses Problem zu umgehen, indem er die mit der Schätzung der fehlenden Werte verbundene Unsicherheit explizit in der zugrunde gelegten Teststatistik berücksichtigt. Dieses komplexere Verfahren umfasst drei Schritte: Im ersten Schritt werden unter Berücksichtigung der im Datensatz verfügbaren Informationen für jeden fehlenden Wert zunächst mehrere plausible Werte erzeugt, wodurch eine Vielzahl an vollständigen Datensätzen entsteht. In einem zweiten Schritt wird jeder dieser so erzeugten Datensätze getrennt mit Standardverfahren analysiert. Im dritten Schritt werden die Ergebnisse der getrennt durchgeführten Analysen so zusammengefasst, dass die Unsicherheit der Imputation Berücksichtigung findet. Das Imputationsmodell (Schritt 1) wird somit vom Analysemodell (Schritt 2) getrennt und die statistische Inferenz (Schritt 3) separat von der statistischen Analyse durchgeführt (Lüdtke, et al., 2007; Peugh & Enders, 2004).

Die modellbasierten Ansätze führen die Behandlung der fehlenden Werte und die Schätzung des Modells in einem gemeinsamen Schritt durch, was sie von den imputationsbasierten Verfahren unterscheidet. Das gängigste Vorgehen im Umgang mit fehlenden Werten im modellbasierten Ansatz ist das Schätzen von Modellen auch bei fehlenden Werten mit dem in Softwareprogrammen zur Analyse von Strukturgleichungsmodellen (z. B. *Mplus*) implementierten *Maximum-Likelihood* (ML)-Verfahren, das in der Literatur auch als *Full Information Maximum Likelihood* (FIML)-Verfahren bezeichnet wird. Die Grundidee der FIML-Methode besteht darin, ein Analysemodell für alle Fälle so zu spezifizieren, dass die Schätzer den für die Daten wahrscheinlichsten Wert für die Populationsparameter θ darstellen. Bei diesem Verfahren müssen die individuellen Werte zur Schätzung der Modellparameter zugrunde gelegt werden, da für die konkrete Schätzung der Modellparameter die Likelihood für jeden einzelnen Fall unter Berücksichtigung aller beobachteten Werte berechnet wird. Durch eine Verrechnung der unterschiedlichen Ausprägungen der Likelihood wird in diesem Ansatz eine Schätzung der Populationsparameter und ihrer Standardfehler auf Basis der beobachte-

ten Daten vorgenommen (Lüdtke, et al., 2007).

Diese alternativen Verfahren weisen im Vergleich mit den klassischen Verfahren hinsichtlich ihrer Effizienz und der Verzerrtheit der resultierenden Parameterschätzungen deutlich bessere Eigenschaften auf (Peugh & Enders, 2004). Zudem kommen sie mit weniger restriktiven Annahmen aus und zeigen sich in Simulationsstudien (z. B. Newman, 2003) selbst bei Verletzungen der Annahmen als robuster und führen zu besseren Ergebnissen als die klassischen Verfahren (Lüdtke, et al., 2007).

Auch in der vorliegenden Untersuchung liegt das Problem von fehlenden Werten vor. Der Anteil an fehlenden Werte variiert dabei auf Ebene der Schüler je nach Domäne zwischen 0.2 und 23.7%. Im Bereich des Schülerleistungstests zum konzeptuellen Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge haben von den insgesamt 1326 befragten Schülern 80 Schüler (6%) an einem der beiden Testzeitpunkte (Vor- oder Nachtest) und 23 Schüler (1.7%) an beiden Testzeitpunkten (Vor- und Nachtest) gefehlt. Der Prozentsatz fehlender Werte für den Test zu allgemeinen kognitiven Fähigkeiten (CFT) liegt bei 5.4%, für das Alter bei 12.2% und das Geschlecht bei 0.2%. Den größten Anteil fehlender Werte für Variablen auf Schülerebene finden wir bei den Angaben zum sozioökonomischen Status, der durch einen Elternfragebogen erhoben wurde. Hier fehlen für 314 Schüler die Angaben der Eltern zu ihrem derzeitig ausgeübten Beruf, so dass der Index-Wert ISEI für 23,7% der Schüler nicht berechnet werden konnte. Der Anteil an fehlenden Werten in den Daten der Lehrkräfte ist äußerst gering und variiert je nach Erhebungsbereich zwischen 0 und 10%. Im Bereich des Tests zum fachspezifisch-pädagogischen Wissens fehlen keine Werte von Lehrkräften, auch nicht im Bereich der Lehrerfahrung, des Sachinteresses oder der durch die Schüler eingeschätzten Klassenführung (Aggregatwerte). Den größten Anteil an fehlenden Werten hat die Variable Unterrichtsdauer. Hier fehlen die Angaben für 10% der Klassen.

Vor dem Hintergrund der oben skizzierten Diskussion in der forschungsmethodischen Literatur zum Umgang mit fehlenden Werten wurden die fehlenden Werte in der vorliegenden Untersuchung mit Hilfe des in der Software Mplus 5.21 implementierten Full Information Maximum Likelihood-Algorithmus behandelt, welcher die fehlenden Werte unter Berücksichtigung der individuellen beobachteten Werte auf Individual- und Klassenebene direkt schätzt. Das modellbasierte Verfahren ist durch die Implementation in der eingesetzten Software bei gleicher statistischer Eignung aus forschungspraktischer Sicht leichter umzusetzen als das relativ aufwendige Verfahren der multiplen Imputation.

5 Ergebnisse der Zusammenhangsanalyse

In diesem Kapitel werden die zentralen Befunde der vorliegenden Arbeit zu Zusammenhängen des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge mit Fortschritten der Schüler im konzeptuellen Verständnis zu ebenjenem Thema berichtet. Bevor der Frage nach den Zusammenhängen nachgegangen wird, werden die deskriptiven Ergebnisse und die Ergebnisse zur Varianz in der abhängigen Variablen zwischen den Klassen dargestellt. Die zwischen den Klassen liegende Varianz ist von großer Bedeutung, da nur, wenn bedeutsame Varianz auf Klassenebene und nicht nur innerhalb der Klassen vorliegt, eine Aufklärung dieser Varianz durch Prädiktoren auf der Klassenebene, wie z. B. durch das Wissen der Lehrkraft, im Weiteren überhaupt sinnvoll ist. Im sich anschließenden Abschnitt 5.3 werden die zentralen Befunde zum Zusammenhang des fachspezifisch-pädagogischen Wissens mit den Fortschritten der Schüler im konzeptuellen Verständnis zum Thema Aggregatzustände berichtet.

5.1 Deskriptive Befunde

Die Mittelwerte, Standardabweichungen sowie die Interkorrelationen zwischen den Untersuchungsvariablen sind für die Individualebene in Tabelle 16 und für die Klassenebene in Tabelle 17 berichtet. Wie zuvor bereits angedeutet, zeigt der Vergleich der im Vor- und Nachtest erreichten Klassenmittelwerte, dass die Schüler im Nachtest durchschnittlich etwa vier Punkte mehr erzielen und somit von einem Lernzuwachs vom Vortest zum Nachtest gesprochen werden kann. Darüber hinaus erreichen die befragten Schüler im Gesamtscore der zwei ausgewählten Subtests des CFT-20R zur Erfassung der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten im Schnitt 15 Punkte. Der ISEI-Wert für die untersuchte Stichprobe liegt bei 70.43 Punkten. Erwartungsgemäß zeigen sich mittlere Zusammenhänge zwischen der kognitiven Leistungsfähigkeit der Schüler und den erreichten Werten im Vor- und Nachtest sowie schwache Zusammenhänge zwischen dem mittleren familiären Hintergrund (ISEI-Wert der Eltern) und den im Vor- und Nachtest erreichten Werten sowie mit der kognitiven Leistungsfähigkeit. Der engste Zusammenhang resultiert mit $r = .53$ ebenfalls erwartungsgemäß zwischen der mittleren Vortest- und der mittleren Nachtestleistung. Etwas überraschend scheint der negative Zusammenhang zwischen dem familiären Hintergrund und dem Alter. Er besagt, dass Schüler mit höherem ISEI-Wert tendenziell jünger sind. Dies kann eventuell durch eine frühere Einschulung von Schülern aus Familien mit höherem ISEI-Wert erklärt werden. Zwischen dem Geschlecht und allen drei Leistungsdaten wurden fast keine Zusammenhänge gefunden. Der statistisch signifikante Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Vortestleistung fällt marginal zugunsten der Jungen aus, scheint aber aufgrund des geringen Korrelationskoeffizienten vernachlässigbar.

Tabelle 16: Deskriptive Befunde: Mittelwerte, Standardabweichung und Korrelationen der Variablen auf Individualebene

	M	SD	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1) CU-Wert Nachtest	12.00	4.62	1267	1	.53	.29	.14	-.08	-.00
(2) CU-Wert Vortest	7.95	3.46	1259			.28	.17	-.07	.06
(3) All. kogn. Fähigkeiten	14.91	3.50	1255				.14	-.03	.01
(4) SES (ISEI)	70.43	36.40	1012					-.21	.02
(5) Alter	10.27	.65	1166						-.01
(6) Geschlecht	.53	.50	1323						1

Anmerkungen. SES: Sozioökonomischer Hintergrund. Größe der Stichprobe variiert aufgrund von fehlenden Werten zwischen n = 989 und n = 1267. Bei den berichteten Korrelationen handelt es sich um manifeste Korrelationen. Fettgedruckte Koeffizienten sind signifikant (wenigstens $p < .05$).

Der Blick auf die Mittelwerte, Standardabweichungen sowie die Interkorrelationen zwischen den Untersuchungsvariablen auf der Klassenebene in Tabelle 17 zeigt, dass die Lehrkräfte im Durchschnitt 17.68 Punkte im Test zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen erreichen, im Mittel seit 14 Jahren im Sachunterricht unterrichten und durchschnittlich etwa 322 Minuten für die Unterrichtseinheit zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge verwandt haben. Hinsichtlich der Klassenführung, die durch die aggregierte Schülerwahrnehmung erfasst wurde, erreichen die Lehrkräfte im Schnitt einen Wert von 3.06 (max. 4.0) Punkten. Ihr Sachinteresse schätzen die Lehrkräfte im Mittel mit 3 von 5 Punkten ein. Korrelationen auf der Klassenebene zeigen sich nur zwischen der Lehrerfahrung und der Unterrichtsdauer und der Lehrerfahrung und dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen. Während der Zusammenhang zwischen der Lehrerfahrung und der Unterrichtsdauer positiv ausfällt, ist der Zusammenhang zwischen der Lehrerfahrung und dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen negativ. Dieser Befund wurde bereits in Kapitel 4.4.3.3 diskutiert, wobei versucht wurde, diesen Zusammenhang über eine veränderte Ausbildung zu erklären.

Tabelle 17: Deskriptive Befunde: Mittelwerte, Standardabweichung und Korrelationen der Variablen auf Klassenebene

	M	SD	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1) PCK	17.68	5.02	60	1	-.19	-.21	-.40	.16
(2) Unterrichtsdauer	322.09	103.03	54			-.06	.29	.19
(3) Klassenführung	3.06	.24	60				.14	.18
(4) Lehrerfahrung SU	14.01	11.39	60					.18
(5) Sachinteresse	3.03	.68	60					1

Anmerkungen. PCK: Fachspezifisch-pädagogisches Wissen der Lehrkräfte. Größe der Stichprobe variiert aufgrund von fehlenden Werten zwischen n = 54 und n = 60. Bei den berichteten Korrelationen handelt es sich um manifeste Korrelationen. Fettgedruckte Koeffizienten sind signifikant (wenigstens $p < .05$).

5.2 Varianz im konzeptuellen Verständnis des Nachtests zwischen den Klassen

Nach der Vorstellung der deskriptiven Befunde, in der gezeigt wurde, dass sich die Schüler insgesamt von der Leistung im Vortest zu der Leistung im Nachtest verbessern und somit von Lernfortschritten ausgegangen werden kann, soll in diesem Abschnitt nun überprüft werden, ob sich die Klassen hinsichtlich der gewählten abhängigen Variablen, also im konzeptuellen Verständnis des Themas Aggregatzustände und ihre Übergänge im Nachtest, untereinander überhaupt unterscheiden. Einen ersten Hinweis auf diese Fragestellung liefert die Abbildung 11, in der die mittlere Nachtestleistung der Schüler in den 60 untersuchten Klassen jeweils mit einer Standardabweichung über und unter dem Mittelwert dargestellt ist (Kleickmann, 2008). Die Grafik zeigt, dass sich die Klassen in der durchschnittlichen Nachtestleistung zwar ähnlich sind, es aber durchaus auch Variation zwischen den Klassen gibt. Die mittlere Nachtestleistung reicht von durchschnittlich ca. 8 Punkten bis etwa 16 Punkten im CU-Summenwert, der maximal 24 Punkte erreichen kann.

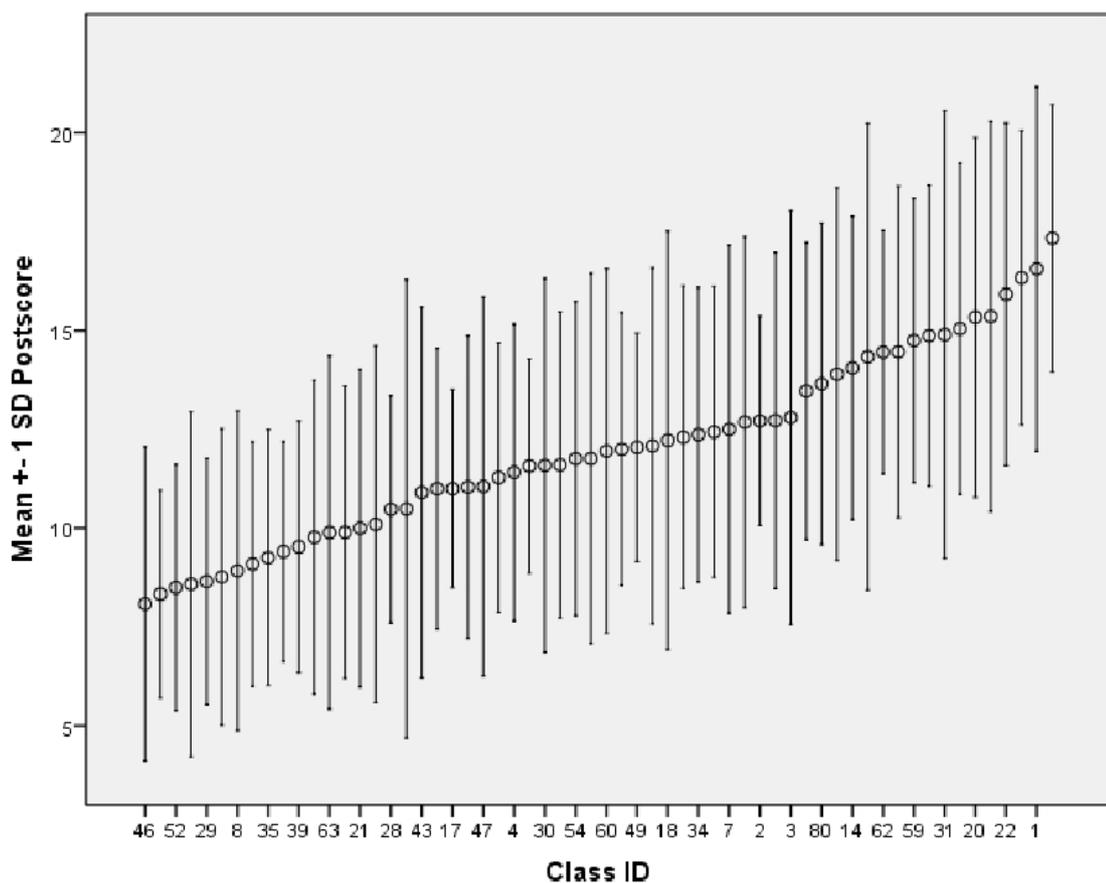


Abbildung 11: Klassenmittelwerte der Nachtestleistung (+/- eine Standardabweichung) basierend auf dem CU-Summenwert, unstandardisierte Werte; max. Punktwert = 24

Um genauer bestimmen zu können, welcher Anteil der Varianz in der Nachtestleistung innerhalb und welcher zwischen den Klassen liegt, wurde die Intraklassenkorrelation bestimmt. Dazu wurde

ein einfaches Nullmodell spezifiziert, in das nur die Nachttestleistung als Kriterium, aber noch keine Prädiktoren eingelesen wurden. Das Verhältnis aus der Varianz in der Nachttestleistung auf Klassenebene und der Gesamtvarianz dieser Variablen gibt die Intraklassenkorrelation an. Multipliziert man diesen Koeffizienten mit 100 zeigt das Ergebnis den prozentualen Anteil an Varianz an, der auf die Klassenebene zurückgeführt werden kann. Im Fall der vorliegenden Untersuchung beträgt die Intraklassenkorrelation .21, was bedeutet, dass 21% der Varianz im Nachttestergebnis zwischen den Klassen und der größte Anteil von 79% innerhalb dieser liegen.

Die oben beschriebenen durchschnittlichen Nachttestwerte berücksichtigen noch nicht, dass weitere Schlüsselmerkmale in den Klassen unterschiedlich verteilt sein könnten, was einen Vergleich auf der Aggregatebene „unfair“ machen würde. Wie in Kapitel 4.6 und 4.7 dargestellt, sollen daher vor allem die Vortestleistung, aber auch die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, der sozioökonomische Status, das Alter und das Geschlecht der Schüler kontrolliert werden. Das entsprechende Mehrebenenmodell ist bereits in Kapitel 4.7 beschrieben worden und soll im Folgenden als L1-Modell benannt werden. Es zeigt sich, dass die klassenspezifische Varianzkomponente u_{0j} signifikant von Null verschieden ist (.26; $p < .01$), was bedeutet, dass sich die Klassen auch nach Kontrolle der oben aufgeführten individuellen Eingangsbedingungen in der Nachttestleistung zum konzeptuellen Verständnis vom Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge signifikant unterscheiden. Vor dem Hintergrund, dass auch das Vorwissen der Schüler kontrolliert wird, kann von signifikanten Unterschieden der Klassen in den erreichten Lernfortschritten im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge gesprochen werden (siehe Kap. 4.7). Im Fall der vorliegenden Untersuchung beträgt die Intraklassenkorrelation, die um die zu kontrollierenden Variablen bereinigt ist, .15, was bedeutet, dass nach Kontrolle der individuellen Eingangsvoraussetzungen 15% der Varianz im Nachttestergebnis zwischen den Klassen und der größte Anteil von 85% innerhalb dieser liegen.

Im folgenden Kapitel soll der zentralen Frage dieser Arbeit nachgegangen werden, ob und inwieweit das themenspezifische fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften dazu beitragen kann, diese Varianz zwischen den Klassen aufzuklären. Wie in Kapitel 4.7 aufgezeigt, liegen im Fall dieser Arbeit hierarchisch geschachtelte Daten mit Varianz auf der Aggregatebene vor, so dass der Frage nach Zusammenhängen von Lehrer- oder Klassenmerkmalen mit Individualdaten der Schüler nicht mit einfachen regressionsanalytischen Verfahren nachgegangen werden kann. Daher wurden Mehrebenenanalysen durchgeführt, deren Ergebnisse im folgenden Kapitel berichtet werden.

5.3 Zusammenhänge des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften mit Lernfortschritten der Schüler

In diesem Kapitel werden die zentralen Befunde der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an die Ergebnisdarstellung der Zusammenhangsanalyse bei Kleickmann (2008) dargestellt, indem die Ergebnisse der Mehrebenenanalyse zum Zusammenhang zwischen dem erfassten themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge mit Fortschritten der Schüler im konzeptuellen Verständnis von genau jenem Thema (basierend auf dem CU-Summenwert) berichtet werden. Dazu werden die Gamma-Koeffizienten der Mehrebenenanalyse in Tabelle 18 wiedergegeben. Da, wie im vorherigen Kapitel ausgeführt, alle metrischen Variablen z-standardisiert wurden, können diese Koeffizienten wie standardisierte Beta-Koeffizienten der klassischen Regressionsanalyse interpretiert werden. Die abhängige Variable – oder in der Sprache der Mehrebenenanalyse das Kriterium – der vorliegenden Untersuchung ist das konzeptuelle Verständnis der Schüler zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge (CU-Wert), das die Schüler im Nachtest erreicht haben. Dieses wird auf Individualebene durch das Vorwissen in diesem Themenbereich (CU-Wert im Vortest), allgemeine kognitive Fähigkeiten, den sozioökonomischen Status, das Alter und das Geschlecht der Schüler, auf Klassenebene durch die tatsächliche Unterrichtsdauer, die Klassenführung, die Berufserfahrung im Sachunterricht, das Sachinteresse sowie durch das erfasste fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkraft vorhergesagt. Durch die Adjustierung der Nachtestleistung der Schüler um die Leistung im Vortest können die Prädiktoren auf der Klassenebene als Regressoren der Lernfortschritte (im konzeptuellen Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge) interpretiert werden. Im Modell wurden die γ_{10} -, γ_{20} -, γ_{30} -, γ_{40} - und die γ_{50} -Koeffizienten (hier die klassenspezifischen Steigungsparameter für das Vorwissen, die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, den sozioökonomischen Status, das Alter und das Geschlecht) als feste Effekte modelliert (Ditton, 1998), was bedeutet, dass die Variablen ausschließlich als einfache, additive Haupteffekte spezifiziert wurden und eine klassenspezifische Variation des Zusammenhangs zwischen der Nachtestleistung und den eben genannten Prädiktoren nicht zugelassen wurde.

Zur Beschreibung der Größe der in der vorliegenden Arbeit gefundenen Effekten, werden neben der Intraklassenkorrelation und den Gamma-Koeffizienten auch der Anteil aufgeklärter Varianz berichtet. Zusätzlich wird mit Hilfe des R^2 der Anteil der zwischen den Klassen liegenden Varianz in den adjustierten Lernfortschritten der Schüler berichtet, der durch die Gesamtzahl der in den jeweiligen Modellen eingefügten Prädiktoren aufgeklärt wird. Zur Berechnung des R^2 auf den jeweiligen Ebenen wurde die Residualvarianz in Beziehung zur Gesamtvarianz gesetzt ($R^2 = 1 - (\text{Residualvari-}$

anz/Gesamtvarianz). Als Referenz wurde für das R^2 auf der Individualebene ($L1-R^2$) die aus dem Nullmodell resultierende Varianz auf Ebene 1 herangezogen. Als Referenz für das R^2 auf der Aggregatebene ($L2-R^2$) wurde die Varianz auf Ebene 2 herangezogen, die nach Kontrolle der Ebene 1-Prädiktoren für die Aggregatebene übrig bleibt (vgl. Tabelle 18: residuale Varianz L2 im L1-Modell). Da dieser Anteil an aufgeklärter Varianz noch nichts über den spezifischen Effekt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens aussagt, wurde parallel zu der Auswertung bei Kleickmann (2008) ein für das fachspezifisch-pädagogische Wissen spezifisches R^2 (PCK- R^2) berechnet. Dazu wurde ein Referenzmodell bestimmt, das alle Prädiktoren auf der Individual- und Aggregatebene außer dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen enthält, und der Anteil an aufgeklärter Varianz mit der des Gesamtmodells verglichen. Der zusätzlich erklärte Varianzanteil wurde bestimmt, indem die zwischen den Klassen liegende Restvarianz des Modells mit eingefügtem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von der Residualvarianz des Referenzmodells abgezogen und diese Differenz durch die gesamte zwischen den Klassen liegende Varianz geteilt wurde (Kleickmann, 2008).

Die Ergebnisse zum Einfluss der einzelnen Prädiktoren auf das im Nachtest erreichte konzeptuelle Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge in Tabelle 18 zeigen, dass das bereichsspezifische Vorwissen der Schüler sowie die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten die maßgeblichen Prädiktoren auf der Ebene der Individualmerkmale sind. Das bereichsspezifische konzeptuelle Verständnis im Vortest ist in der vorliegenden Untersuchung von allen Prädiktoren, auch denen auf Klassenebene, mit $\gamma_{10} = .61$ und $p < .01$ der stärkste Prädiktor für das im Nachtest erreichte Verständnis vom Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge. Da alle metrischen Variablen z-standardisiert wurden, besagt der Koeffizient von $.61$, dass bei einer um eine Standardabweichung höheren Vortestleistung, die um den sozioökonomischen Status, die Intelligenz, das Alter und das Geschlecht bereinigte Nachtestleistung um $.61$ Standardabweichungen höher liegt (Kleickmann, 2008). Der zweitstärkste Prädiktor auf der Individualebene ist die allgemeine kognitive Fähigkeit der Schüler ($\gamma_{20} = .16$). Über die Kontrolle dieser beiden Variablen hinaus zeigt sich der sozioökonomische Hintergrund der Eltern nicht mehr als bedeutsamer Prädiktor der Schülerleistung. Dies ist durch die gemeinsam geteilte Varianz zu erklären. Die Interkorrelationsmatrix in Tabelle 16, die die manifesten Korrelationen zwischen dem ISEI-Wert und dem im Vortest zum konzeptuellen Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge erreichten Punktwert sowie zwischen dem ISEI-WERT und dem Punktwert im Test der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten zeigt, gibt Grund zur Annahme, dass diese Konstrukte gemeinsame Varianz in Hinblick auf die Aufklärung der im Nachtest erreichten Lernleistung teilen. Liest man den ISEI-Wert als Indikator für den sozioökonomischen Status ohne das konzeptuelle Verständnis im Vortest und ohne allgemeine kognitive Fähigkeiten ins Modell ein, so klärt allein der Beruf der Eltern Varianz in der Schulleistung auf ($\gamma_{30} = .10$, $p = .01$).

Tabelle 18: Befunde (Gamma-Koeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage des von Schülern im Nachtest erreichten Verständnisses zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge (CU-Wert)

Prädiktoren	Nullmodell		L1-Modell		Referenzmodell (ohne PCK)		PCK Modell	
	γ_{10-50}	p	γ_{10-50}	p	γ_{10-50}	p	γ_{10-50}	p
Individualebene								
CU-Wert Vortest			.61	<.01	.62	<.01	.62	<.01
All. kogn. Fähigkeiten			.16	<.01	.16	<.01	.16	<.01
SES (ISEI)			.02	.57	.02	.56	.02	.53
Alter			-.10	<.01	-.10	<.01	-.10	<.01
Geschlecht			-.03	.32	-.03	.31	-.03	.30
Residuale Varianz	1.39		.99		.99		.99	
L1-R ²			.29		.29		.29	
Klassenebene								
	γ_{01-05}	p			γ_{01-05}	p	γ_{01-05}	p
PCK							.16	.04
Unterrichtsdauer					.16	.03	.19	.01
Klassenführung					.14	.04	.17	.01
Lehrerfahrung SU					.12	.07	.18	.01
Sachinteresse					-.02	.77	-.07	.32
(Residuale) Varianz L2	.38		.26		.20		.18	
L2-R ²					.23		.31	
PCK-R ²							.08	

Anmerkungen. γ : Gamma-Koeffizienten, die analog zu standardisierten Regressionskoeffizienten interpretiert werden können, da alle Prädiktoren standardisiert wurden (M = 0, SD = 1, Ausnahme: CU-Wert im Nachtest wurde am CU-Wert im Prätest standardisiert). PCK: Fachspezifisch-pädagogisches Wissen der Lehrkräfte. SES: Sozioökonomischer Hintergrund. R²: Durch alle Prädiktoren auf dem jeweiligen Level aufgeklärte Varianz der abhängigen Variablen. PCK-R²: Durch PCK im Vergleich zum Referenzmodell zusätzlich aufgeklärter Anteil der zwischen den Klassen liegenden Varianz. Fettgedruckte Koeffizienten sind signifikant (wenigstens $p < .05$).

Liest man die drei Prädiktoren gemeinsam ein, so enthalten diese vermutlich redundante Information, die bei der Vorhersage des Kriteriums, in unserem Fall der Nachtestleistung, bezüglich des konzeptuellen Verständnisses, nur je einmal berücksichtigt wird. Über diese gemeinsamen Informationen hinaus ist der ISEI-Wert als Indikator des familiären, sozioökonomischen Status nicht mehr relevant für die Aufklärung des konzeptuellen Verständnisses zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge, das von den Schülern im Nachtest erreicht wurde. Da er aber, würde man ihn allein einbeziehen, bedeutsam wäre, wurde die Variable im Modell belassen. Für die Koeffizienten der übrigen Prädiktoren auf der Individualebene zeigt sich, dass das Alter ein signifikanter Prädiktor für die Nachtestleistung ist. Der negative Regressionskoeffizient von $\gamma_{40} = -.10$ zeigt an, dass unter Kontrolle des bereichsspezifischen Vorwissens, der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, des sozio-

ökonomischen Status und des Geschlechts die jüngeren Schüler im Nachtest zum konzeptuellen Verständnis besser abschneiden. Bezüglich der konstitutionellen Variable Geschlecht zeigen sich in den berechneten Modellen keine signifikanten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen. Der Effekt des Geschlechts der Schüler ist praktisch gleich Null. Insgesamt klären die Prädiktoren auf der Individualebene 29% der zwischen den Schülern liegenden Varianz auf.

Für die Überprüfung der zentralen Hypothese der vorliegenden Untersuchung ist der Koeffizienten zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen der Lehrkräfte als Prädiktor der adjustierten Lernfortschritte der Schüler besonders bedeutsam. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der mathematikdidaktischen Forschung wurden auch für den Bereich der Naturwissenschaften positive Zusammenhänge des fachspezifisch-pädagogischen Wissens mit Lernfortschritten der Schüler erwartet. Die Analysen zeigen, dass das erfasste fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte unter Kontrolle der Unterrichtsdauer, der Klassenführung, der Lehrerfahrung und des Sachinteresses der Lehrkräfte ein bedeutsamer und statistisch signifikanter Prädiktor für die Schülerleistung hinsichtlich des konzeptuellen Verständnisses im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge im Nachtest ist. Das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften klärt dabei mit 8% einen geringen, aber bedeutsamen Anteil an der zwischen den Klassen liegenden Varianz hinsichtlich der Nachtestleistung auf.

Bei den Kontrollvariablen auf Klassenebene zeigen sich sowohl bei der Unterrichtszeit als „tatsächlicher Instruktionszeit“ (Helmke, 2009, S. 80), d. h. bei der Zeit, die für das Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge insgesamt aufgewendet wurde, als auch bei der von den Schülern wahrgenommenen Klassenführung signifikante positive Zusammenhänge mit den Lernfortschritten der Schüler. Während die Berufserfahrung im Modell ohne das fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte knapp das Signifikanzniveau verfehlt, zeigt sich im Modell mit dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen ein positiver Effekt auf die Schülerleistung. Wenn die Lehrerfahrung als alleiniger Prädiktor auf der Klassenebene eingelesen wird, so zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang, so dass die Lehrerfahrung im Fach Sachunterricht in der vorliegenden Untersuchung ein bedeutsamer Prädiktor für die Leistung der Schüler im Nachtest zu sein scheint. Alleinig das Sachinteresse der Lehrkraft zeigt überhaupt keinen signifikanten Zusammenhang mit den adjustierten Lernfortschritten der Schüler. Der Effekt des Sachinteresses der Lehrkraft ist praktisch gleich Null. Insgesamt werden durch die Kontrollvariablen auf der Klassenebene etwa 31% der zwischen den Klassen liegenden Varianz in den Lernfortschritten aufgeklärt.

6 Diskussion und Ausblick

Das zentrale Ziel dieser Arbeit bestand darin, den Zusammenhang zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Grundschullehrkräften im Bereich der Naturwissenschaften mit Fortschritten im Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten aufseiten der Schüler zu untersuchen und somit Hinweise für die Bedeutung dieses Wissens von Lehrkräften für die Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erhalten. Auf Basis der Literatur und Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen, in der der Rolle der Lehrkraft große Bedeutung zugesprochen wird, sowie auf Basis der Literatur und Forschung zum professionellen Lehrerwissen wurde das Konstrukt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens theoretisch aufgearbeitet und ein entsprechendes Instrument für das Themengebiet Aggregatzustände und ihre Übergänge entwickelt. Vor der Theorie zum Einfluss des fachspezifisch-pädagogischen Wissens und den Ergebnissen der aktuellen mathematikdidaktischen Forschung wurde die Hypothese aufgestellt, dass dieses Wissen von Lehrkräften auch im naturwissenschaftlichen Unterricht ein positiver Prädiktor für die Lernfortschritte von Schülern ist. Um die formulierte Hypothese statistisch überprüfen zu können, wurde auf Daten des PLUS-Projektes zurückgegriffen und der Zusammenhang zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften und Lernfortschritten der Schüler mit Hilfe von Mehrebenenanalysen untersucht. Im Folgenden sollen die Befunde zu den Analysen des entwickelten Instrumentes und zum Zusammenhang des fachspezifisch-pädagogischen Wissens mit den Lernfortschritten der Schüler zusammenfassend und vor dem Hintergrund anderer Forschungsergebnisse bewertet werden. Anschließend werden Beschränkungen der vorliegenden Studie diskutiert, wobei insbesondere auf Vor- und Nachteile des gewählten themenbezogenen Forschungsdesigns eingegangen werden soll. Es folgt eine Diskussion möglicher Konsequenzen aus den vorliegenden Befunden für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften, bevor in einem abschließenden Kapitel offene Forschungsfragen angestoßen werden.

6.1 Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse

Vor dem Hintergrund der bisherigen Ergebnisse in der mathematikdidaktischen Forschung, in der gezeigt wurde, dass das direkt erfasste fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften sowohl in der Primar- als auch in der Sekundarstufe ein bedeutsamer Prädiktor für das Lernen der Schüler ist, wurde im Rahmen dieser Arbeit die zentrale Hypothese aufgestellt, dass auch im Bereich der Naturwissenschaften das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften in positivem Zusammenhang mit fachspezifischen Lernleistungen der Schüler steht. Da in den meisten bestehenden Studien Folgerungen über die Bedeutung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens aus einer Vielzahl an unterschiedlichen distalen Indikatoren wie der Anzahl an besuchten Kursen in der Ausbil-

dungszeit oder erzielten Abschlussnoten abgeleitet wurden, die mit einer über die verschiedenen Fächer hinweg betrachtet uneinheitlichen Forschungslage einhergingen, oder mit Hilfe von qualitativen Erhebungsinstrumenten angebahnt wurden, wurden Rufe nach direkteren, reliablen und validen Erfassungsinstrumenten in der jüngeren Zeit immer lauter (z. B. Lanahan, Scotchmer, & McLaughlin, 2004). Diesem Ruf folgend, wurde ein Test entwickelt, der das themenspezifische fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften in einem ausgewählten Themenbereich direkt erfassen soll. Durch die enge Anbindung an den Bereich der Naturwissenschaften und den themenspezifischen Ansatz wurde darüber hinaus der Forderung nach einer fachspezifischen Erforschung von Unterrichtsqualitätsmerkmalen (Shulman, 1986b; van Driel, et al., 1998) Rechnung getragen. Im Gegensatz zu der Arbeitsgruppe um Hill, Rowan und Ball (2005), die einen Test zur Erfassung von fachspezifisch-pädagogischem und fachspezifischem Wissen entwickelt haben, in dem die Konstrukte nicht getrennt wurden, wurde für die vorliegende Studie eine separate Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angestrebt. Wie in Kapitel 2.3 aufgezeigt wurde, besteht in der Literatur zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften noch keine einheitlich akzeptierte Definition dieses Konstruktes. Die Erfassung eines Konstruktes, das noch immer nicht abschließend definiert ist und weiter exploriert wird, wirft gewisse Probleme auf. Auf der einen Seite brauchen wir Definitionen, um valide Testinstrumente zu entwickeln, auf der anderen Seite brauchen wir Testinstrumente, um mehr über die Struktur und Bedeutung dieses Wissens herauszufinden. Diesem Problem wurde in der vorliegenden Arbeit durch die Verortung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in einem heuristischen Rahmenmodell professionellen Lehrerwissens (Kap. 2.3.1) sowie durch das Aufgreifen eines im Bereich der Naturwissenschaften etablierten Modells zur Beschreibung und Operationalisierung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Kap. 2.3.3) begegnet. So sollte eine konzeptionelle Anschlussfähigkeit an die nationale und internationale Diskussion um das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften und eine Möglichkeit zur weiteren Erschließung der theoretischen Modellierung hergestellt werden. Ausgehend vom allgemeinen und domänenspezifischen Modell des fachspezifisch-pädagogischen Wissens erfolgte eine themenspezifische Konkretisierung und Ausdifferenzierung des Konstruktes durch die theoriegeleitete Übersetzung in ein Instrument zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in einem bestimmten Themenbereich. Nach dem Durchlaufen verschiedener Voruntersuchungen, einer Pilotierung und einer Validierungsstudie deuten die aufgeführten Analysen sowie das vorliegende Ergebnis der Zusammenhangsanalyse darauf hin, dass der für die vorliegende Untersuchung entwickelte Test den allgemeinen Testgütekriterien entspricht und zur Erfassung von themenspezifischem fachspezifisch-pädagogischem Wissen im Themengebiet Aggregatzustände und ihre Übergänge geeignet ist. Insbesondere die moderate Korrelation zwischen den von den Lehrkräften erreichten Summenscores im Test

zum fachspezifischen Wissen und den Werten im Test zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen sowie die Kontrastierung der Gruppen zeigen, dass der entwickelte Test weder allein fachspezifisches Wissen noch rein pädagogisches Wissen misst. Das schlechte Abschneiden der Gruppen ohne Wissen im fachlichen Bereich (F-P+, F-P-) untermauert zudem die Vermutung, dass das fachspezifische Wissen eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung für das fachspezifisch-pädagogische Wissen ist (Baumert, et al., 2010; Krauss, Baumert, et al., 2008; van Driel, et al., 1998). Allerdings muss an dieser Stelle auch noch einmal betont werden, dass nur ein kleiner Ausschnitt des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens in einem einzigen Inhaltsgebiet erfasst wurde, so dass nicht allgemein von einer Erfassung *des* fachspezifisch-pädagogischen Wissens gesprochen werden kann. Die Facetten Wissen über naturwissenschaftliche Curricula sowie Wissen über die Bewertung naturwissenschaftlicher Lernleistung wurden aus pragmatischen Gründen (kurze Testzeit) komplett ausgeblendet. Auch weitere, mit dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen vermutlich verwandte, Konstrukte wie die Reflexions- und Urteilskompetenz (Terhart, 2007) oder prozedurale Wissensanteile (Baumert, et al., 2004) wurden bisher nicht berücksichtigt, da das fachspezifisch-pädagogische Wissen für die vorliegende Untersuchung als Komponente des Professionswissens und damit als mentale subjektive Repräsentation, nicht als Handlung, definiert wurde. Hier wären weitere Studien zur Erfassung und Erkundung des Zusammenhangs zwischen deklarativen und prozeduralen Anteilen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens äußerst interessant, um die Definition des Konstruktes weiter ausdifferenzieren zu können. Trotz dieser Einschränkungen gibt die vorliegende Arbeit Hinweise darauf, dass die themenspezifischen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens mit Hilfe eines Papier-und-Bleistift-Tests erfasst werden können, der in zukünftigen Forschungsvorhaben z. B. durch videobasierte Erfassungsinstrumente ergänzt werden könnte. Dabei wäre in anschließenden Untersuchungen neben dem Einbezug weiterer Facetten auch eine Erhöhung der Skalengüte anzustreben, da die erreichte Reliabilität nur als zufriedenstellend gelten kann. Je niedriger die Reliabilität, desto schwerer wird z. B. das Finden von Zusammenhängen. Umso erfreulicher scheint es, dass es in der vorliegenden Untersuchung trotz eingeschränkter Reliabilitäten gelungen ist, den Effekt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auf die Fortschritte im Verständnis der Schüler nachweisen zu können.

Das vorliegende Ergebnis unterstreicht die Relevanz des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften, da aufgezeigt werden konnte, dass unter Kontrolle diverser bedeutsamer Schüler-, Lehrer- und Klassenmerkmale ein positiver und statistisch bedeutsamer Zusammenhang zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen der Lehrkräfte und den Fortschritten der Schüler im konzeptuellen Verständnis besteht. Obwohl das fachspezifisch-pädagogische Wissen nur 7% der zwischen den Klassen liegenden Varianz aufklären konnte, zeigt es sich auch im Bereich der Naturwis-

senschaften als statistisch bedeutsamer Prädiktor für Fortschritte im Verständnis der Schüler. Das Ergebnis bestätigt die forschungsleitende Hypothese der vorliegenden Untersuchung, da sich zeigte, dass ein höheres themenspezifisches fachspezifisch-pädagogisches Wissen der Lehrkräfte im Bereich Aggregatzustände und ihre Übergänge mit größeren Fortschritten im Verständnis der Schüler eben jenes Themas einhergeht.

Wie das Ergebnis zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen stehen auch die auf der Individual-ebene gefundenen Ergebnisse im Einklang mit den Ergebnissen anderer großer Studien zur Vorhersage von Schülerleistungen. Wie in Kapitel 2.2 aufgezeigt, gelten die individuellen Eingangsvoraussetzungen wie das bereichsspezifische Vorwissen, allgemeine kognitive Fähigkeiten sowie der familiäre, sozioökonomische Status als besonders starke Determinanten für die Vorhersage von Schülerleistungen. Alle drei Prädiktoren zeigten sich auch in der vorliegenden Untersuchung als bedeutsam, auch wenn der familiäre Hintergrund unter Kontrolle des Vorwissens und der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten statistisch nicht mehr bedeutsam ist. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der aktuellen TIMS-Studie (Bos, et al., 2008) bezüglich des Geschlechts sind die in der vorliegenden Untersuchung gefundenen Ergebnisse überraschend, da im Gegensatz zur TIMS-Studie keine statistisch bedeutsamen Unterschiede der Geschlechter gefunden wurden. Die gefundenen Ergebnisse stützen damit eher die Befunde der SCHOLASTIK-Studie, in der im Bereich Mathematik ebenfalls keine Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen zum Ende der Grundschulzeit gefunden wurden (Helmke, 1997). Zunächst erstaunlich ist ebenfalls der negative Zusammenhang zwischen dem Alter der Schüler und den Lernfortschritten im Inhaltsbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge, der besagt, dass jüngere Schüler unter Kontrolle des bereichsspezifischen Vorwissens, der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten, des sozioökonomischen Status und des Geschlechts mehr dazu lernen als ältere Schüler. Dieses Ergebnis spiegelt einen in der empirischen Forschung öfter gefundenen Befund wieder, der zeigt, dass ältere Schüler in ihren Lernfortschritten scheinbar abgebremst werden (z. B. Hill, et al., 2005). Dass innerhalb des hier untersuchten 4. Schuljahres solche altersbedingten Unterschiede auftreten, könnte zusätzlich mit dem Selektionsentscheid zusammenhängen, der Auswirkung auf die Leistungs- und Anstrengungsbereitschaft von Schülern haben könnte. Insgesamt lässt die große Übereinstimmung der hier berichteten Ergebnisse für die Prädiktoren auf der Individualebene mit bestehenden Studien vermuten, dass es gelungen ist, bedeutsame Schlüsselkovariaten auf Schülerebene zu kontrollieren, auch wenn durch die modellierten Prädiktoren insgesamt nur 31% der Varianz auf der Individualebene aufgeklärt werden konnte.

Betrachtet man die Ergebnisse auf der Klassenebene, so scheint es auch hier gelungen, einen bedeutsamen Teil der zwischen den Klassen liegenden Varianz in Übereinstimmung mit Ergebnissen bestehender Studien aufzuklären. Wie in Kapitel 2.2 skizziert, zeigt sich neben der Unterrichtsdauer

auch das Unterrichtsqualitätsmerkmal Klassenführung in Studien zur Vorhersage von Lernleistungen aufseiten der Schüler immer wieder als bedeutsamer Prädiktor. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie schließen hier an und untermauern diese Befunde. Das Bild der Bedeutung der Lehrerfahrung für die Schülerleistung war in Kapitel 2.2.6 als nicht kohärent skizziert worden. Das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung stützt die Studien, in denen ein positiver Zusammenhang zwischen der Lehrerfahrung und Schülerleistungen gefunden wurde, da sich zeigte, dass die Lehrerfahrung im Sachunterricht im Themenbereich Aggregatzustände und ihre Übergänge ein positiver Prädiktor für Lernfortschritte der Schüler ist, im Gegensatz zum Sachinteresse der Lehrkraft. Es scheint allerdings nicht überraschend, dass das Interesse an physikalischen Themen allein nicht ausreichend ist, um bei Schülern zu gesteigerten Lernzuwächsen zu führen.

Der zentrale Befund der vorliegenden Arbeit hinsichtlich des fachspezifisch-pädagogischen Wissens steht im Einklang mit der theoretisch postulierten Bedeutung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Gess-Newsome, 1999a; Grossman, 1990) und reiht sich ebenfalls in die Befunde der im Bereich der mathematikdidaktischen Forschung vorliegenden Studien von Hill, Rowan und Ball (2005) sowie Baumert und Kollegen (2009) ein. Der zusätzliche Erkenntnisgewinn, der durch die vorliegende Arbeit hinzugefügt wird, ist in der Übertragung der Ergebnisse auf den Bereich der Naturwissenschaften zu sehen. Hier lagen bisher viele unterschiedliche Instrumente und Ideen zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens vor, jedoch wurde keines der entwickelten Instrumente in Verbindung zu Schülerleistungen gesetzt, obwohl auch im Bereich der Naturwissenschaften Forderungen nach dieser prädiktiven Validierung der eingesetzten Instrumente aufgekommen sind (Abell, 2008; Baxter & Lederman, 1999).

Betrachtet man die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit im Zusammenhang mit den zuvor genannten mathematikdidaktischen Studien, so stützen die Befunde Aussagen wie „Teachers matter“ (Resnick, 2004) oder „Auf den Lehrer kommt es an“ (Lipowsky, 2006), die vor dem Hintergrund der Ergebnisse dieser Studien immer mehr Review-Artikel zur Bedeutsamkeit von Merkmalen der Lehrerpersönlichkeit überschreiben. Ließen sich die gefundenen Zusammenhänge auch in weiteren Studien replizieren, so könnte man vorsichtig schlussfolgern, dass das fachliche Lernen der Schüler durch eine bessere Aus- und Fortbildung ihrer Lehrkräfte gesteigert werden kann. Vor dem Hintergrund des mittelmäßigen Abschneidens deutscher Schüler in internationalen Schulleistungsstudien scheint dies eine äußerst interessante Einflussmöglichkeit zur Verbesserung der Qualität schulischen Lehrens und Lernens, die zu verbesserten Leistungen aufseiten der Schüler führt. Im Gegensatz zu vielen anderen Wirkfaktoren wie z. B. milieuspezifischen Benachteiligungen, die nicht ohne weiteres änderbar sind bzw. erscheinen, gilt das Wissen von Lehrkräften als ein Wirkfaktor in der Unterrichtsqualitätsforschung, der durch Lernen, Training und Fortbildungsmaßnahmen prinzipiell verän-

derbar ist. Bevor in Kapitel 6.3 derartige Schlussfolgerungen für die Lehreraus- und -fortbildung diskutiert werden, gilt es zunächst, die Aussagekraft der Ergebnisse zu hinterfragen. Dementsprechend sollen Beschränkungen der vorliegenden Studie sowie Vor- und Nachteile des gewählten Untersuchungsdesigns diskutiert werden.

6.2 Beschränkungen der Studie

Repräsentativität der Lehrerstichprobe. Die dieser Untersuchung zugrunde liegende Lehrerstichprobe wurde mit einer für nordrhein-westfälische Lehrkräfte weitgehend repräsentativen Stichprobe verglichen, um Hinweise auf die Repräsentativität der untersuchten Lehrkräfte zu erhalten. Die Ergebnisse zeigten im Bereich der allgemeinen soziodemografischen Daten (Alter, Berufserfahrung in Dienstjahren, Anteil weiblicher Lehrkräfte) keine auffälligen Unterschiede zwischen der Untersuchungsstichprobe und dem NRW-Sample. In den motivationalen und auch in den selbstbezogenen Voraussetzungen der Lehrkräfte für das Unterrichten physikbezogener Themen des Sachunterrichts fanden sich dagegen mittlere Abweichungen zugunsten der hier untersuchten Stichprobe, weshalb gefolgert werden muss, dass es sich bei der vorliegenden Stichprobe eher um eine „Positivauswahl“ als um eine repräsentative Stichprobe handelt. Es ist anzunehmen, dass dies dadurch zustande kommt, dass Lehrkräfte, die sich als kompetenter erleben, eher Bereitschaft zeigen, an wissenschaftlichen Studien teilzunehmen oder eher von ihrer Schulleitung bestimmt werden, eine solche Aufgabe zu übernehmen. Die in dieser Arbeit untersuchten Lehrkräfte zeichnen sich zum einen durch bessere motivationale Voraussetzungen für das Unterrichten physikbezogener Unterrichtsthemen sowie durch positivere Einschätzungen der eigenen Kompetenzen im Unterrichten solcher Themen aus. Die Generalisierbarkeit der oben getroffenen Aussagen zu Zusammenhängen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Grundschullehrkräften mit Lernfortschritten ihrer Schüler ist also als eingeschränkt zu beschreiben. Für den Fall, dass es sich auch in Hinblick auf das fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte um eine Positivauswahl handelt, könnte ein solcher Stichprobenfehler in korrelationsstatistischen Überprüfungen von Zusammenhängen, wie sie in der vorliegenden Untersuchung vorgenommen wurden, über die eingeschränkte Validität hinaus auch zu verzerrten Ergebnissen führen. Wie Stelzl (1982) anhand eigener Beispiele zeigt, führt das Selektieren von Stichproben, wie es in dieser Untersuchung durch die Freiwilligkeit der Teilnahme passiert sein könnte, zu einer Unterschätzung des Gesamtzusammenhanges. Dies könnte eine mögliche Erklärung für den geringen Effekt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens in der vorliegenden Untersuchung sein. Eine Replikation der Ergebnisse auf der Grundlage repräsentativerer Stichproben wäre daher wünschenswert.

Gewähltes Untersuchungsdesign. Zwischen dem Wissen der Lehrkräfte und den Lernfortschritten

der Schüler scheint, auch mit Blick auf die aktuellen Angebots-Nutzungs-Modelle, ein weiter Wirkungspfad zu liegen, der durch eine Reihe von anderen Variablen beeinflusst wird und das Finden von Effekten somit erschwert. Um das „Rauschen“ auf dem Weg vom Wissen der Lehrkraft hin zu den Lernfortschritten der Schüler etwas einzuschränken, wurde ein themenbezogener Untersuchungsansatz gewählt, in dem die Zusammenhänge zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen und den Lernfortschritten der Schüler im Zusammenhang anhand nur einer Unterrichtsreihe erfasst wurden. Dieses Untersuchungsdesign sollte eine fokussierte Analyse der Zusammenhänge ermöglichen, da es so theoretisch möglich war, eine gute inhaltliche Passung zwischen dem Lehrertest, dem von den Lehrkräften durchgeführten Unterricht und dem Schülertest zu erreichen, was die Validität des Untersuchungsdesigns erhöhen sollte (Messick, 1995). Erste Analysen der Unterrichtstagebücher, die von den Lehrkräften während der Unterrichtsreihe geführt worden sind, geben allerdings Hinweise darauf, dass das im Test abgefragte Verständnis von Kondensation und Verdunstung nicht unbedingt mit den Zielen übereinstimmt, die die Lehrkräfte für ihren Unterricht angestrebt und verfolgt haben. Dies würde trotz des themenspezifischen Untersuchungsansatzes Hinweise auf eine mangelnde Passung zwischen dem Unterricht und dem eingesetzten Schülertest geben. Wenn der Test in diesem Sinne wirklich nicht „unterrichtsensitiv“ wäre, würde dies die Validität der Untersuchung wiederum einschränken und die kleinen Effekte, die in der vorliegenden Untersuchung gefunden wurden, erklären. Eine genauere Überprüfung der Passung zwischen dem eingesetzten Schülertest und dem durchgeführten Unterricht z. B. in Form von Screenings der video-grafierten Unterrichtssequenzen wäre wünschenswert, um die so eingehandelten Messfehler besser beurteilen zu können. Auf der anderen Seite scheint es wiederum positiv bemerkenswert, dass es im Rahmen der vorliegenden Untersuchung gelang, innerhalb einer einzigen Unterrichtsreihe Veränderungen in so anspruchsvollen Zielbereichen wie dem Aufbau von konzeptuellem Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten Veränderungen messbar zu machen. Bei einer durchschnittlichen Länge der Unterrichtseinheit von sieben Schulstunden sind von vornherein nur kleine Effekte zu erwarten. Die gefundenen Effekte bezüglich des Einflusses des fachspezifisch-pädagogischen Wissens könnten vor diesem Hintergrund also unterschätzt sein und größer ausfallen, wenn Veränderungen der Schüler über einen längeren Zeitraum betrachtet werden würden. Die Lernfortschritte der Schüler könnten sich kumulieren und zu stärkeren Effekten führen. Ein weiterer Nachteil, der mit dem gewählten Unterrichtsdesign verbunden ist, ist die eingeschränkte Generalisierbarkeit der Ergebnisse. Zunächst kann man durch den Fokus auf nur ein naturwissenschaftliches Thema allein davon sprechen, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften im Themengebiet Aggregatzustände und ihre Übergänge positiv mit Lernleistungen der Schüler in genau jenem Inhaltsgebiet zusammenhängt. Ob das gewählte Thema nun ein besonders repräsentatives Thema für

den naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule ist oder nicht, kann wiederum diskutiert werden. Auf der einen Seite ist es über die Verankerung mit dem Thema „Wasserkreislauf“ eines der wenigen Themen, das seit langer Zeit in den Lehrplänen der Grundschule fest verankert ist. Auf der anderen Seite ist das Thema aber eines der abstraktesten Themen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule. Die Ausweitung der Studie auf andere Inhaltsgebiete des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts wäre vor diesem Hintergrund wünschenswert.

Eigenschaften des Tests zum konzeptuellen Verständnis. Die Analysen des eingesetzten Tests zum integrierten konzeptuellen Verständnis zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge haben gezeigt, dass der Test für die vorliegende Stichprobe der Viertklässler eher zu schwer ist. Es fehlen leichte Aufgaben, die eine bessere Differenzierung im unteren Fähigkeitsbereich ermöglichen würden, um auch hier Lernfortschritte besser abbilden zu können. Eine bessere Streuung der Schwierigkeitskoeffizienten wäre daher ein wichtiges Ziel für eine Überarbeitung des Tests.

Einschränkungen aufgrund der korrelativen Anlage der Studie. Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine Studie, die die Zusammenhänge zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften und Lernfortschritten bei Schülern anhand von korrelativen Analysen untersucht. Aussagen über kausale Beziehungen sind daher nur eingeschränkt möglich (Bortz & Döring, 2006). Zwar legen subjektive Überzeugungen und Hintergrundwissen nahe, dass das Wissen der Lehrkraft vermittelt über das Unterrichtsangebot zu besseren Lernleistungen der Schüler führt, aber die vorliegende Untersuchung ermöglicht es nicht, diese Kausalität nachzuweisen. Darüber hinaus ist es durchaus auch denkbar, dass das Wissen der Lehrkräfte und die Lernleistungen der Schüler sich wechselseitig beeinflussen.

Um die interne Validität und damit den Erklärungswert der untersuchten Prädiktorvariable des fachspezifisch-pädagogischen Wissens innerhalb der vorliegenden querschnittlichen Untersuchung bestmöglich zu erhöhen, wurde versucht, die Wirkung von bedeutsamen Drittvariablen in Hinblick auf das Kriterium Lernleistung statistisch zu kontrollieren. Unter Kontrolle bedeutsamer individueller Lernvoraussetzungen sowie relevanter Klassen- und kritischer Lehrermerkmale zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen der Lehrkräfte und den Lernfortschritten der Schüler. Die Kontrolle dieser wichtigen Variablen, die sich fast alle auch als leistungsrelevant zeigten, erhöht die interne Validität der vorliegenden Untersuchung, da bedeutende Störvariablen, die zu Verzerrungen der Ergebnisse führen können, neutralisiert werden konnten. Es sei aber angemerkt, dass der Effekt des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auch nur unter Kontrolle dieser vermeintlichen Störvariablen zu finden war und nicht, wie im COACTIV-Projekt, als „Black-Box“-Effekt nachgewiesen werden konnte (Baumert, et al., 2010).

Trotz der Vielfalt an Kontrollvariablen, die durch den Anschluss der vorliegenden Arbeit an das PLUS-Projekt mit erhoben werden konnten, ist der relativ großen Residualvarianz auf der Individual- sowie auf der Aggregatebene zu entnehmen, dass es noch nicht gelungen ist, den Lernerfolg der Schüler umfassend vorherzusagen. Im Folgenden sollen daher Variablen diskutiert werden, die als mögliche unberücksichtigte, aber bedeutsame Dritt-Variablen zusätzliche Varianz aufklären könnten: Auf der Individualebene wurden insgesamt 31% der auf der Individualebene liegenden Varianz aufgeklärt, obwohl erklärungsmächtige Prädiktoren wie das Vorwissen oder die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten bereits kontrolliert wurden. Es wäre denkbar, dass durch das Hinzuziehen von stärker bereichsspezifischen Lernkompetenzen als die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und zusätzlichen motivationalen Moderatoren zusätzliche Varianz auf der Individualebene aufgeklärt werden könnte (Heller, 1997). Darüber hinaus könnte auch die Lesekompetenz eine Rolle spielen (Kunter et al., 2006), die in der vorliegenden Untersuchung nicht kontrolliert wurde. Um den Effekt der Lesekompetenz zu neutralisieren, wurde im Rahmen des PLUS-Projektes, auch vor dem Hintergrund des ohnehin schon hohen Testaufwandes, entschieden, die Aufgaben im Klassenverband zu bearbeiten, wobei die Aufgaben vom jeweiligen Testleiter vorgelesen wurden. Es ist dennoch vorstellbar, dass lesestarke Schüler durch ein simultanes Mitlesen des Aufgabentextes beim Lösen der Aufgaben bevorteilt waren.

Auch im Bereich der Aggregatebene bleibt ein beachtlicher Teil der zwischen den Klassen liegenden Varianz unaufgeklärt, was deutlich zeigt, dass neben der Unterrichtsdauer, der wahrgenommenen Klassenführung, der Lehrerfahrung und den erfassten Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens der Lehrkräfte auch noch weitere bedeutsame Prädiktoren für Lernleistungen der Schüler bestehen. Dies lässt den forschungsleitenden Blick zum einen auf die weiteren Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens sowie zum anderen auch auf die weiteren Facetten des professionellen Wissens wie das fachspezifische und das pädagogische Wissen richten. Hier könnten zukünftige Forschungsarbeiten, die alle drei Hauptkomponenten des professionellen Lehrerwissens erfassen und diese sowohl untereinander als auch mit Schülerleistungen in Beziehung setzen, wertvolle Hinweise liefern (z. B. das BMBF-Projekt ProWiN). Aber auch weitere motivationale wie auch selbstbezogene Variablen wie das Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte wurden in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt und kommen vor dem Hintergrund des derzeitigen Stands der Forschung als bedeutsame Prädiktoren in Frage. Darüber hinaus wurden neben der wahrgenommenen Klassenführung keine Merkmale des Unterrichts berücksichtigt. Überaus spannend wäre hier die Modellierung des Wirkungspfades von Merkmalen des professionellen Lehrerwissens über Unterrichtsqualitätsmerkmale hin zur Schülerleistung über Strukturgleichungsmodelle, wie sie in COACTIV vorgenommen wurden (Baumert, et al., 2010). Aufgrund der Stichprobengröße sind sol-

che Untersuchungen im übergeordneten PLUS-Projekt nur eingeschränkt möglich.

Nicht-lineare Zusammenhänge. Die Modelle, die zur Ermittlung der zentralen Befunde dieser Arbeit spezifiziert wurden, gehen von linearen Zusammenhängen zwischen den eingesetzten Prädiktoren und dem Kriterium aus. In Bezug auf das fachspezifisch-pädagogische Wissen sind aber auch nicht-lineare Zusammenhänge, z. B. in Form einer Sättigungsbeziehung, bei der sich ein linearer Zusammenhang nur bis zu einem Schwellenwert zeigen würde, denkbar. Hill, Rowan und Ball (2005) fanden in ihrer Studie Hinweise für solch eine Sättigungsbeziehung zwischen dem Wissen der Lehrkräfte und den Lernzuwächsen der Schüler, so dass dieser Frage auch im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts unbedingt nachgegangen werden sollte. Für die Untersuchung solcher nicht-linearer Zusammenhänge ist jedoch eine größere Stichprobe als die 60 Klassen dieser Untersuchung notwendig, so dass derartige Untersuchung eine Aufgabe für sich anschließende Studien darstellen.

6.3 Konsequenzen für die Lehrerbildung

Unter der Voraussetzung, dass sich die vorliegenden Ergebnisse auch in weiteren Studien und in weiteren Themengebieten des naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterrichtes replizieren ließen, könnte man vorsichtige Folgerungen für die Aus- und Fortbildung von Sachunterrichtslehrkräften im Bereich der Grundschule formulieren. Die Frage, die sich unmittelbar anschließt, ist die nach der Förderung von Grundschullehrkräfte im Aufbau eines solchen fachspezifisch-pädagogischen Wissens. Wie können Grundschullehrkräfte darin unterstützt werden, fachspezifisches Wissen über Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten der Schüler (als Wissen über das Lernen von Schülern im Bereich der Naturwissenschaften) und Wissen über themenspezifische naturwissenschaftliche Lehrstrategien in Form von geeigneten unterrichtlichen Aktivitäten und Repräsentationen sowie Wissen über die sinnvolle Sequenzierung von Inhalten der Naturwissenschaften aufzubauen? Insbesondere die in Kapitel 2.3.3.1 skizzierten Studien, die darauf hinweisen, dass Grundschullehrkräfte auch in diesen beiden Bereichen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens Defizite aufweisen (z. B. Berg & Brouwer, 1991; Smith & Neale, 1989), sowie die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung, die zeigen, dass dieses Wissen ein bedeutsamer Prädiktor für Lernleistungen aufseiten der Schüler ist, deuten auf die Notwendigkeit, die Entstehung und Förderung dieses Wissens genauer zu untersuchen. Dabei kommt insbesondere den Institutionen der ersten und zweiten formellen Ausbildungsphase Verantwortung zu, da in dieser Phase vermutlich die Grundsteine für den systematischen Aufbau einer professionellen Wissensbasis gelegt werden. Erste (querschnittliche) Studien geben jetzt schon Hinweise darauf, dass Teile des Professionswissens während der universitären Ausbildungsphase und durch gezielte Fortbildungsmaßnahmen verändert werden können (Blömeke, Kaiser, et

al., 2008; Kleickmann, Möller, & Jonen, 2005; Richardson & Placier, 2001; Riese & Reinhold, 2009), was zusammen mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit als „positive Botschaft“ angesehen werden kann. Wie bereits zuvor skizziert, ließe sich durch politische Steuerungsmaßnahmen Einfluss auf Dauer, Intensität und Organisation der Ausbildung nehmen und somit ein systematisches Training zur Entstehung und zum Ausbau dieses Wissens andeuten. Durch die vorliegende Arbeit scheint die Bedeutung von fachdidaktischen Kursen, wie sie in der europäischen Lehrerbildung seit langem verankert sind, aber auch immer wieder hinterfragt werden, gestärkt. Um aber gezielte Reformen der Lehrerbildung angehen zu können, bedarf es genauerer Forschung über die Bedeutung der übrigen Komponenten des Professionswissens sowie deren Interaktion untereinander. Wie wichtig sind das pädagogische Wissen und das fachliche Wissen für die leistungsbezogene Zielerreichung im Sachunterricht der Grundschule? Wie wichtig sind sie als Voraussetzung für die Entwicklung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens, das ja als Amalgam dieser beiden Bereiche beschrieben wird? Erkenntnisse zur Struktur des professionellen Wissens von Lehrkräften könnten Indizien für eine zielgerichtete Ausgestaltung der Ausbildung liefern. So haben die in Kapitel 2.3.3.1 skizzierten Untersuchungsergebnisse gezeigt, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen ohne fachspezifisches Wissen oder ohne pädagogisches Wissen nicht hinreichend ausgebildet werden kann (z. B. Marek, et al., 1990; Smith & Neale, 1989). Forschung zur Bedeutung der übrigen Facetten des Lehrerwissens für die Zielerreichung aufseiten der Schüler, aber auch zur Interaktion zwischen den Bereichen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens könnten hier Hinweise für die Gewichtung der pädagogisch-psychologischen, fachspezifisch und fachdidaktischen Ausbildungsanteile geben. Darüber hinaus wären längsschnittliche Untersuchungen, in denen die Entwicklung des Professionswissens genauer untersucht wird oder experimentelle Studien, in denen man versucht, das fachspezifisch-pädagogische Wissen gezielt zu fördern, überaus wünschenswert. Auf Basis dieser Grundlagenforschung könnten langfristig Hinweise für die Gestaltung der Lehrerbildung abgeleitet werden, die es dann wiederum empirisch zu überprüfen gilt. Selbige Forschungsfragen sollten unbedingt auf Fortbildungsmaßnahmen für bereits im Beruf stehende Lehrkräfte übertragen werden.

Wenn sich die fachspezifische Expertise von Lehrkräften in weiteren Untersuchungen über die unterschiedlichen Bereiche der Grundschule hinweg als entscheidender Faktor herauskristallisiert, sollte auch die Ausbildung und der Einsatz von Grundschullehrkräften als „Generalisten“ gegenüber „fachlichen Spezialisten“, wie sie in der Sekundarschule eingesetzt werden, überdacht werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, sowie die Arbeiten von Hill, Rowan und Ball (2005) für den Mathematikunterricht in der 1. und 3. Klasse deuten darauf hin, dass die fachbezogenen Komponenten des professionellen Wissens von Lehrkräften auch schon im Grundschulbereich eine Bedingung

für erfolgreiches Lernen der Schüler darstellen und nicht erst in höheren Jahrgangsstufen an Bedeutung gewinnen, wie es durch die unterschiedliche Ausbildungsordnungen für die Lehrkräfte der Sekundar- und Primarschulen vielleicht implizit angenommen wird. Vor diesem Hintergrund gilt es zu diskutieren, ob Lehrkräfte ohne eine fundierte universitäre Ausbildung in einem Fach und ohne gezieltes Mentoring nach Berufsantritt, das i. d. R. nach Beendigung der zweiten Ausbildungsphase im Schulalltag nicht stattfindet, genügend fachspezifisch-pädagogisches Wissen aufbauen können, um bestimmte Zielkriterien aufseiten der Schüler in Fächern, die sie fachfremd erteilen, zu erreichen. Käme man zu dem Ergebnis, dass Lehrkräfte in nicht ausgebildeten Fächern dieses Wissen nicht einfach durch Lehrerfahrung so aufbauen oder durch pädagogisches Wissen substituieren können, worauf die in Kapitel 4.4.3.3 skizzierten Befunde erste Hinweise geben, wäre wiederum über entsprechende Fortbildungsmaßnahmen oder eine Abschaffung des fachfremd erteilten Unterrichts zu diskutieren.

Das Ergebnis der vorliegenden Studie gibt aber nicht nur Hinweise darauf, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen durch die formale Ausbildung und Fortbildungsmaßnahmen gefördert werden sollte, sondern eröffnet auch die Möglichkeit der Evaluation von Aus- und Fortbildungsmaßnahmen. Wie die Schulen sollten sich auch die Universitäten und Studienseminare daran messen lassen müssen, inwieweit sie Zielkriterien aufseiten der zukünftigen Lehrkräfte nachweisbar erreichen. Unter der Voraussetzung der inhaltlichen Weiterentwicklung könnte ein wie für die vorliegende Untersuchung entwickeltes Instrument also auch genutzt werden, um die Wirksamkeit der unterschiedlichen Aus- und Fortbildungsmaßnahmen, die auf eine Erhöhung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts abzielen, zu überprüfen.

6.4 Ausblick

Neben den Fragen danach, wie die übrigen Komponenten des professionellen Lehrerwissens auf leistungsbezogene Ziele des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts wirken und wie die unterschiedlichen Facetten des Professionswissens untereinander agieren und danach, wie man die sich als wichtig herauskristallisierenden Facetten des Professionswissens von Lehrkräfte steigern kann und damit sowohl Fragen der Grundlagenforschung als auch politische Fragen der Lehrausbildung angestoßen wurden, bleibt die Frage nach der vermittelnden Rolle des Unterrichts offen. Nachdem in der vorliegenden Arbeit der Zusammenhang zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften und den Lernfortschritten von Schülern im Verständnis eines als relativ exemplarisch anzusehenden naturwissenschaftlichen Konzeptes aufgezeigt werden konnte, wird das Interesse an den vermittelnden Unterrichtsprozessen geweckt. Die Frage, die sich förmlich aufdrängt, ist

die nach dem Zusammenhang zwischen der Performanz einer Lehrkraft in einem Papier-und-Bleistift-Test und den in ihrem Unterricht tatsächlich verwirklichten Qualitätsmerkmalen von Unterricht. Es scheint offensichtlich, dass Lehrkräfte die Lernfortschritte ihrer Schüler nicht einfach durch das richtige Beantworten von Fragen in einem Test erhöhen, sondern diese Fortschritte über das vermittelt werden, was Lehrkräfte im Klassenzimmer tatsächlich tun. Die Erforschung der Zusammenhänge zwischen dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen der Lehrkräfte und dem Unterrichtsangebot, das sie ihren Schülern letztendlich im Klassenzimmer anbieten, scheint besonders fruchtbar. Es ist zu vermuten, dass das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften eher über die vertiefte inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand vermittelt zu Lernfortschritten der Schüler führt und weniger Einfluss auf allgemeine, eher fachunabhängige Aspekte der Unterrichtsqualität, wie z. B. eine individuelle Bezugsnormorientierung, nimmt. Im Bereich Mathematik der Sekundarstufe konnten Baumert und Kollegen (2010) im Rahmen der COACTIV-Studie zeigen, dass Effekte des fachspezifisch-pädagogischen Wissens nur über die kognitiv aktivierende Unterrichtsgestaltung und die konstruktive Unterstützung von Lernprozessen vermittelt auf Lernfortschritte der Schüler wirken, nicht über die Klassenführung. Äußerst interessant wäre es, diese Analysen auf den Bereich der Naturwissenschaften zu übertragen und so den ersten Teil der Wirkungskette Lehrerwissen – Lehrerhandeln – Schülerleistung näher zu untersuchen. Darüber hinaus scheint es spannend, in weiteren Analysen danach zu schauen, wie genau das fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte die fachliche Auseinandersetzung im Unterricht beeinflusst. Was genau machen Lehrkräfte mit hohem fachspezifisch-pädagogischen Wissen anders als Lehrkräfte mit einem niedrigen Punktwert? Beeinflusst viel fachspezifisch-pädagogisches Wissen den Umgang mit Schülervorstellungen oder den Einsatz von Erklärungen oder Materialien im naturwissenschaftlichen Unterricht? Legen viel wissende Lehrkräfte ihren Unterricht anders an? Für vertiefende Analysen dieser Zusammenhänge scheint die Wahl eines personenzentrierten Forschungsansatzes (Helmke, 2009) vielversprechend. So könnten im Rahmen des PLUS-Projektes die aufgezeichneten Unterrichtsvideos von im Test zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen erfolgreichen und weniger erfolgreichen Lehrkräften gesichtet und die von ihnen geschaffenen Lerngelegenheiten im Unterricht analysiert werden. Durch die Analyse der im Test besonders erfolgreichen Lehrkräfte könnte man einerseits Hinweise auf weitere Unterrichtsqualitätsmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht entdecken, andererseits ist durchaus denkbar, durch diese Analyse der unterrichtlichen Praxis weitere Hinweise auf die Ausgestaltung der Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens zu erhalten. Darüber hinaus wäre es auch interessant, die Rolle der Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Bereich der Naturwissenschaften, denen in ihrer Funktion als organisierender Rahmen theoretisch eine Schlüsselrolle für die Umsetzung des Wissens der Lehrkräfte

in unterrichtliche Handlungen zukommt, zu explorieren. Auch dies wäre im Rahmen der im PLUS-Projekt erhobenen Daten möglich. In folgenden Untersuchungen sollten auch weitere Indikatoren für den Erfolg von Lehrkräften herangezogen werden als nur das Kriterium der Lernfortschritte im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis. Die Fokussierung auf dieses leistungsbezogene Zielkriterium bedeutet eine Engführung des Spektrums an Zielkriterien schulischen Lernens und damit auch der Vorstellung von Unterrichtsqualität. Wichtig wäre es daher, in weiteren Studien die Relevanz des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auf die multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht, d. h. insbesondere auch für motivationale und persönlichkeitsbezogene Kriterien zu untersuchen. Im Sinne des Angebots-Nutzungs-Modells wäre es auch interessant zu untersuchen, ob diese Zusammenhänge zwischen dem fachspezifischen-pädagogischen Wissen der Lehrkräfte und Zielkriterien aufseiten der Schüler über die Schülerwahrnehmung von Unterricht vermittelt werden. Auch hier sind erste Untersuchungen durch die im PLUS-Projekt zur Verfügung stehenden Daten in anschließenden Forschungsvorhaben realisierbar. Insgesamt könnten so weitere Hinweise zur Wirkweise des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auf Faktoren der Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht gesammelt und somit ein Beitrag zur Ermittlung der Bedeutung dieses Wissens in der Unterrichtsqualitätsforschung geleistet werden.

7 Literaturverzeichnis

- AAAS. (1967). *Science - A Process Approach*. Washington, DC: The Xerox Corporation.
- AAAS. (1993). Benchmarks online. Benchmarks for Science Literacy. Retrieved 30.03.2010, 2010, from www.project2061.org/publications/bsl/online/bolintro.htm
- Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. Lederman, G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105-1149). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Abell, S. K. (2008). Twenty years later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405 - 1416.
- Abell, S. K., Bryan, L. A., & Anderson, M. A. (1998). Investigating preservice elementary science teacher reflective thinking using integrated media case-based instruction in elementary science teacher preparation. *Science Education*, 82(4), 491-509.
- Adamson, S. L., Banks, D., Burtch, M., Ill, F. C., Judson, E., Turley, J. B., et al. (2003). Reformed undergraduate instruction and its subsequent impact on secondary school teaching practice and student achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 939-957.
- Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1987). Teaching science. In V. Richardson-Koehler (Ed.), *Educators' handbook - a research perspective* (pp. 84-111). New York: Longman.
- Angrist, J. D., & Lavy, V. (2001). Does teacher training affect pupil learning? Evidence from matched comparisons in Jerusalem public schools. *Journal of Labor Economics*, 19(2), 343-369.
- Appleton, K. (2007). Elementary science teaching. In S. K. Abell & N. Lederman, G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 493-535). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Appleton, K. (2008). Developing science pedagogical content knowledge through mentoring elementary teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 19(6), 523-545.
- Ball, D. L. (1988). Knowledge and reasoning in mathematical pedagogy: Examining what prospective teachers bring to teacher education. Unpublished Unpublished doctoral dissertation. Michigan State University
- 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., & Bass, H. (2003). Toward a practice-based theory of mathematical knowledge for teaching. In B. Davis & E. Simmt (Eds.), *Proceedings of the 2002 annual meeting of the Canadian Mathematics Education Study Group* (pp. 3-14). Edmonton, AB: Canadian Mathematics Education Study Group.
- Ball, D. L., Hill, H. C., & Bass, H. (2005). Knowing mathematics for teaching. *American Educator*, Fall 2005, 14-46.
- Ball, D. L., Lubienski, S., & Mewborn, D. (2001). Research on teaching mathematics: The unsolved problem of teachers' mathematical knowledge. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (4th ed., pp. 433-456). New York: Macmillan.
- 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.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy. The exercise of control*. New York: W. H. Freeman and Company
- Bar, V. (1989). Children's views about the water cycle. *Science Education*, 73(4), 481-500.
- Bar, V., & Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), 157 - 174.

- Bar, V., & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.
- Barnett, J., & Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85, 426-453.
- Baumert, J., Blum, W., & Neubrand, M. (2002). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz: DFG-Antrag im Rahmen des Schwerpunktprogramms BIQUA*.
- Baumert, J., Blum, W., & Neubrand, M. (2004). Drawing the lessons from PISA 2000. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 7 (Beiheft 3), 143-157.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., et al. (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*(9), 469-520.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., et al. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180.
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M., Hosenfeld, I., et al. (1997). *TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. Opladen: Leske + Budrich.
- Baxter, J. A., & Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 147-161). Dordrecht: Kluwer.
- Berg, T., & Brouwer, W. (1991). Teacher awareness of student alternate conceptions about rotational motion and gravity. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 3-18.
- Berliner, D. C. (1987). Der Experte im Lehrerberuf: Forschungsstrategien und Ergebnisse. *Unterrichtswissenschaft*(3), 295-305.
- Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International Journal of Educational Research*, 35, 463-482.
- Besser, M., & Krauss, S. (2009). Zur Professionalität als Expertise. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck, D. Sembill, R. Nickolaus & R. Mulder (Hrsg.), *Lehrprofessionalität. Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 71-82). Weinheim: Beltz.
- Blömeke, S., Kaiser, G., & Lehmann, R. (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer: Wissen Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierende und -referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung*. Münster: Waxmann.
- Blömeke, S., Seeber, S., Lehmann, R., Kaiser, G., Schwarz, B., Felbrich, A., et al. (2008). Messung des fachbezogenen Wissens angehender Mathematiklehrkräfte. In S. Blömeke, G. Kaiser & R. Lehmann (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer: Wissen Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierende und -referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 49-88). Münster: Waxmann.
- Book, C. L., & Freeman, D. J. (1986). Differences in entry characteristics of elementary and secondary teacher candidates. *Journal of Teacher Education*, 37(2), 47-51.
- Borko, H., Eisenhart, M., Brown, C. A., Underhill, R. G., Jones, D., & Agard, P. C. (1992).

- Learning to teach hard mathematics: Do novice teachers and their instructors give up too easily? *Journal for Research in Mathematics Education*, 23(3), 194-222.
- Borko, H., & Putnam, R. T. (1996). Learning to teach. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 673-708). Washington: MacMillan.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. überarb. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bos, W., Bensen, M., Baumert, J., Prenzel, M., Selter, C., & Walther, G. (2008). *TIMSS 2007. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte. Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Bern: Hans Huber.
- Bromme, R. (1995). Was ist 'pedagogical content knowledge'? Kritische Anmerkungen zu einem fruchtbaren Forschungsprogramm. *Zeitschrift für Pädagogik*, 33. Beiheft, 105-115.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule* (Bd. 3, S. 177-212). Göttingen: Hogrefe.
- Bromme, R., & Haag, L. (2004). Forschung zur Lehrerpersönlichkeit. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung* (S. 777-793). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bromme, R., Rheinberg, F., Minsel, B., & Weidemann, B. (2006). Die Erziehenden und Lehrenden. In A. Krapp & B. Weidemann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch*. (5. Aufl., S. 269-356). Weinheim: Beltz.
- Brophy, J. E., & Good, T. L. (1986). Teacher behaviour and student achievement. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 328-375). New York: MacMillan.
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21-32.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., et al. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*(4), 521-544.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W., et al. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. Eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 54-82). Münster: Waxmann.
- Bullough, R. V. (2001). Pedagogical content knowledge circa 1907 and 1987: a study in the history of an idea. *Teaching and Teacher Education*, 17, 655-666.
- Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Eds.), *Scientific Literacy* (pp. 37-68). Kiel: IPN
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 21-43). Opladen: Leske + Budrich.
- Bybee, R. W., & Ben-Zvi, N. (1998). Science curriculum: Transforming goals to practices. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education. Part one* (pp. 487-498). Dordrecht: Kluwer.

- Bybee, R. W., & DeBoer, G. E. (1994). Research on goals for the science curriculum. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 357-387). New York: Macmillan.
- Calderhead, J. (1996). Teachers: Beliefs and knowledge. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 709-725). Washington: MacMillan.
- Campbell, J., Kyriakides, L., Muijs, D., & Robinson, W. (2004). *Assessing teacher effectiveness. Developing a differentiated model*. London: RoutledgeFalmer.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change? In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind. Essays on biology and cognition* (pp. 257-291). Hillsdale: Erlbaum.
- Carey, S. (1999). Sources of conceptual change. In E. Scholnick, K. Nelson, S. Gelman & P. Miller (Eds.), *Conceptual change development: Piaget's legacy* (pp. 293-326). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Carlsen, W. S. (1999). Domains of teacher knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge. The construct and its implications for science education* (pp. 133-146). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Carpenter, T. P., Fennema, E., Peterson, P. L., Chiang, C.-P., & Loef, M. (1989). Using knowledge of children's mathematics thinking in classroom teaching: An experimental study. *American Educational Research Journal*, 26(4), 499-531.
- Carroll, J. B. (1963). A model of school learning. *Teachers' College Report*, 64, 723-733.
- Carter, K. (1990). Teachers' knowledge and learning to teach. In W. R. Houston (Ed.), *Handbook of research on teacher education* (pp. 291-310). New York: Macmillan.
- Carter, K. (1993). The place of story in the study of teaching and teacher education. *Educational Researcher*, 22(1), 5-18.
- Cavalcante, P. S., & Newton, D. P. (1997). The effect of various kinds of lesson on conceptual understanding in science. *Research in Science & Technological Education*, 15(2), 185.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Farr, M. (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale: Erlbaum.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63(1), 1-49.
- Clandinin, D. J., & Connelly, F. M. (1996). Teachers' professional knowledge landscapes: Teacher stories. Stories of teachers. School stories. Stories of schools. *Educational Researcher*, 25(3), 24-30.
- Clausen, M. (2002). Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Empirische Analysen zur Übereinstimmung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität.
- Clermont, C. P., Borko, H., & Krajcik, J. S. (1994). Comparative study of the pedagogical content knowledge of experienced and novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 419-441.
- Clermont, C. P., Krajcik, J. S., & Borko, H. (1993). The influence of an intensive in-service workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstrators. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 21-43.
- Cobb, P. (1994). Where is the mind? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational Researcher*, 23(7), 13-20.

- Cobb, P., & Bowers, J. S. (1999). Cognitive and situated learning perspectives in theory and practice. *Educational Researcher*, 28(2), 4–15.
- Cochran, K. F., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4), 263-272.
- Corno, L., & Snow, E. R. (1986). Adapting teaching to individual differences among learners. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 605-629). New York: Macmillan.
- Cosgrove, M., & Osborne, R. (1985). Lesson frameworks for changing children's ideas. In R. Osborne & P. Freyberg (Eds.), *Learning in science: The implications of children's science* (pp. 101-111). London: Heinemann.
- Creemers, B. P. M. (1994). *The effective classroom*. London: Cassell.
- Cronbach, L. J. (1970). *Essentials of psychological testing* (3rd ed.). New York: Harper.
- Cronin-Jones, L. L. (1991). Science teacher beliefs and their influence on curriculum implementation: Two case studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(3), 235-250.
- Cumming, G., & Finch, S. (2005). Inference by eye: Confidence intervals and how to read pictures of data. *American Psychologist*, 60(2), 170-180.
- Dagher, Z., & Cossman, G. (1992). Verbal explanations given by science teachers: Their nature and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 361-374.
- Dann, H.-D. (2000). Lehrerkognition und Handlungsentscheidungen. In M. K. W. Schweer (Hrsg.), *Lehrer-Schüler-Interaktion. Pädagogisch-psychologische Aspekte des Lehrens und Lernens in der Schule* (Bd. 24, S. 79-108). Opladen: Leske & Budrich.
- Darling-Hammond, L. (2000). Teacher quality and student achievement. 2000, 8, 1-46.
- Darling-Hammond, L., Berry, B., & Thoreson, A. (2001). Does teacher certification matter? Evaluating the evidence. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 23(1), 57-77.
- Davies, D., & Rogers, M. (2000). Pre-service primary teachers' planning for science and technology activities: influences and constraints. *Research in Science & Technological Education*, 18(2), 215-225.
- Davis, E. A., & Linn, M. C. (2000). Scaffolding students' knowledge integration: prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 819-837.
- Davis, E. A., & Miyake, N. (2004). Explorations of scaffolding in complex classroom systems. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 265-272.
- de Jong, O. (2000). The teacher trainer as researcher: Exploring the initial pedagogical content concerns of prospective science teachers. *European Journal of Teacher Education*, 23(2), 127-137.
- de Jong, O., Acampo, J., & Verdonk, A. (1995). Problems in teaching the topic of redox reactions: Actions and conceptions of chemistry teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 1097-1110.
- de Jong, O., van Driel, J. H., & Verloop, N. (2005). Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(8), 947-964.
- Dewey, J. (1969). The logical and psychological aspects of experience. In D. Vandenberg (Ed.), *Theory of knowledge and problems of education* (pp. 185-188). Urbana, IL: University of Illinois Press. (Originalarbeit erschienen 1902).
- diSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall (Eds.), *Constructivism in the*

- computer age* (pp. 49-70). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- diSessa, A. A. (2008). A bird's-eye view of the "pieces" vs. "coherence" controversy (from the "pieces" side of the fence). In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 35-60). New York: Routledge.
- Ditton, H. (1998). *Mehrebenenanalyse. Grundlagen und Anwendungen des Hierarchisch Linearen Modells*. Weinheim, München: Juventa.
- Doran, R. L., Lawrenz, F., & Helgeson, S. (1994). Research on assessment in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 388-442). New York: MacMillan.
- Doyle, W. (1977). Paradigms for research on teacher effectiveness. In L. S. Shulman (Ed.), *Review of Research in Education* (pp. 163-198). Itasca: Peacock.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.
- Druva, C. A., & Anderson, R. D. (1983). Science teacher characteristics by teacher behavior and by student outcome: A meta-analysis of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 467-479.
- Duffee, L., & Aikenhead, G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76(5), 493-506.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschafts-didaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 905-923.
- Duit, R. (1996). Lernen als Konzeptwechsel in naturwissenschaftlichen Unterricht. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hrsg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* (S. 145-162). Kiel: IPN.
- Duit, R. (1997). Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht - Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht der Primarstufe. In W. Köhnlein, B. Marquard-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt* (S. 233-246). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Duit, R. (2006). STCSE - Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education. from IPN: <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>
- Duit, R., & Häußler, P. (1997). Physik und andere naturwissenschaftliche Lernbereiche. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule* (Bd. 3, S. 427-460). Göttingen: Hogrefe.
- Duit, R., Häußler, P., & Prenzel, M. (2001). Schulleistung im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 169-186). Weinheim: Beltz.
- Duit, R., Niedderer, H., & Schecker, H. (2007). Teaching physics. In S. K. Abell & N. Lederman, G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 599-629). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Duit, R., Treagust, D., & Widodo, A. (2008). Teaching science for conceptual change: Theory and practice. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 629-646). New York: Routledge.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (1998). Learning in science: From behaviorism towards social constructivism and beyond. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 3-25). Dordrecht: Kluwer.
- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.

- Ehmke, T., Hohensee, F., Heidemeier, H., & Prenzel, M. (2004). Soziale Herkunft. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost & U. Schiefele (Hrsg.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 225-253). Münster: Waxmann.
- Einsiedler, W. (1994). Aufgreifen von Problemen – Gespräche über Probleme – Problemorientierter Sachunterricht in der Grundschule. In L. Duncker & W. Popp (Hrsg.), *Kind und Sache. Zur pädagogischen Grundlegung des Sachunterrichts* (S. 199-212). München: Juventa.
- Einsiedler, W. (1996). Probleme und Ergebnisse der empirischen Sachunterrichtsforschung. In B. Marquardt-Mau, W. Köhnlein & R. Lauterbach (Hrsg.), *Forschung zum Sachunterricht* (S. 29-42). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Einsiedler, W. (1997). Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung: Literaturüberblick. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 225-241). Weinheim: Beltz.
- Einsiedler, W. (2002). Empirische Forschung zum Sachunterricht - ein Überblick. In K. Spreckelsen, K. Möller & A. Hartinger (Hrsg.), *Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht* (Bd. 5, S. 17-40). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Einsiedler, W. (2007). Methoden und Prinzipien des Sachunterrichts. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, D. von Reeken & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 389-400). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Eisenhart, M., Borko, H., Underhill, R., Brown, C., Jones, D., & Agard, P. (1993). Conceptual knowledge falls through the cracks: Complexities of learning to teach mathematics for understanding. *Journal for Research in Mathematics Education*, 24(1), 8-40.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. New York: Nichols.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Roemer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3), 363-406.
- Fennema, E., & Loef Franke, M. (1992). Teachers' knowledge and its impact. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. (pp. 147-164). New York: Macmillan.
- Fenstermacher, G. D. (1994). The Knower and the Known: The nature of Knowledge in Research on Teaching. In L. Darling-Hammond (Ed.), *Review of research in education* (Vol. 20, pp. 3-56). Washington, DC: American Educational Research Association.
- Fernández-Balboa, J.-M., & Stiehl, J. (1995). The generic nature of pedagogical content knowledge among college professors. *Teaching and Teacher Education*, 11(3), 293-306.
- Frost, L. A., Hyde, J. S., & Fennema, E. (1994). Gender, mathematics performance, and mathematics-related attitudes and affect: A meta-analytic synthesis. *International Journal of Educational Research*, 21(4), 373-385.
- Gais, B. (2009). *On the relationship between a university-based teacher preparation program for primary science and teachers' instructional practice - a video study*. Münster: Inaugural-Dissertation.
- Gais, B., & Möller, K. (2005). *Verstehen förderndes Lehrerhandeln im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – eine Videostudie*. . Tagungsbeitrag zur 14. Jahrestagung der GDSU.
- Ganzeboom, H. B., & Treiman, D. J. (2003). Three internationally standardised measures for comparative research on occupational status. In J. H. P. Hoffmeyer-Zlotnik & C. Wolf (Eds.), *Advances in cross-national comparison: A European working book for demographic and socio-economic variables* (pp. 159-193). New York: Kluwer.

- GDSU. (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77(6), 575-591.
- Gerstenmaier, J., & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867-887.
- Gess-Newsome, J. (1999a). Pedagogical content knowledge: A introduction and orientation. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge. The construct and its implications for science education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gess-Newsome, J. (1999b). Expanding questions and extending implications: A response to the paper set. *Science Education*, 83(3), 385-391.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1993). Preservice biology teachers' knowledge structures as a function of professional teacher education: A year-long assessment. *Science Education*, 77(1), 25-45.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1995). Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 301-325.
- Glaser, R. (1984). Education and thinking: The role of knowledge. *American Psychologist*, 39, 93-104.
- Goldhaber, D. D., & Brewer, D. J. (2000). Does teacher certification matter? High school teacher certification status and student achievement. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 22(2), 129-145.
- Gräber, W., & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 7-20). Opladen: Leske + Budrich.
- Graham, J. W., Cumsille, P. E., & Elek-Fisk, E. (2003). Methods for handling missing data. In J. A. Schinka & W. F. Velicer (Eds.), *Research Methods in Psychology* (Vol. 2, pp. 87-114). New York: Wiley.
- Granzer, D., Bonsen, M., & Möller, K. (2009). Von Licht und Schatten. Was bedeuten die positiven TIMSS-Ergebnisse zu den Kompetenzen in den Naturwissenschaften? *Grundschule*, 41(6), 11-13.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher. Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Grossman, P. L. (1994). Teachers' knowledge. In T. Husén & T. N. Postlethwaite (Eds.), *The international encyclopedia of education* (2nd ed., Vol. 10, pp. 6117-6122). Oxford: Elsevier.
- Grossman, P. L., & Schoenfeld, A. H. (2005). Teaching subject matter. In L. Darling-Hammond & J. Bransford (Eds.), *Preparing teachers for a changing world* (2nd ed., pp. 201-231). San Francisco: Jossey-Bass.
- Gruber, H., & Mandl, H. (1996). Das Entstehen von Expertise. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Lernen* (Bd. 7, S. 583-615). Göttingen: Hogrefe.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht and schulisches Lernen*. Münster: Waxmann.
- Gudjons, H. (2007). Lehren durch Instruktion. *Pädagogik*, 59(11), 6-11.
- Gudmundsdottir, S., & Grankvist, R. (1992). Deutsche Didaktik aus der Sicht neuerer empirischer Unterrichts- und Curriculumforschung in den USA. *Bildung und Erziehung*, 45, 175-187.

- Gudmundsdottir, S., & Shulman, L. (1987). Pedagogical content knowledge in social studies. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 31(2), 59 - 70.
- Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., Glass, G. V., & Gamas, W. S. (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. *Reading Research Quarterly*, 28(2), 117-159.
- Halim, L., & Meerah, S. M. (2002). Science Trainee Teachers' Pedagogical Content Knowledge and its Influence on Physics Teaching. *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 215-225.
- Hanushek, E. A. (2002). Publicly provided education. In A. J. Auerbach & M. Feldstein (Eds.), *Handbook of public economics* (Vol. 4, pp. 2045-2141). Amsterdam: Elsevier Science.
- Hardy, I. (2007). *Die Bedeutung der kognitiven Strukturierung von Lernumgebungen für die Förderung mathematisch-naturwissenschaftlicher Verständnisprozesse*. Unpublished Publikationsbasierte Habilitationsschrift, FU Berlin.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 307-326.
- Harlen, W. (1992). Research and the development of science in the primary school. *International Journal of Science Education*, 14(5), 491-503.
- Harlen, W. (1998). Teaching for understanding in pre-secondary science. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education. Part One* (Vol. 2, pp. 183-197). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Hartig, J., & Rakoczy, K. (in Druck). Mehrebenenanalyse. In H. Holling & B. Schnitz (Hrsg.), *Handbuch der Psychologischen Methoden und Evaluation*. Göttingen: Hogrefe.
- Hashweh, M. Z. (1987). Effects of subject-matter knowledge in the teaching of biology and physics. *Teaching and Teacher Education*, 3(2), 109-120.
- Hashweh, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47-63.
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 11, 273-292.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W., & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung – Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Heller, K. A. (1997). Individuelle Bedingungsfaktoren der Schulleistung: Literaturüberblick. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 183-201). Weinheim: Beltz.
- Helmke, A. (1997). Individuelle Bedingungsfaktoren der Schulleistung: Ergebnisse aus dem SCHOLASTIK- Projekt. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 203-216). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Helmke, A., & Weinert, F. E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie der Schule und des Unterrichts* (Bd. 3, S. 71-176). Göttingen: Hogrefe.
- Helsper, W. (1996). Antinomien des Lehrerhandelns in modernisierten pädagogischen Kulturen. Paradoxe Verwendungsweisen von Autonomie und Selbstverantwortlichkeit. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität* (S. 521-569). Frankfurt: Suhrkamp.

- Henze, I., van Driel, J. H., & Verloop, N. (2008). Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1321-1342.
- Herrera, S., & Thier, H. (1967). *Beginnings. Teacher's Guide. Science Curriculum Improvement Study*. Chicago: Rand McNally.
- Hewson, P. (1982). A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge in learning. *European Journal of Science Education*, 4, 61-78.
- Hewson, P., & Lemberger, J. (2000). Status as the hallmark of conceptual learning. In R. Millar (Ed.), *Improving science education*. (pp. 110-125). Buckingham: Open University Press.
- Hill, H. C., Ball, D. L., Blunk, M., Goffney, I. M., & Rowan, B. (2007). Validating the ecological assumption: The relationship of measure scores to classroom teaching and student learning. *Measurement*, 5(2/3), 107-118.
- Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371-406.
- 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.
- Hosenfeld, I., Helmke, A., Ridder, A., & Schrader, F.-W. (2001). Eine mehrebenenanalytische Betrachtung von Schul- und Klasseneffekten. *Empirische Pädagogik*, 15(4), 513-534.
- Howe, A., & Doody, W. (1989). Spatial visualization and sex- related differences in science achievement. *Science Education*, 73, 703-709.
- Howey, K. R., & Grossman, P. L. (1989). A study in contrast: Sources of pedagogical content knowledge for secondary english. *Journal of Teacher Education*, 40(5), 24-31.
- Hox, J. (1998). Multilevel modeling: When and why. In I. Balderjahn, R. Mathar & M. Schader (Eds.), *Classification, data analysis, and data highways* (pp. 147-154). New York: Springer.
- Johnson, P. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 2: Evaporation and condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, 20(6), 695 - 709.
- Jones, A., & Moreland, J. (2004). Enhancing practicing primary school teachers' pedagogical content knowledge in technology. *International Journal of Technology & Design Education*, 14(2), 121-140.
- Jung, W. (1993). Hilft die Entwicklungspsychologie dem Physikdidaktiker? In R. Duit & W. Gräber (Hrsg.), *Kognitive Entwicklung und naturwissenschaftlicher Unterricht* (S. 86-107). Kiel: IPN.
- Kagan, D. M. (1990). Ways of evaluating teacher cognition: Inferences concerning the Goldilocks Principle. *Review of Educational Research*, 60(3), 419-469.
- Kamen, M. (1996). A teacher's implementation of authentic assessment in an elementary science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 859-877.
- Kattmann, U. (2005). Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? - Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 165-174.
- Klafki, W. (1992). Allgemeinbildung in der Grundschule und der Bildungsauftrag des Sachunterrichts. In R. Lauterbach, W. Köhnlein, K. Spreckelsen & E. Klewitz (Hrsg.), *Brennpunkte des Sachunterrichts* (S. 11-31). Kiel: IPN.
- Klauer, K. J., & Leutner, D. (2007). *Lehren und Lernen. Einführung in die Instruktionspsychologie* (1. Aufl.). Weinheim: Beltz, PVU.

- Kleickmann, T. (2008). *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen Verständnis*. Münster: Inaugural-Dissertation.
- Kleickmann, T., Möller, K., & Jonen, A. (2005). Effects of in-service teacher education courses on teachers' pedagogical content knowledge in primary science education. In H. Gruber, C. Harteis, R. Mulder & M. Rehl (Eds.), *Bridging individual, organisational, and cultural aspects of professional learning* (pp. 51-58). Regensburg: Roderer.
- Kleickmann, T., Vehmeyer, J., & Möller, K. (2010). Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen und kognitivem Strukturieren im Unterricht am Beispiel von Scaffolding-Maßnahmen. *Unterrichtswissenschaft: Zeitschrift für Lernforschung*, 38(3), 210-228.
- Klieme, E., Baumert, J., Köller, O., & Bos, W. (2000). Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung: Konzeptuelle Grundlagen und die Erfassung und Skalierung von Kompetenzen. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit* (S. 85-133). Opladen: Leske u. Budrich.
- Köhnlein, W. (1988). Sachunterrichtsdidaktik und die Aufgabe grundlegenden Lernens. Vorüberlegungen zu einer Konzipierung des Curriculums. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*, 16(12), 524-531.
- Köhnlein, W. (1991). Grundlegende Bildung und Curriculum des Sachunterrichts. In W. Wittenbruch & P. Sorger (Hrsg.), *Allgemeinbildung und Grundschule* (S. 107-125). Münster.
- Köhnlein, W. (1996). Leitende Prinzipien und Curriculum des Sachunterrichts. In E. Glumpler & S. Wittkowske (Hrsg.), *Sachunterricht heute. Zwischen interdisziplinärem Anspruch und traditionellem Fachbezug* (S. 46-76). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Köhnlein, W. (1998). Martin Wagenschein, die Kinder und naturwissenschaftliches Denken. In W. Köhnlein (Hrsg.), *Der Vorrang des Verstehens. Beiträge zur Pädagogik Martin Wagenscheins* (S. 66-87). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Köhnlein, W. (1999). Vielperspektivität und Ansatzpunkte naturwissenschaftlichen Denkens. Analyse von Unterrichtsbeispielen unter dem Gesichtspunkt des Verstehens. In W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Vielperspektives Denken im Sachunterricht. Forschung zur Didaktik des Sachunterrichts* (Bd. 3, S. 88-124). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Köller, O. (2004). *Konsequenzen von Leistungsgruppierungen*. Münster: Waxmann.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 44, 185-201.
- Krauss, S., Baumert, J., & Blum, W. (2008). Secondary mathematics teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge: Validation of the COACTIV constructs. *The International Journal on Mathematics Education*, 40(5), 873-892.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., et al. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716-725.
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., et al. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. (S. 31-53). Münster: Waxmann.
- Kunter, M., Dubberke, T., Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Jordan, A., et al. (2006).

- Mathematikunterricht in den PISA-Klassen 2004: Rahmenbedingungen, Formen und Lehr-Lern-Prozesse. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost & U. Schiefele (Hrsg.), *PISA 2003: Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres*. Münster: Waxmann.
- Lanahan, L., Scotchmer, M., & McLaughlin, M. (2004). Methodological critique of current NCES survey measures of instructional processes. Retrieved from <http://www.air.org/news/documents/AERA2004NCESMeasures.pdf>
- Landwehr, N. (2001). *Neue Wege der Wissensvermittlung. Ein praxisorientiertes Handbuch für Lehrpersonen in schulischer und beruflicher Aus- und Fortbildung* (4. Aufl.). Aarau: Sauerländer.
- Lantz, O., & Kass, H. (1987). Chemistry teachers' functional paradigms. *Science Education*, 71(1), 117-134.
- Lauterbach, R. (1992). Naturwissenschaftlich orientierte Grundbildung im Sachunterricht. In K. Riquarts (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland* (Bd. 3, Didaktik, S. 191-256). Kiel: IPN.
- Lee, E., & Luft, J. A. (2008). Experienced secondary science teachers' representation of pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1343-1363.
- Leinhardt, G., & Greeno, J. G. (1986). The Cognitive Skill of Teaching. *Journal of Educational Psychology*, 78(2), 75-95.
- Leinhardt, G., & Smith, D. A. (1985). Expertise in Mathematics Instruction: Subject Matter Knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 77(3), 247-271.
- Lemberger, J., Hewson, P. W., & Park, H.-J. (1999). Relationships between prospective secondary teachers' classroom practice and their conceptions of biology and of teaching science. *Science Education*, 83(3), 347-371.
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. *Learning and Instruction*, 11, 357-380.
- Limón, M., & Mason, L. (2002). *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer.
- Linn, M. C., & Eylon, B.-S. (2006). Science education: Integrating views of learning and instruction. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 511-544). Mahwah: Erlbaum.
- Lipowski, F. (2007). Was wissen wir über guten Unterricht? Im Fokus: die fachliche Lernentwicklung. In G. Becker, A. Feindt, H. Meyer, M. Rothland, L. Stäudel & E. Terhart (Hrsg.), *Guter Unterricht. Maßstäbe & Merkmale – Wege & Werkzeuge* (S. 26-30). Seelze: Friedrich.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. *Zeitschrift für Pädagogik*. 51. Beiheft, 52, 47-65.
- Little, R. J., & Rubin, D. B. (2002). *Statistical analysis with missing data*. New York: Wiley.
- Livingston, C., & Borko, H. (1989). Expert-novice differences in teaching: A cognitive analysis and implications for teacher education. *Journal of teacher education*, 40(4), 36-42.
- Lortie, D. C. (1975). *Schoolteacher: A sociological study*. Chicago: Univ. of Chicago Pr.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam: Sense Publisher.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of*

- Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Lüdtke, O. (2009). Mehrebenenmodellierung in der empirischen Bildungsforschung. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck, D. Sembill, R. Nickolaus & R. Mulder (Hrsg.), *Lehrprofessionalität: Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 275-293). Weinheim: Beltz.
- Lüdtke, O., & Köller, O. (2002). Individuelle Bezugsnormorientierung und soziale Vergleiche im Mathematikunterricht. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 34(3), 156-166.
- Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U., & Köller, O. (2007). Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung. *Psychologische Rundschau*, 58(2), 103-117.
- Maccoby, E. E., & Jacklin, C. N. (1974). *The psychology of sex differences*. Stanford: Stanford University Press.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (Vol. 6, pp. 95-132). Dordrecht: Kluwer.
- Marek, E. A., Eubanks, C., & Gallaher, T. H. (1990). Teachers' understanding and the use of the learning cycle. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(9), 821-834.
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3-11.
- Marzano, R. J. (2000). *A new era of school reform: Going where the research takes us*. Aurora, CO: Mid-continent Research for Education and Learning (McREL).
- Messick, S. (1988). The once and future issues of validity: Assessing the meaning and consequences of measurement. In H. Wainer & H. Braun (Eds.), *Test validity* (pp. 33-45). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741-749.
- Meyer, H. (2004). Novice and expert teachers' conceptions of learners' prior knowledge. *Science Education*, 88, 970-983.
- Mitchener, C. P., & Anderson, R. D. (1989). Teachers' perspective: Developing and implementing an STS curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 351-369.
- Möller, K. (1999). Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In W. Köhnlein (Hrsg.), *Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht* (S. 125-191). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2001a). Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In K. Czerwenka, K. Nölle & H.-G. Roßbach (Hrsg.), *Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten für die Grundschule* (S. 16-31). Opladen: Leske u. Budrich.
- Möller, K. (2001b). Wissenserwerb und Wissensqualität im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht. In J. Kahlert & E. Inckemann (Hrsg.), *Wissen, Können und Verstehen – über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht* (Bd. 11, S. 115-126). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule - Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merckens (Hrsg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen* (S. 65-84). Opladen: Leske + Budrich.
- Möller, K. (2006). Naturwissenschaftliches Lernen - eine (neue) Herausforderung für den

- Sachunterricht? In P. Hanke (Hrsg.), *Grundschule in Entwicklung. Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute* (S. 107-127). Münster: Waxmann.
- Möller, K. (2007). Genetisches Lernen und Conceptual Change. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, D. von Reeken & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 411-416). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, T., & Blumberg, E. (2006). Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 162-193). Münster: Waxmann Verlag.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I., & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Zeitschrift für Pädagogik. 45. Beiheft: Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (S. 176-191). Weinheim: Beltz.
- Monk, D. H. (1994). Subject area preparation of secondary mathematics and science teachers and student achievement. *Economics of Education Review, 13*(2), 125-145.
- Morine-Dersheimer, G. (1989). Preservice teachers' conceptions of content and pedagogy: Measuring growth in reflective, pedagogical decision-making. *Journal of Teacher Education, 40*(5), 46-52.
- Morine-Dersheimer, G., & Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge. The construct and its implications for science education* (pp. 21-50). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Morrison, J. A., & Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education, 87*, 849-867.
- Muijs, D. (2006). Measuring teacher effectiveness: Some methodological reflections. *Educational Research and Evaluation, 12*(1), 53-74.
- Muijs, D., Campbell, J., Kyriakides, L., & Robinson, W. (2005). Making the case for differentiated teacher effectiveness: An overview of research in four key areas. *School Effectiveness and School Improvement, 16*(1), 51-70.
- Muijs, D., & Reynolds, D. (2001). Teachers' beliefs and behaviours: What really matters. *Journal of Classroom Interaction, 37*, 3-15.
- Munby, H., Russell, T., & Martin, A. K. (2001). Teachers' knowledge and how it develops. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (fourth ed., pp. 877-904). Washington: American Educational Research Association.
- Murphy, P. K., & Alexander, P. A. (2008). The role of knowledge, beliefs, and interest in the conceptual change process: A synthesis and meta-analysis of the research. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 583-616). New York: Routledge.
- Murphy, P., & Whitelegg, E. (2006). *Girls in the physics classroom: A review of the research on the participation of girls in physics*. London: Institute of Physics.
- Murray, F. B. (1996). *The teacher educator's handbook: Building a knowledge base for the preparation of teachers*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998-2007). *Mplus statistical analysis with latent variables: User's guide* (5 ed.). Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.

- Neuweg, G. H. (2004). Figuren und Relationierung von Lehrerwissen und Lehrerkönnen. In B. Hackl & G. H. Neuweg (Hrsg.), *Zur Professionalisierung pädagogischen Handelns* (S. 1-26). Münster: LIT.
- Newman, D. A. (2003). Longitudinal modeling with randomly and systematically missing data: A simulation of ad hoc, maximum likelihood, and multiple imputation techniques. *Organizational Research Methods*, 6(3), 328-362.
- Newton, L. D. (2002). Teaching for understanding in primary science. In L. D. Newton (Ed.), *Teaching for understanding across the primary curriculum* (pp. 27-37). Clevedon: Multilingual Matters.
- Niedderer, H., & Schecker, H. (1992). Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies; proceedings of an international workshop* (pp. 74-98). Kiel: IPN.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509-523.
- Noice, T., & Noice, H. (1997). *The nature of expertise in professional acting: a cognitive view*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
- Nottis, K. E. K., & McFarland, J. (2001). A Comparative Analysis of Pre-Service Teacher Analogies Generated For Process and Structure Concepts. *Electronic Journal of Science Education*, 5(4).
- Nussbaum, J. (1981). Towards the diagnosis by science teachers of pupils' misconceptions: An exercise with student teachers. *European Journal of Science Education*, 3(2), 159-169.
- Nussbaum, J., & Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Nye, B., Konstantopoulos, S., & Hedges, L. V. (2004). How large are teacher effects? *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 26(3), 237-257.
- Oevermann, U. (1996). Theoretische Skizze einer revidierten Theorie professionalisierten Handelns. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität* (S. 70-182). Frankfurt: Suhrkamp.
- Ohle, A., Kauertz, A., & Fischer, H. (2009). Fachspezifisches Professionswissen von Primarschullehrkräften im physikbezogenen Sachunterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDGP in Schwäbisch Gmünd 2008, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 29*. Berlin: Lit.
- Osborne, R., & Cosgrove, M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). Children's Science. In R. Osborne & P. Freyberg (Eds.), *Learning in science: The implications of children's science* (pp. 5-14). London: Heinemann.
- Oser, F., & Renold, P. (2005). Kompetenzen von Lehrpersonen - über das Auffinden von Standards und ihre Messung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 8(4), 119-140.
- Pajares, F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332.
- Palincsar, A. S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual Review*

- of Psychology*, 49(1), 345-375.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284.
- Pause, G. (1970). Merkmale der Lehrerpersönlichkeit. In K. Ingenkamp (Hrsg.), *Handbuch der Unterrichtsforschung Teil II. Zentrale Faktoren in der Unterrichtsgestaltung* (S. 1353-1526). Weinheim: Beltz.
- Peck, R. F., & Tucker, J. A. (1973). Research on teacher education. In M. W. Travers (Ed.), *Second handbook of research in teaching* (pp. 940-978). Chicago: Rand McNally.
- Peterson, P. L., Fennema, E., Carpenter, T. P., & Loef, M. (1989). Teachers' pedagogical content beliefs in mathematics. *Cognition and Instruction*, 6(1), 1-40.
- Peterson, R., & Treagust, D. (1995). Developing preservice teachers' pedagogical reasoning ability. *Research in Science Education*, 25(3), 291-305.
- Peugh, J. L., & Enders, C. K. (2004). Missing data in educational research: A review of reporting practices and suggestions for improvement. *Review of Educational Research*, 74(4), 525-556.
- Phelps, G., & Schilling, S. G. (2004). Developing measures of content knowledge for teaching reading. *The Elementary School Journal*, 105(1), 31-48.
- Piaget, J. (1966). *Psychologie der Intelligenz*. Zürich: Rascher.
- Piaget, J. (1969). *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde*. Stuttgart: Klett.
- Pintrich, P. R. (1999). Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 33-50). Amsterdam: Pergamon.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E., et al. (Hrsg.). (2008). *PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Prenzel, M., Duit, R., Euler, M., Lehrke, M., & Seidel, T. (2001). Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht - eine Videostudie". *IPN-Materialien*.
- Prenzel, M., Geiser, H., Langeheine, R., & Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 143-188). Münster: Waxmann.
- Putnam, R. T., & Borko, H. (1997). Teacher learning: implications of new views of cognition. In B. J. Biddle, T. L. Good & I. F. Goodson (Eds.), *International handbook of teachers and teaching* (pp. 1223-1296). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models. Application and data analysis methods* (2. ed. Vol. 1). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Reinhold, P. (2004). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung in der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 117-145.

- Reinmann-Rothmeier, G., & Mandl, H. (1998). Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In F. Klix & H. Spada (Hrsg.), *Wissen. Enzyklopädie der Psychologie*, Bd. 2 (S. 457-500). Göttingen: Hogrefe.
- Reinmann-Rothmeier, G., & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (5. Aufl., S. 613-658). Weinheim: Beltz.
- Reiser, B. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 273-304.
- Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistung. In J. Möller & O. Köller (Hrsg.), *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung* (S. 175-190). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Renkl, A. (2005). Fünf Dogmen in der Diskussion zum Lernen und Lehren. Provokante Thesen zu dysfunktionalen Voreingenommenheiten. In S. R. Schilling, J. R. Sparfeldt & C. Pruisken (Hrsg.), *Aktuelle Aspekte pädagogisch-psychologischer Forschung. Detlef H. Rost zum 60. Geburtstag* (S. 11-23). Münster: Waxmann.
- Resnick, L. B. (1985). Cognition and instruction: Recent theories of human competence. In B. L. Hammonds (Ed.), *Psychology and learning* (Vol. 4, pp. 123-186). Washington, DC: American Psychological Association.
- Richardson, V., & Placier, P. (2001). Teacher change. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (4. ed., pp. 905-947). Washington, D. C.: American Educational Research Association.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2008). Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Messung professioneller Handlungskompetenz bei (angehenden) Physiklehrkräften. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 1(2), 625-640.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2009). Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2(1), 104-125.
- Rivkin, S., Hanushek, E. A., & Kain, J. F. (2005). Teachers, schools, and academic achievement. *Econometria*, 73(2), 417-458.
- Rost, J., Walter, O., Carstensen, C. H., Senkbeil, M., & Prenzel, M. (2004). Naturwissenschaftliche Kompetenz. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost & U. Schiefele (Hrsg.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 111-146). Münster: Waxmann.
- Rowan, B., Correnti, R., & Miller, R. (2002). What large-scale survey research tells us about teacher effects on student achievement: Insights from the prospects study of elementary schools. *Teachers College Record*, 104(8), 1525-1567.
- Russell, T., Harlen, W., & Watt, D. (1989). Children's ideas about evaporation. *International Journal of Science Education*, 11(5), 566 - 576.
- Russell, T., & Munby, H. (1991). Reframing: The role of experience in developing teachers' professional knowledge. In D. A. Schön (Ed.), *The Reflective turn : case studies in and on educational practice* (pp. 164-187). New York, N.Y.: Teachers College Press.
- Sanders, L. R., Borko, H., & Lockard, J. D. (1993). Secondary science teachers' knowledge base when teaching science courses in and out of their area of certification. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 723-736.
- Scheerens, J., & Bosker, R. (1997). *The foundations of educational effectiveness*. Oxford: Elsevier.

- Schilling, S. G. (2007). The role of psychometric modeling in test validation: An application of multidimensional item response theory. *Measurement*, 5(2/3), 93-106.
- Schilling, S. G., & Hill, H. C. (2007). Assessing measures of mathematical knowledge for teaching: A validity argument approach. *Measurement*, 5(2/3), 70-80.
- Schoenfeld, A. H., Minstrell, J., & van Zee, E. (1999). The detailed analysis of an established teacher's non-traditional lesson. *The Journal of Mathematical Behavior*, 18(3), 281-325.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner*. New York: Basic Books.
- Schönbächler, M.-T. (2008). *Klassenmanagement. Situative Gegebenheiten und personale Faktoren der Lehrpersonen- und Schülerperspektive*. Bern: Haupt.
- Schrempf, I., & Sodian, B. (1999). Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. [10.1026//0049-8637.31.2.67]. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 31(2), 67-77.
- Scott, P. H., Asoko, H., & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: a review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop in Bremen* (Vol. 131, pp. 310-329). Kiel: IPN.
- Segall, A. (2004). Revisiting pedagogical content knowledge: The pedagogy of content/ the content of pedagogy. *Teaching and Teacher Education*, 20, 489-504.
- Seidel, T., & Prenzel, M. (2004). Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 177-194). Münster: Waxmann.
- Seiler, T. B. (1997). Zur Entwicklung des Verstehens - oder wie lernen Kinder und Jugendliche verstehen? In K. Reusser & M. Reusser-Weyeneth (Hrsg.), *Verstehen. Psychologischer Prozess und didaktische Aufgabe* (S. 69-88). Bern: Hans Huber.
- Shuell, T. J. (1996). Teaching and learning in a classroom context. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 726-764). Washington: MacMillan Reference Books.
- Shulman, L. S. (1986a). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 3-36). New York: Macmillan Publishing Company.
- Shulman, L. S. (1986b). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Shulman, L. S., & Sherin, M. G. (2004). Fostering communities of teachers as learners: disciplinary perspectives. *Journal of Curriculum Studies*, 36(2), 135-140.
- Maclin, D., Grosslight, L., & Davis, H. (1997). Teaching for understanding: A study of students' preinstruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density. *Cognition and Instruction*, 15(3), 317-393.
- Smith, D. C., & Neale, D. C. (1989). The construction of subject matter knowledge in primary science teaching. *Teaching and Teacher Education*, 5(1), 1-20.
- Smith, D. C., & Neale, D. C. (1991). The construction of subject-matter knowledge in primary science teaching. In J. Brophy (Ed.), *Advances in research on teaching* (Vol. 2, pp. 187-243).

- Greenwich, CT: JAI Press.
- Sodian, B. (1995). Entwicklung bereichsspezifischen Wissens. In R. Oerter & L. Montada (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie* (S. 622-653). Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Sodian, B., Jonen, A., Thoermer, C., & Kircher, E. (2006). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen. Implementierung wissenschaftstheoretischen Unterrichts in der Grundschule. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 147-160). Münster: Waxmann.
- Soostmeyer, M. (1998). *Zur Sache Sachunterricht*. Frankfurt am Main: Lang.
- Spreckelsen, K. (1997). Phänomenkreise als Verstehenshilfe. In W. Köhnlein, B. Marquard-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Kinder auf dem Weg zum Verstehen der Welt* (S. 111-127). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Stark, R. (2003). Conceptual Change: kognitiv oder situiert? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17(2), 133-144.
- Stark, R., Gruber, H., & Mandl, H. (1998). Motivationale und kognitive Passungsprobleme beim komplexen situierten Lernen. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 3, 202-215.
- Staub, F. C., & Stern, E. (2002). The nature of teachers' pedagogical content beliefs matters for students' achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 94(2), 344-355.
- Steffensky, M. (2008). Von Anfang an. Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. In F. Hellmich & H. Köster (Hrsg.), *Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung im Elementarbereich* (S. 175-194). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Stern, E. (2002). Wie abstrakt lernt das Grundschulkind? Neuere Ergebnisse der entwicklungspsychologischen Forschung. In H. Petillon (Hrsg.), *Handbuch der Grundschul-forschung* (Bd. 5, S. 22-28). Leverkusen: Leske & Budrich.
- Stern, E. (2003). Kompetenzerwerb in anspruchsvollen Inhaltsgebieten bei Grundschulkindern. In D. Czech & J. J. Schwier (Hrsg.), *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht* (S. 37-58). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Stern, E., & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichtes. In D. Lenzen, J. Baumert, R. Watermann & U. Trautwein (Hrsg.), *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Beiheft 3: PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung* (S. 25-36). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Strunk, U. (1999). *Die Behandlung von Phänomenen aus der unbelebten Natur im Sachunterricht: Die Perspektive der Förderung des Erwerbs von kognitiven und konzeptuellen Fähigkeiten. Dissertation* Bad Iburg: Der Andere Verlag.
- Tamir, P. (1988). Subject matter and related pedagogical knowledge in teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 4(2), 99-110.
- Tenorth, H.-E. (2006a). Professionalität im Lehrerberuf. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 580-597.
- Tenorth, H.-E. (2006b). Professionalität im Lehrerberuf. Ratlosigkeit der Theorie, gelingende Praxis. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 580-597.
- Terhart, E. (1991). *Unterrichten als Beruf. Neuere amerikanische und englische Arbeiten zur Berufskultur und Berufsbiographie von Lehrern und Lehrerinnen*. . Wien: Böhlau.
- Terhart, E. (2002). *Nach PISA*. Hamburg: Europäische Verlagsanstalt.

- Terhart, E. (2003). Constructivism and teaching: A new paradigm in general didactics? *Journal of Curriculum Studies*, 35(1), 25-44.
- Terhart, E. (2007). Erfassung und Beurteilung der beruflichen Kompetenzen von Lehrkräften. In M. Lüders & J. Wissinger (Hrsg.), *Forschung zur Lehrerbildung. Kompetenzentwicklung und Programmevaluation* (S. 37-62). Münster: Waxmann.
- Thompson, A. G., & Thompson, P. W. (1996). Talking about rates conceptually, Part II: Mathematical knowledge for teaching. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(1), 2-24.
- Thompson, P. W., & Thompson, A. G. (1994). Talking about rates conceptually, Part I: A teacher's struggle. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(3), 279-303.
- Treagust, D. (2007). General instructional methods and strategies. In S. K. Abell & N. Lederman, G. (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 373-391). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Tschannen-Moran, M., & Hoy, A. W. (2001). Teacher efficacy: Capturing an elusive construct. *Teaching and Teacher Education*, 17(7), 783-805.
- Tschannen-Moran, M., Hoy, A. W., & Hoy, W. K. (1998). Teacher efficacy: Its meaning and measure. *Review of Educational Research*, 68(2), 202-248.
- Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447 - 467.
- Tytler, R. (2002). Teaching for understanding in science: Student conceptions research, and changing views of learning. *Australian Science Teachers Journal*, 48(3), 14-21.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2000). Deconstructing learning in science - Young children's responses to a classroom sequence on evaporation. [10.1007/BF02461555]. *Research in Science Education*, 30(4), 339-355.
- van den Akker, J. (1998). The science curriculum: Between ideals and outcomes. In B. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 421-447). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- van der Valk, T., & Broekman, H. (1999). The lesson preparation method: A way of investigating pre-service teachers' pedagogical content knowledge. *European Journal of Teacher Education*, 22(1), 11.
- van Driel, J. H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.
- van Driel, J. H., de Jong, O., & Verloop, N. (2002). The development of preservice chemistry teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 86(4), 572-590.
- Van Driel, J. H., & MaKinster, J. G. (2010). *Assessment and evaluation of pedagogical content knowledge*. Paper presented at the annual international conference of the National Association of Research on Science Teaching.
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Veal, W. R., & Kubasko, D. S. (2003). Biology and geology teachers' domain-specific pedagogical content knowledge evolution. *Journal of Curriculum and Supervision*, 18(4), 334-352.
- Veal, W. R., & MaKinster, J. G. (1999). Pedagogical content knowledge taxonomies. *Electronic Journal of Science Education*, 3(4).

- Vehmeier, J. (2010). *Kognitiv anregende Verhaltensweisen von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Konzeptualisierung und Erfassung*. Münster: Inaugural-Dissertation.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45-69.
- Vosniadou, S. (2002). On the nature of naive physics. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 61-76). Dordrecht: Kluwer.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental methods of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 381-419.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind and society: The development of higher psychological processes*. Cambridge.
- Wagenschein, M. (1976). *Die pädagogische Dimension der Physik*, (4. Aufl.). Braunschweig: Westermann.
- Wagenschein, M. (1992). *Verstehen lehren. Genetisch - Sokratisch - Exemplarisch* (9. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Walker, D. A. (1976). *The IEA six subject survey: An empirical study on education in twenty-one countries*. Stockholm: Almqvist & Wiksell.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.
- Wang, M. C., Haertel, G. D., & Walberg, H. J. (1993). Toward a knowledge base for school learning. *Review of Educational Research*, 63(3), 249-294.
- Wayne, A. J., & Youngs, P. (2003). Teacher characteristics and student achievement gains: A review. *Review of Educational Research*, 73(1), 89-122.
- Weinert, F. E. (1996). 'Der gute Lehrer', 'die gute Lehrerin' im Spiegel der Wissenschaft. Was macht Lehrende wirksam und was führt zu ihrer Wirksamkeit? *Beiträge zur Lehrerbildung*, 14(*2), 141-151.
- Weinert, F. E. (2000). Lehren und Lernen für die Zukunft - Ansprüche an das Lernen in der Schule. *Pädagogische Nachrichten Rheinland-Pfalz*, 2, 1-16.
- Weinert, F. E., & Helmke, A. (Hrsg.). (1997). *Entwicklung im Grundschulalter*. Weinheim: Beltz.
- Weiß, R. (2005). *CFT 20-R. Grundintelligenztest Skala 2. Revision*. Göttingen: Hogrefe.
- Wenglinsky, H. (2002). The link between teacher classroom practices and student academic performance. *2002*, 10(12).
- Wilhelm, T. (2008). Vorstellungen von Lehrern über Schülervorstellungen. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung, Jahrestagung der GDGP in Essen 2007, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 28* (S. 44 - 46). Münster: Lit.
- Wilson, S. M., Shulman, L. S., & Richert, A. E. (1987). "150 different ways" of knowing: Representations of knowledge in teaching. In J. Calderhead (Ed.), *Exploring teachers' thinking* (pp. 104-124). London: Cassell.
- Wilson, S. M., & Wineburg, S. S. (1988). Peering at history through different lenses: The role of

- disciplinary perspectives in teaching history. *Teachers College Record*, 89(4), 525-539.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe.
- Wirz, C., Fischer, H. E., Reyer, T., & Trendel, G. (2005). Lehrvoraussetzungen von Lehrerinnen und Lehrern in Physik- und Sachunterricht. In A. Pitton (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung* (S. 92-94). Münster: Lit.
- Wittwer, J., Sass, S., & Prenzel, M. (2009). Gut, aber nicht spitze *Grundschule*, 41(6), 14-17.
- Wodzinski, R. (1996). *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht*. Münster: LIT.
- Wodzinski, R. (2004). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Hrsg.), *Schülervorstellungen in der Physik. Festschrift für Hartmut Wiesner* (2. Aufl., S. 23-36). Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 17, 89-100.
- Zumwalt, K., & Craig, E. (2005). Teachers' characteristics: Research on the indicators of quality. In M. Cochran-Smith & K. M. Zeichner (Eds.), *Studying teacher education: The report of the AERA panel on research and teacher education* (pp. 157-260). Mahwah, NJ: Erlbaum.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vereinfachtes Angebots-Nutzungs-Modell zur Wirkungsweise von Unterricht (Helmke, 2009; Lipowsky, 2006; modifiziert).....	34
Abbildung 2: Modell des professionellen Lehrerwissens nach Grossman (1990): Fachspezifisch-pädagogisches Wissen als zentrale Komponente.....	59
Abbildung 3: Taxonomie des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Veal & MaKinster, 1999)....	76
Abbildung 4: Modell des fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich Naturwissenschaften (Magnusson, et al., 1999; Veal & MaKinster 1999; modifiziert).....	80
Abbildung 5: Anlage des DFG-Projekts: Abfolge der Erhebungen. Grau umrandet sind die Bereiche, die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegen.....	105
Abbildung 6: Beispielaufgabe für die Erfassung "Wissen über Bedingungen verständnis-vollen Lernens - Schülervorstellungen"	114
Abbildung 7: Beispielaufgabe für die Erfassung "Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien - Versuche bewerten".....	116
Abbildung 8: Ergebnisse der Kontrastgruppenvalidierung: Testscores nach Kontrastgruppen. Die Fehlerbalken repräsentieren 95% Konfidenzintervalle.....	130
Abbildung 9: Beispielaufgabe zum integrierten, konzeptuellen Verständnis im Bereich Kondensation.....	137
Abbildung 10: Beispielaufgabe zum konzeptuellen Wissen im Bereich Verdunstung.....	138
Abbildung 11: Klassenmittelwerte der Nachtestleistung (+/- eine Standardabweichung) basierend auf dem CU-Summenwert, unstandardisierte Werte; max. Punktwert = 24	155

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Unterschiedliche Gliederungsvorschläge für das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften (Park & Oliver, 2008; van Driel, et al., 1998; erweitert).....	54
Tabelle 2: Studien zur Erfassung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens und zu Zusammenhängen zwischen diesem Wissen und Lernerfolgsmaßen seitens der Schüler (Baumert & Kunter, 2006; Lipowsky, 2006; erweitert).....	83
Tabelle 3: Unterschiede in soziodemografischen Daten und motivationalen, sowie selbstbezogenen Variablen zwischen der vorliegenden Stichprobe und einer für NRW repräsentativen Stichprobe.....	108
Tabelle 4: Deskription der Schülerstichprobe	109
Tabelle 5: Inhaltliche Verteilung der Items auf die Unterfacetten (Pilotierung).....	117
Tabelle 6: Inhaltliche Verteilung der Items auf die Unterfacetten (Hauptuntersuchung).....	122
Tabelle 7: Übersicht über die Skalenwerte des Tests zur Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Pilotierung).....	123
Tabelle 8: Übersicht über die Itemkennwerte des Tests zur Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Hauptuntersuchung).....	125
Tabelle 9: Übersicht über die Skalenwerte des Tests zur Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens (Hauptuntersuchung).....	126
Tabelle 10: Variation der Expertise zur Bildung von Kontrastgruppen.....	128
Tabelle 11: Ergebnisse der Untersuchung der bekannten Gruppen: Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) pro Kontrastgruppe.....	129
Tabelle 12: Übersicht über die Korrelation zwischen dem Summenwert PCK und externen Kriterien zur Lehrerprofessionalität.....	133
Tabelle 13: Übersicht über die Aufgabenverteilung im Schülerleistungstest: Inhaltsbereiche und angenommene Dimensionen des Verständnisses.....	138
Tabelle 14: Schwierigkeit und Trennschärfe der Items zur Erfassung des Verständnisses von Aggregatzustände und ihre Übergänge im Vor- und Nachtest (Grundschule).....	141
Tabelle 15: Interne Konsistenzen (Cronbachs Alpha) des Summenwertes CU im Schülerleistungstest nach Testzeitpunkt (Grundschule).....	142
Tabelle 16: Deskriptive Befunde: Mittelwerte, Standardabweichung und Korrelationen der Variablen auf Individualebene.....	154
Tabelle 17: Deskriptive Befunde: Mittelwerte, Standardabweichung und Korrelationen der Variablen auf Klassenebene.....	154
Tabelle 18: Befunde (Gamma-Koeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage des von Schülern im Nachtest erreichten Verständnisses zum Thema Aggregatzustände und ihre Übergänge (CU-Wert).....	159

10 Anhang

10.1 Erfassung des themenspezifischen fachspezifisch-pädagogischen Wissens

10.1.1 Auszug aus dem Kodiermanual zur Bewertung der Itemantworten

FRAGE 2 (A6)	
Kategorien von richtigen Antworten	Kategorien, die als falsch gewertet werden
<p>(1) Animistische Deutungen: Das Wasser wechselt den Ort ohne eine physikalische Veränderung durch das Zutun eines „Täters“</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mythische Gestalten als „Täter“: Gott holt das Wasser zu sich in den Himmel. • Menschen oder Tiere als „Täter“: Jemand hat das Wasser getrunken. • Zu dem Ort des „Täters“: Die Sonne/das Licht zieht das Wasser zu sich. • Von einem „Täter“ zu einem anderen Ort: Die Sonne ist wie ein Magnet und zieht das Wasser Tropfen um Tropfen in die Wolken. <p>(2) Keine Erhaltung → Verschwinden/Auflösen des Wassers</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Wasser ist verschwunden. • Das Wasser hat sich aufgelöst. <p>(3) Absorption → Einziehen/Aufnehmen des Wassers</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Wasser ist in den Tisch eingezogen. • Der Lappen hat das Wasser aufgenommen. <p>(4) Phänotypische Analogiebildung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Wasser ist am Tisch hinunter gelaufen. <p>(5) Das Wasser verwandelt sich in Sauerstoff (und Wasserstoff)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Wasser wird zu Sauerstoff. • Das Wasser teilt sich in Wasserstoff und Sauerstoff. <p>(6) Reine Nennung von Einflussfaktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das kommt von der Wärme. • Das kommt vom Wind. • Das kommt vom Licht. 	<p>01. Richtige oder teilweise richtige Schülererklärungen beschrieben werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Wasser ist verdunstet. • Das Wasser ist in die Luft gegangen. • Der Tisch ist getrocknet. <p>02. Schülerfehlvorstellungen zu anderen physikalischen Phänomenen beschrieben werden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Wasser kommt aus dem Tisch. (Kondensation) <p>03. Untypische, sehr individuelle Fehlvorstellungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Wasser ist hart geworden. • Das Wasser hat sich in ein Gespenst verwandelt. • Das Wasser wird von der Luft angezogen. <p>04. „Ich weiß es nicht“ angegeben oder die Aufgabe durchgestrichen, weg radiert, gelöscht wurde.</p> <p>05. Die Antwort keiner der oben aufgeführten Kategorien von richtigen oder falschen Antworten zugeordnet werden kann.</p>

FRAGE 13 (A39)

Kategorien von richtigen Antworten	Kategorien, die als falsch gewertet werden
<p>(1) Der „Nebel“ über dem Topf ist kein kondensiertes Wasser, sondern Wasserdampf. (Es wird nahe gelegt, dass Kondensation ausschließlich am Deckel stattfindet.).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Wasserdampf kondensiert zumindest teilweise bereits vor der Glasplatte und wird als Nebel sichtbar. Der so beschriebene Versuch suggeriert, dass das Wasser erst am Deckel kondensiert und führt so zu Fehlvorstellungen. • Es wird suggeriert, dass an den gasförmigen Wasserdampf als Nebel sehen kann. 	<p>01. Fehlvorstellungen beschrieben werden, von denen anzunehmen ist, dass sie auf den Versuch angewendet werden und nicht etwa durch ihn hervorgerufen bzw. verstärkt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Wasser kommt aus dem Deckel.
<p>(2) Es wird ein Gegenstand für die Kondensation benötigt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schüler könnten glauben, dass immer eine Glasplatte benötigt wird, damit Wasserdampf wieder kondensiert. Sie könnten so glauben, dass im Himmel auch eine riesige Glasscheibe existiert. 	<p>02. Richtige Deutungen des Versuches beschrieben werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler können sehen, dass sich Nebel über dem Kochtopf bildet. • Die Schüler können sehen, dass Tropfen, die zu schwer werden, wieder hinunter fallen. • Wasser kommt aus der Luft an den Deckel von überall.
<p>(3) Das Wasser muss stark erhitzt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schüler könnten glauben, dass es nur zum Verdunsten bzw. Verdampfen des Wassers kommt, wenn man extreme Hitze, wie über eine Kochplatte, zuführt. 	<p>03. „Ich weiß es nicht“ angegeben oder die Aufgabe durchgestrichen, weg radiert, gelöscht wurde.</p>
<p>(4) Kondensation findet nur über dem Wasser statt.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schüler könnten glauben, dass das Wasser in Form des Nebels oder an der Glasscheibe nur direkt über der Wasseroberfläche geschehen kann. 	<p>04. Die Antwort keiner der oben aufgeführten Kategorien von richtigen oder falschen Antworten zugeordnet werden kann.</p>
<p>(5) Nur vertikale Bewegung des Wassers.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler könnten meinen, dass das Wasser nur vertikal aufsteigt und in der Höhe kondensiert und auf dieser begrenzten Stelle wieder runter fällt. Horizontale Bewegungen werden nicht angesprochen, so dass sich hier eine Fehlvorstellung bilden könnte. 	
<p>(6) Prozesse der Verdunstung und Kondensation sind nicht vollständig reversibel.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Weil die Menge des zurück gewonnenen Wassers geringer ist als die Menge des verdampften Wassers, könnten die Schüler denken, dass nur ein Teil des Wassers zurück gewonnen werden kann. 	
<p>(7) Kondensation führt immer zu Niederschlag.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es regnet immer, wenn Wasser kondensiert. • Es wirkt so, als ob das kondensierte Wasser auch in der Natur sofort wieder als Regen vom Himmel kommt. 	

FRAGE 13 (A39)

Kategorien von richtigen Antworten**Kategorien, die als falsch gewertet werden**

- (8) Kälte ist Voraussetzung für Niederschlag.**
- Niederschlag bildet sich nur, wenn Wasserdampf auf etwas Kaltes trifft.
- (9) Der Versuch bildet keinen Kreislauf ab, da dass aufgefangene Wasser nicht zurück in den Kreislauf kommt.**
- Die Kinder könnten denken, dass das Wasser aus dem Glas nicht zurück in den Kreislauf gelangt.
- (10) Das Wasser spritzt aus dem Topf an den Deckel**
- Die Kinder könnten denken, dass das Wasser aus dem Topf an den Deckel spritzt.
-
-

10.1.2 Übersicht über die theoretisch erreichbaren und empirisch erreichten Punkte

Komponente	Itemkürzel	Theoretisches Max.	Empirisches Max. (Pilot)	Empirisches Mittel (Pilot)	Empirisches Max. (HU)	Empirisches Mittel (HU)
Wissen über Bedingungen verständnisvollen, naturwissenschaftlichen Lernens	A6	6.00	3.00	1.25	4.00	1.70
	A5	8.00	3.00	1.57	3.00	1.78
	A2	4.00	4.00	2.89	4.00	2.93
	A18	3.00	3.00	1.33	3.00	1.57
	A43	8.00	4.00	1.00	6.00	1.60
	A44	10.00	4.00	.83	4.00	1.28
Summe Lernen		39.00		8.87		10.68
Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien	A22	5.00	3.00	1.35	3.00	1.82
	A65	2.00	2.00	.90	2.00	.98
	A62	2.00	2.00	.38	2.00	.40
	A27	1.00	1.00	.36	1.00	.58
	A39	10.00	3.00	.59	3.00	1.00
	A40	6.00	2.00	.38	2.00	.53
	A71	1.00	1.00	.15	1.00	.33
	A72	2.00	2.00	.91	2.00	1.17
Summe Lehren		29.00		5.02		6.81
Wissen über Bedingungen verständnisvollen, naturwissenschaftlichen Lernens	A6	6.00	3.00	1.15	3.00	1.32
	A5	8.00	3.00	1.39	5.00	1.66
	A2	4.00	4.00	3.33	4.00	3.02
	A18	3.00	3.00	1.33	3.00	1.38
	A43	8.00	3.00	1.06	4.00	1.17
	A44	10.00	3.00	.58	4.00	1.06
Summe Lernen		39.00		8.81		9.61
Wissen über naturwissenschaftliche Lehrstrategien	A22	5.00	3.00	1.43	4.00	1.83
	A65	2.00	2.00	.70	2.00	1.15
	A62	2.00	2.00	.48	2.00	.58
	A27	1.00	1.00	.58	1.00	.49
	A39	10.00	2.00	.79	3.00	.92
	A40	6.00	2.00	.64	2.00	.62
	A71	1.00	1.00	.36	1.00	.40
	A72	2.00	2.00	1.15	2.00	1.06
Summe Lehren		29.00		6.13		7.05

Anmerkungen. Ergebnisse für die Grundschule sind **fett** gedruckt. Ergebnisse sortiert nach zugrunde gelegten Komponenten.

10.1.3 Übersicht über die Kennwerte der Übereinstimmungsprüfung

Itemkürzel	ICC _{unjust, zweifakt.}				Levene-Test			Tukey-Additivitäts-Test		
	F	DF _{1,2}	ICC _{single}	p	F	DF _{1,2}	p	F	DF ₁	p
A22	8.79	24, 24	.80	<.01	.86	1, 48	.36	1.26	1	.27
A6	77.667	24, 24	.98	<.01	.03	1, 48	.87	1.73	1	.20
A5	11.16	24, 24	.84	<.01	.03	1, 48	.86	.29	1	.60
A43	13.84	24, 24	.87	<.01	.00	1, 48	1.00	.00	1	1.00
A44	29.54	24, 24	.94	<.01	.07	1, 48	.80	.10	1	.76
A2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A18	---	24, 24	1.00	<.01	.00	1, 48	1.00	---	1	e*
A65	13.50	24, 24	.86	<.01	.14	1, 48	.71	.00	1	.96
A62	49.33	24, 24	.96	<.01	.04	1, 48	.84	.01	1	.91
A27	11.00	24, 24	.84	<.01	.00	1, 48	1.00	.00	1	1.00
A39	---	24, 24	1.00	<.01	.00	1, 48	1.00	---	1	e*
A40	---	24, 24	1.00	<.01	.00	1, 48	1.00	---	1	e*
A71	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A72	---	24, 24	1.00	<.01	.00	1, 48	1.00	---	1	e*
Durchschnitt				.92						

Anmerkung. Items A2 und A71 enthalten geschlossene Antwortformate.

10.1.4 Übersicht über die statistischen Kennwerten der Einzelitems in der Pilotstudie

Itemkürzel	Pilotstichprobe _{Grundschule}				Pilotstichprobe _{Sekundarschule}				Pilotstichprobe _{Gesamt}			
	N _{pers.}	M _{Item}	SD _{Item}	r _{it}	N _{pers.}	M _{Item}	SD _{Item}	r _{it}	N _{pers.}	M _{Item}	SD _{Item}	r _{it}
A22	81	1.35	.69	.19	33	1.42	.66	.21	114	1.34	.68	.20
A6	81	1.25	.92	.46	33	1.15	.87	.30	114	1.22	.89	.41
A5	81	1.57	.79	.41	33	1.39	.83	.42	114	1.52	.80	.39
A43	81	1.00	.82	.33	33	1.06	.97	.38	114	1.02	.86	.35
A44	81	.83	1.01	.53	33	.58	.87	.35	114	.75	.97	.46
A2	81	2.89	.87	.24	33	3.33	.85	.31	114	3.01	.88	.26
A18	81	1.33	1.13	.15	33	1.33	1.08	.36	114	1.33	1.11	.20
A65	81	.90	.85	.36	33	.70	.68	.31	114	.84	.80	.32
A62	81	.38	.58	.34	33	.49	.57	-.02	114	.41	.58	.24
A27	81	.36	.48	.24	33	.58	.50	.13	114	.42	.50	.22
A39	81	.59	.70	.42	33	.79	.74	.56	114	.65	.72	.47

* Berechnung aufgrund der 100 prozentigen Übereinstimmung nicht möglich

Itemkürzel	Pilotstichprobe _{Grundschule}				Pilotstichprobe _{Sekundarschule}				Pilotstichprobe _{Gesamt}			
	N _{pers.}	M _{Item}	SD _{Item}	r _{it}	N _{pers.}	M _{Item}	SD _{Item}	r _{it}	N _{pers.}	M _{Item}	SD _{Item}	r _{it}
A40	81	.38	.54	.27	33	.64	.65	.37	114	.46	.58	.31
A71	81	.15	.36	.24	33	.36	.49	.50	114	.21	.41	.33
A72	81	.91	.62	.25	33	1.15	.44	.11	114	.98	.58	.23
Skalenwert		13.89	4.81			14.97	4.71			14.20	4.79	

10.1.5 Post-Hoc-Test-Ergebnisse der Validierungsstudie: Mittelwertunterschiede in den Kontrastgruppen

Kontrastgruppe	Kontrastgruppe	Mittlere Differenz	Standardfehler	p
1 F+P+	2 F+P-	7.72	1.59	<.01
	3 F-P+	9.44	1.59	<.01
	4 F-P-	12.05	1.49	<.01
2 F+P-	1 F+P+	-7.72	1.59	<.01
	3 F-P+	1.71	1.64	1.00
	4 F-P-	4.33	1.54	.04
3 F-P+	1 F+P+	-9.44	1.59	<.01
	2 F+P-	-1.71	1.64	1.00
	4 F-P-	2.61	1.54	.58
4 F-P-	1 F+P+	-12.05	1.49	<.01
	2 F+P-	-4.33	1.54	.04
	3 F-P+	-2.61	1.54	.58

10.2 Erfassung des konzeptuellen Verständnisses aufseiten der Schüler

10.2.1 Inhaltliche Zuordnung der Aufgaben im Schülerleistungstest

Aufgabe	Inhaltsbereich	Dimension des Verständnis	Aufgabenformat
1	Verdunstung	Konzeptwissen	True-False
2	Kondensation	Konzeptwissen	True-False
3	Kondensation	Integriertes Verständnis	True-False
4	Verdunstung	Integriertes Verständnis	True-False
5	Aggregatzustände	Konzeptwissen	Multiple-Choice
6	Aggregatzustände	Konzeptwissen	Multiple-Choice
7	Kondensation	Integriertes Verständnis	True-False
8	Verdunstung	Integriertes Verständnis	True-False
9	Verdunstung	Konzeptwissen	True-False
10	Verdunstung	Integriertes Verständnis	True-False
11	Kondensation	Integriertes Verständnis	True-False
12	Aggregatzustände	Konzeptwissen	True-False
13	Aggregatzustände	Konzeptwissen	True-False
14	Verdunstung	Integriertes Verständnis	True-False
15	Kondensation	Integriertes Verständnis	True-False
16	Aggregatzustände	Konzeptwissen	Multiple-Choice
17	Verdunstung	Integriertes Verständnis	True-False
18	Kondensation	Integriertes Verständnis	True-False
19	Verdunstung	Konzeptwissen	True-False
20	Kondensation	Integriertes Verständnis	True-False
21	Aggregatzustände	Konzeptwissen	Multiple-Choice
22	Kondensation	Integriertes Verständnis	True-False
23	Verdunstung	Integriertes Verständnis	True-False
24	Verdunstung	Konzeptwissen	True-False
25	Kondensation	Konzeptwissen	True-False
26	Kondensation	Konzeptwissen	True-False

Anmerkungen. Inhaltsbereich: Aggregatzustände = Eigenschaften der Aggregatzustände. Aufgaben 16 und 21 mussten aufgrund von Administrationsfehlern in den endgültigen Analysen ausgeschlossen werden.

10.2.2 Kennwerte der Items im Schülerleistungstest (Sekundarschule und Gesamtsample)

Schwierigkeit und Trennschärfe der Items im Vor- und Nachtest (Sekundarschule)

Item	p Vortest	p Nachtest	r _{it} Vortest	r _{it} Nachtest	Item	p Vortest	p Nachtest	r _{it} Vortest	r _{it} Nachtest
1	.77	.74	.07	.31	13	.39	.44	.29	.35
2	.58	.71	.14	.18	14	.36	.41	.48	.53
3	.40	.54	.30	.41	15	.22	.29	.36	.50
4	.23	.35	.32	.47	17	.25	.36	.48	.56
5	.79	.91	.21	.24	18	.20	.24	.36	.40
6	.64	.75	.36	.37	19	.20	.31	-.00	.12
7	.32	.54	.40	.46	20	.20	.26	.40	.47
8	.22	.34	.36	.51	22	.15	.26	.33	.43
9	.47	.65	.32	.40	23	.23	.27	.41	.45
10	.33	.39	.45	.49	24	.42	.56	.33	.41
11	.34	.37	.45	.54	25	.28	.45	.24	.24
12	.65	.72	.26	.27	26	.25	.35	.25	.32

Anmerkungen. Die Angaben beruhen auf N = 1197 für den Vortest und N = 1167 für den Nachtest.

Schwierigkeit und Trennschärfe der Items im Vor- und Nachtest (Gesamtsample)

Item	p Vortest	p Nachtest	r _{it} Vortest	r _{it} Nachtest	Item	p Vortest	p Nachtest	r _{it} Vortest	r _{it} Nachtest
1	.81	.81	.10	.27	13	.31	.39	.24	.29
2	.57	.71	.14	.18	14	.31	.43	.42	.51
3	.42	.60	.28	.36	15	.18	.30	.33	.49
4	.18	.34	.29	.43	17	.21	.37	.44	.53
5	.79	.89	.19	.18	18	.20	.26	.32	.36
6	.61	.72	.30	.30	19	.23	.41	.00	.14
7	.32	.62	.32	.41	20	.16	.25	.38	.43
8	.18	.33	.33	.46	22	.13	.26	.30	.42
9	.45	.70	.29	.34	23	.20	.30	.37	.46
10	.33	.42	.36	.46	24	.43	.61	.27	.34
11	.29	.36	.42	.49	25	.25	.51	.21	.24
12	.59	.67	.19	.21	26	.26	.39	.21	.31

Anmerkungen. Die Angaben beruhen auf N = 2440 für den Vortest und N = 2417 für den Nachtest.

Interne Konsistenzen (Cronbachs Alpha) des Summenwertes CU im Schülerleistungstest nach Testzeitpunkt und Schulform

	N _{Items}	M Vortest	SD Vortest	Cronbachs Alpha Vortest	M Nachtest	SD Nachtest	Cronbachs Alpha Nachtest
Grund- schule	24	7.96	3.47	.667	12.04	4.58	.789
Sekundar- schule	24	8.89	4.34	.778	11.22	5.19	.844
Gesamt	24	8.42	3.95	.736	11.64	4.90	.819

Anmerkungen. Die Angaben beruhen für die Grundschule auf N = 1243 für den Vortest und N = 1250 für den Nachtest, für die Sekundarschule auf N = 1197 für den Vortest und N = 1167 für den Nachtest.

10.3 Instrumente zur Erfassung der Kontrollvariablen

10.3.1 Skalen zur Erfassung der Klassenführung durch die Schülerwahrnehmung

Nachfolgend sind die Skalenmittelwerte, Standardabweichungen, mittlere Item-Skalenwert-Korrelationen sowie interne Konsistenzen (Cronbachs Alpha) der Skala zur Erfassung der Klassenführung durch die Schülerwahrnehmung aufgeführt. Außerdem ist zu jeder der drei Subskalen (Disziplin, Regelklarheit und Störungsprävention) ein Beispielitem angegeben. Mit (-) gekennzeichnete Items wurden umkodiert. Die Items basieren auf einer fünf-stufigen Likertskala mit den Marken "stimmt gar nicht", "stimmt ein wenig", "stimmt fast" und "stimmt genau". Den Marken wurden die Werte 1-4 zugeordnet. Für weitere Details, z. B. zur Herkunft der Items, siehe Fricke, Kauertz und Fischer (2010).

Disziplin:

- (-) Im Sachunterricht wird andauernd Blödsinn gemacht.

Regelklarheit:

Im Sachunterricht gibt es bestimmte Regeln, an die wir uns halten müssen.

Störungsprävention:

Unsere Lehrerin greift gleich ein, wenn ein Schüler anfängt zu stören.

M = 3.06

SD = .24

M (r it) = .534

$\alpha = .79$

10.3.2 Skalen zur Erfassung des physikbezogenen Sachinteresses von Lehrkräften

Nachfolgend sind die Items der Skalen zum physikbezogenen Selbstkonzept und Sachinteresse von Lehrkräften wiedergegeben. Außerdem sind Skalenmittelwerte, Standardabweichungen, mittlere Item-Skalenwert-Korrelationen sowie interne Konsistenzen (Cronbachs Alpha) aufgeführt. Mit (-) gekennzeichnete Items wurden umkodiert. Die Items basieren auf einer fünf-stufigen Likertskala mit den Marken "stimmt gar nicht", "stimmt kaum", "stimmt teils-teils", "stimmt ziemlich" und "stimmt völlig". Den Marken wurden die Werte 0-4 zugeordnet.

Physikbezogenes Sachinteresse

Mich mit physikalischen Inhalten zu beschäftigen, macht mir großen Spaß.

Für die Beschäftigung mit physikalischen Dingen bin ich auch bereit, meine Freizeit zu verwenden.

- (-) Physikalische Inhalte sind schrecklich langweilig.
- (-) Mich mit Physik zu beschäftigen ist das Schrecklichste, was es gibt.

M = 3.02 SD = .88 M (r it) = .57 α = .77