

Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen
von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen
mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern
im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis

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

vorgelegt von:

Thilo Kleickmann

geboren am 25.03.1974 in Gießen

2008

1. Gutachterin:

Prof. Dr. Kornelia Möller

2. Gutachter:

Prof. Dr. Manfred Holodynski

Tag der mündlichen Prüfung:

08. Februar 2008

Dank

Die vorliegende Arbeit ist mit der Unterstützung einer Reihe von Personen entstanden, denen ich an dieser Stelle ganz herzlich danken möchte.

Angela Jonen, Eva Blumberg, Berenike Gais, Kim Lange, Julia Vehmeyer, Claudia Tenberge und Christina Beinbrech danke ich für zahlreiche konstruktive Anregungen im Zusammenhang der Fragebogenentwicklung sowie der Diskussion von theoretischen Grundlagen und Ergebnissen der Arbeit.

Den an der BiQua-Studie (s. Kapitel 4.1) teilnehmenden Lehrkräften danke ich für die gute Zusammenarbeit und für die Bereitschaft zur Durchführung der recht umfangreichen Erhebungen.

Judith Pollmeier möchte ich für die Unterstützung bei der Aufbereitung der Daten und der WinMice-Syntaxen danken. Barbara Dierschke und Judith Pollmeier danke ich für die Zweit- bzw. Dritt-Kodierung der Aufgaben mit offenem Antwortformat im Schüler-Leistungstest, Kim Lange für die Zweit-Kodierung der Lehrer-Interviews und für die Unterstützung bei der Entwicklung des Kodiersystems, Maike Schmidt für die Hilfe bei der Literaturverwaltung in EndNote.

Nicht zuletzt gilt mein Dank Kornelia Möller für die umfassende Förderung und Unterstützung während der ganzen Zeit meiner Arbeit im Seminar für Didaktik des Sachunterrichts.

Meinen Eltern und Brüdern danke ich für die persönliche Unterstützung und den Rückhalt während der Promotionsphase.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
2	Stand der Forschung und offene Forschungsfragen	10
2.1	Paradigmen der Lehr-Lern-Forschung	10
2.1.1	Das Paradigma der Lehrerpersönlichkeit	11
2.1.2	Das Prozess-Produkt-Paradigma	12
2.1.3	Forschung zu Lehrerkognitionen: Das Experten-Paradigma	13
2.1.4	Das konstruktivistische Paradigma	15
2.1.5	Zur Einordnung der Arbeit: Ein Modell zum Bedingungsgefüge von Lehren und Lernen aus der aktuellen Lehr-Lern-Forschung	15
2.2	Ansätze und Befunde zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen	18
2.2.1	Konzeptuelles Verständnis als Zielkriterium naturwissenschaftlichen Unterrichts	18
2.2.2	Zentrale Grundsätze verständnisvollen Lernens	23
2.2.3	Naturwissenschaftliches Lernen als Aufbau und Veränderung von Wissenssystemen: Forschung zu Schülervorstellungen und zu Conceptual Change	24
2.2.3.1	Forschung zu Schülervorstellungen	25
2.2.3.2	Naturwissenschaftliches Lernen als Conceptual Change	28
2.2.4	Ansätze und Befunde zum naturwissenschaftlichen Lehren	30
2.2.4.1	Ansätze zum Genetischen Lehren	30
2.2.4.2	Ansätze zur Gestaltung konstruktivistisch orientierter, Conceptual-Change-fördernder Lerngelegenheiten	31
2.2.4.3	Empirische Befunde zum Einfluss konstruktivistisch und Conceptual-Change-orientierter Lernumgebungen auf das konzeptuelle Verständnis bei Schülern	34
2.2.5	Zusammenfassung des Forschungsstandes zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen	36
2.3	Ansätze und Befunde zu Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen	37
2.3.1	Theoretische Rahmung: Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen als Bestandteil professionellen Wissens von Lehrkräften	38
2.3.1.1	Professionelles Wissen von Lehrkräften	38
2.3.1.2	Der fachliche Kontext in der Erforschung professionellen Wissens von Lehrkräften: Fachspezifisch-pädagogisches Wissen	40
2.3.1.3	Professionelles Wissen, subjektive Überzeugungen (beliefs) und Vorstellungen von Lehrkräften – zum Wissensbegriff in der Forschung zu Lehrerkognitionen	45
2.3.2	Ansätze und Befunde zu Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen	48
2.3.2.1	Fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen: Konkretisierung des Konstrukts	49
2.3.2.2	Annahmen und Befunde zur Entstehung und Organisation von Vorstellungen zum Lehren und Lernen	56
2.3.2.3	Befunde zur inhaltlichen Ausprägung von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften	61
2.3.2.4	Untersuchungen zur Dimensionalität von Vorstellungen über das Lehren und Lernen	76
2.3.3	Ansätze und Befunde zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit der Unterrichtsgestaltung und dem Lernerfolg von Schülern	77
2.3.3.1	Anforderungen des unterrichtlichen Handelns	78

2.3.3.2	Kategoriale Wahrnehmung von Unterrichtssituationen und andere mittelbare Effekte von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen auf das unterrichtliche Handeln.....	84
2.3.3.3	Annahmen und Befunde zur handlungsregulativen Funktion von Vorstellungen (Beliefs) aus der sozialpsychologischen Forschungstradition.....	85
2.3.3.4	Annahmen und Befunde zu Inkonsistenzen zwischen Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen und der unterrichtlichen Praxis.....	87
2.3.3.5	Befunde zu Zusammenhängen von fachspezifischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit dem unterrichtlichen Handeln von Lehrkräften.....	90
2.3.3.6	Befunde zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernergebnissen seitens der Schüler.....	94
2.3.4	Zusammenfassung der Ansätze und Befunde zu Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen sowie offene Forschungsfragen.....	98
3	Zielsetzung, Fragestellungen und Hypothesen.....	101
4	Methoden.....	106
4.1	Anbindung an ein DFG-Projekt aus 'BiQua' und Anlage der vorliegenden Studie.....	107
4.2	Anlage der vorliegenden Untersuchung.....	109
4.3	Stichproben.....	110
4.4	Erfassung der Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen.....	113
4.4.1	Verfahren zur Erfassung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen.....	113
4.4.2	Zu erfassende Konstrukte.....	116
4.4.3	Itemgewinnung und Vortestung.....	119
4.4.4	Analyse der Items und Skalen zur Erfassung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften.....	121
4.4.4.1	Stichproben.....	121
4.4.4.2	Faktorenanalysen zur Untersuchung der Dimensionalität der Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen.....	122
4.4.4.3	Interne Validität: Legitimation der Interpretation quantitativer Messwerte.....	123
4.4.4.4	Zentrale Kennwerte der Items und Skalen.....	124
4.4.4.5	Konstruktvalidität.....	124
4.5	Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken' bei den Schülern.....	127
4.5.1	Niveaus des Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken'.....	127
4.5.2	Test zur Erfassung des Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken'.....	128
4.5.2.1	Multiple-Choice- und True-False-Items.....	128
4.5.2.2	Items mit offenem Antwortformat.....	130
4.5.3	Bildung von Summenwerten.....	130
4.5.4	Testadministration.....	132
4.6	Umgang mit fehlenden Werten.....	132
4.6.1	Verschiedene Ursachen und Formen fehlender Werte.....	132
4.6.2	Traditionelle Verfahren im Umgang mit fehlenden Werten und ihre Problematiken.....	133
4.6.3	Neuere Verfahren im Umgang mit fehlenden Werten.....	135
4.7	Auswertungsverfahren und Variablenkontrolle.....	137
4.7.1	Mehrebenenanalytisches Auswertungsverfahren.....	137
4.7.2	Kontrollvariablen.....	141

5	Ergebnisse	142
5.1	Ergebnisse der Testanalysen	142
5.1.1	Analysen der Items und Skalen zur Erfassung von Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften	143
5.1.1.1	Dimensionalität der erfassten Lehrervorstellungen	143
5.1.1.2	Interne Validität: Legitimation der Interpretation quantitativer Messwerte	146
5.1.1.3	Zentrale Kennwerte der Items und Skalen	147
5.1.1.4	Konstruktvalidität	148
5.1.2	Ergebnisse der Analysen des Schülerleistungstests	152
5.1.3	Zusammenfassung der Ergebnisse der Testanalysen	155
5.2	Ergebnisse der Analysen zum Zusammenhang von Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten der Schüler	156
5.2.1	Varianz in den Lernzuwächsen zwischen Klassen	157
5.2.2	Zusammenhänge von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit Lernfortschritten der Schüler	158
5.2.2.1	Zusammenhänge von Lehrervorstellungen mit Fortschritten im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' bei Schülern	159
5.2.2.2	Zusammenhänge von Lehrervorstellungen mit dem Abbau von Fehlvorstellungen und dem Erwerb (vor-)physikalischer Konzepte von 'Schwimmen und Sinken' bei Schülern	162
5.2.2.3	Differenzielle Effekte von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen auf Fortschritte der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' in Abhängigkeit von individuellen (Lern-)Voraussetzungen der Schüler	165
5.2.3	Zusammenfassung der Ergebnisse zu Zusammenhängen der erfassten Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit Fortschritten der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken'	168
6	Diskussion und Ausblick	171
6.1	Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse	172
6.2	Beschränkungen der Studie	175
6.3	Fachspezifität von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen	180
6.4	Vermittelnde Unterrichtsprozesse	181
6.5	Konsequenzen für die Lehrerbildung	182
6.6	Ausblick	185
7	Literaturverzeichnis	186
8	Abbildungsverzeichnis	205
9	Tabellenverzeichnis	206
10	Anhang	208
10.1	Interviewleitfaden	208
10.2	Kodierschema für die Interviewanalyse	209
10.3	Skalen zur Erfassung von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften	211
10.4	Skalen zur Erfassung des physikbezogenen Selbstkonzepts und Sachinteresses von Lehrkräften	213

1 Einleitung

Es besteht ein weitgehender Konsens, dass Schüler¹ bereits in der Grundschule ein auf ausgewählte naturwissenschaftliche Konzepte bezogenes Verständnis erreichen sollen. Dies spiegelt sich in naturwissenschaftsbezogenen Bildungskonzeptionen wie bspw. dem Konzept der „Scientific Literacy“ (Bybee, 1997) wie auch in international vorliegenden Curricula wider (van den Akker, 1998). Welche Bedingungen zum Erwerb eines konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnisses bei Schülern beitragen, stellt eine zentrale Frage der naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung dar (vgl. z.B. Harlen, 1998; Linn & Eylon, 2006). Besondere bildungspolitische Relevanz hat diese Frage durch Hinweise auf mangelndes naturwissenschaftliches Verständnis deutscher Schüler im internationalen Vergleich erhalten (vgl. Rost, Walter, Carstensen, Senkbeil & Prenzel, 2004), auch wenn die Ergebnisse in der Grundschule nicht so schlecht wie in der Sekundarstufe auszufallen scheinen (vgl. Prenzel, Geiser, Langeheine & Lobemeier, 2003).

Zentrales Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung der Relevanz von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften für Fortschritte von Schülern im naturwissenschaftlichen Verständnis. Es erscheint zunächst direkt plausibel, dass Vorstellungen von Lehrkräften darüber, wie naturwissenschaftlicher Unterricht gestaltet werden sollte und wie Kinder naturwissenschaftliches Wissen erwerben, auch relevant sind für die Art und Weise der Gestaltung von Unterricht durch die Lehrkräfte und darüber vermittelt auch für das, was Schüler in diesem Unterricht lernen. Über diese 'intuitive' Plausibilität hinaus gibt es jedoch weitere Gründe, die eine Untersuchung der Bedeutung von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften für den Erwerb naturwissenschaftlichen Verständnisses seitens der Schüler nahe legen.

In der Lehr-Lern-Forschung finden auf das Lehren und Lernen in einem bestimmten Unterrichtsfach bezogene Vorstellungen von Lehrkräften seit etwa Mitte der 1980er Jahre intensivere Berücksichtigung. Dies kann im Zusammenhang mit zumindest zwei Entwicklungen in der Lehr-Lern-Forschung gesehen werden. Zum einen führte im Zuge der 'kognitiven Wende' eine zunehmende Unzufriedenheit mit Ansätzen und Ergebnissen der (damaligen) behavioristisch geprägten Prozess-Produkt-Forschung zu einer stärkeren Untersuchung des Wissens von Lehrkräften, das deren professionellem Handeln zugrunde liegt. Vorstellungen zum Lehren und Lernen wurden bzw. werden hier als eine bedeutsame Komponente dieses Wissens von Lehrkräften angesehen (vgl. Prawat, 1992; Woolfolk Hoy, Davis & Pape, 2006).

Eine zweite Entwicklung steht im Zusammenhang mit einer Kritik, die Shulman Mitte der 1980er Jahre an der Lehr-Lern-Forschung übte. Er kritisierte die mangelnde Berücksichtigung fachspezifischer

1 Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in der vorliegenden Arbeit auf eine zusätzliche Verwendung weiblicher Personenbezeichnungen verzichtet. Die männliche Form ist durchweg 'geschlechtsneutral' zu verstehen.

Merkmale der Unterrichtsqualität und der Professionalität von Lehrkräften in der Lehr-Lern-Forschung („the missing paradigm“; 1986a). Seitdem richtete sich u.a. ein intensives Forschungsinteresse auf Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen in einzelnen Unterrichtsfächern.

Dass die Berücksichtigung der beiden skizzierten Entwicklungen eine fruchtbare Perspektive für die Lehr-Lern-Forschung eröffnet, scheinen die Befunde aktueller Studien zu bestätigen (Kunter et al., 2006; Hill, Rowan & Ball, 2005). Beide Studien untersuchten fachspezifische Komponenten des professionellen Wissens von Lehrkräften und fanden eine hohe Relevanz dieser Wissensbereiche für das, was Schüler im Unterricht dieser Lehrkräfte lernen.

Mittlerweile ist einiges darüber bekannt, welche 'typischen' Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften vertreten werden. In recht zahlreichen, meist qualitativ orientierten und fallbezogenen Studien wurden diese Vorstellungen rekonstruiert. Auch zur Frage, inwieweit fachspezifische Vorstellungen der Lehrkräfte mit deren Unterrichtsgestaltung zusammenhängen, gibt es bereits recht umfangreiche Forschungen. Inwiefern fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften auch für den Lernerfolg seitens der Schüler und insbesondere für deren Fortschritte im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis relevant sind, ist bisher jedoch nur in Ansätzen untersucht. Untersuchungen aus dem naturwissenschaftlichen Lernbereich der Grundschule fehlen bislang völlig. Vorliegende Studien aus dem Bereich Mathematik geben aber auch hier Hinweise darauf, dass fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen für die Zielerreichung seitens der Schüler einen bedeutsamen Bereich der Expertise von Lehrkräften darstellen (vgl. Peterson, Fennema, Carpenter & Loef, 1989; Staub & Stern, 2002).

Eine für den Erwerb konzeptuellen Verständnisses seitens der Schüler besonders relevante Komponente des professionellen Wissens von Lehrkräften könnten solche Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften sein, die in weitgehender Übereinstimmung mit aktuellen Ansätzen in der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen stehen. Dies sind insbesondere Conceptual-Change-orientierte Ansätze, in denen Vorstellungen von Schülern über Naturphänomene und naturwissenschaftliche Begriffe sowie Bedingungen der Veränderung bzw. Erweiterung dieser Schülervorstellungen eine wichtige Rolle spielen. Bereits vor 20 Jahren wies Shulman darauf hin, dass ein Wissen über diese Ansätze einen zentralen Bereich der Expertise von Lehrkräften darstellen könnte.

„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 evergrowing 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)

Eine zentrale Frage dieser Arbeit ist also die nach der Relevanz solcher fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen, die in weitgehender Übereinstimmung mit aktuellen Ansätzen der naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung stehen, für den Erwerb eines konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnisses bei Schülern. Da ein Instrument, das entsprechende Vorstellungen bei Grundschullehrkräften erfasst, noch nicht vorliegt, stellt es ein weiteres Ziel der vorliegenden Arbeit dar, ein solches Instrument zu entwickeln.

Die Untersuchung ist in eine Studie eingebettet, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Schwerpunktprogramms BiQua („Die Bildungsqualität von Schule: Fachliches und fächerübergreifendes Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in Abhängigkeit von schulischen und außerschulischen Kontexten“) (vgl. Doll & Prenzel, 2004) gefördert wurde. In dieser Studie wurde u.a. der Einfluss von Lehrerfortbildungen zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht auf die Veränderung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Bereich bei Grundschullehrkräften untersucht.

Im Folgenden werden zunächst verschiedene Paradigmen der Lehr-Lern-Forschung skizziert und der Ansatz der vorliegenden Arbeit vor diesem Hintergrund etwas näher beschrieben. Anschließend werden Ansätze und Befunde der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen beschrieben, die wie angedeutet den Hintergrund für die Einschätzung der Vorstellungen von Grundschullehrkräften hinsichtlich ihres Potenzials zur Förderung konzeptuellen Verständnisses bei Schülern liefern.

Im folgenden Kapitel 2.3 werden theoretische Ansätze und Befunde zu Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen referiert. Dabei werden diese Vorstellungen zunächst in theoretische Ansätze zum professionellen und speziell zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften eingeordnet. In diesem Zusammenhang wird auch die Diskussion um das Verhältnis der Begriffe 'Wissen' und (subjektive) 'Überzeugungen' knapp skizziert und der Begriff der 'Vorstellungen' in diese Diskussion eingeordnet. Anschließend wird das in dieser Arbeit zugrunde gelegte Verständnis fachspezifischer Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen weiter konkretisiert und es werden Annahmen und Befunde zur Entstehung und 'mental' Organisation dieser Vorstellungen skizziert. Ausführlicher wird dann eine Übersicht über vorliegende Studien zur inhaltlichen Ausprägung der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften gegeben. Da davon auszugehen ist, dass Zusammenhänge von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten von Schülern über die Art und Weise der Unterrichtsgestaltung durch die Lehrkräfte vermittelt werden, werden in Kapitel 2.3.3 zunächst theoretische Ansätze und Befunde zu der Frage berichtet, wie Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen mit deren unterrichtlichem Handeln zusammenhängen. Anschließend werden Studien und deren Befunde referiert, die sich direkt mit der Frage nach Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit dem Lernerfolg von Schülern befassen. Vor diesem Hintergrund wird der Bedarf für weitere Forschung beschrieben.

Daran anknüpfend werden in Kapitel 3 Zielsetzungen und Fragestellungen dieser Arbeit konkretisiert und erwartete Ergebnisse beschrieben. In Kapitel 4 werden methodische Grundlagen dargestellt. Zunächst wird die Anbindung der vorliegenden Untersuchung an ein DFG-Projekt zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen erläutert. Konsequenz aus dieser Anbindung ist der Umstand, dass es sich bei den in dieser Arbeit untersuchten Lehrkräften um spezifisch fachdidaktisch fortgebildete Lehrkräfte handelt. Neben der Beschreibung der Anlage und der Stichproben, die der Untersuchung zugrunde liegen, wird in diesem Kapitel des Weiteren insbesondere auf die Erfassung der Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen eingegangen. Die Erfassung des konzeptuellen naturwissenschaftli-

chen Verständnisses, der Umgang mit fehlenden Werten in den Daten, das mehrebenenanalytische Auswertungsverfahren und die Berücksichtigung von Kontrollvariablen sind weitere methodische Grundlagen, die hier dargestellt werden.

In Kapitel 5 werden zunächst Ergebnisse der Analysen der Instrumente zur Erfassung der Lehrervorstellungen sowie des naturwissenschaftlichen Verständnisses der Schüler beschrieben. Es folgt eine Darstellung der zentralen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zu Zusammenhängen der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis.

In Kapitel 6 werden die Ergebnisse dieser Arbeit schließlich zusammenfassend bewertet und es werden Beschränkungen der Untersuchung diskutiert. Anschließend wird gesondert auf die Frage der Fachspezifität der erfassten Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen und auf die Frage von zwischen Lehrervorstellungen und Lernfortschritten der Schüler vermittelnden Unterrichtsprozessen eingegangen. In Kapitel 6.5 werden Konsequenzen angedeutet, die sich aus den Ergebnissen der Arbeit für die Lehreraus- und -fortbildung ergeben können. Abschließend werden einige offene Forschungsfragen und möglicherweise lohnenswerte Untersuchungsansätze zu fachspezifischen Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen skizziert.

2 Stand der Forschung und offene Forschungsfragen

2.1 Paradigmen der Lehr-Lern-Forschung

Ziel dieses Kapitels ist, den Untersuchungsansatz, der der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt, in Ansätze der Lehr-Lern-Forschung einzuordnen. Dazu werden unterschiedliche 'Paradigmen' der Lehr-Lern-Forschung, die sich akzentuierend voneinander abgrenzen lassen, skizziert und schließlich ein Modell aus der aktuellen Lehr-Lern-Forschung aufgegriffen, um den Ansatz der vorliegenden Untersuchung einordnen zu können.

Das zentrale Arbeitsfeld der Lehr-Lern-Forschung, die im anglo-amerikanischen Raum i.d.R. als research on teacher effectiveness (vgl. Muijs, 2006) und im deutschsprachigen Raum als Unterrichtsqualitätsforschung (vgl. Einsiedler, 2000; Ditton, 2002; Klieme & Reusser, 2003) bezeichnet wird, ist die Suche nach Bedingungen für erfolgreiches schulisches Lernen. Ziel ist die Entwicklung von Theorien, die erfolgreiches Lernen der Schüler erklären und vorhersagen können. Der 'Erfolg' oder die 'Wirkungen' des Lernens der Schüler werden, wie bereits einleitend angedeutet, an leistungsbezogenen, motivationalen, emotionalen oder persönlichkeitsbezogenen Kriterien oder auch multikriterial an mehreren dieser Kriterien gemessen. Es dominieren jedoch Studien, die leistungsbezogene Kriterien bei der Ermittlung der Effektivität der untersuchten Bedingungen des Lernens der Schüler zugrunde legen (vgl. Shuell, 1996; Gruehn, 2000).

Eine historische Rückschau auf die Lehr-Lern-Forschung der vergangenen gut 50 Jahre zeigt, dass die Aufmerksamkeit der Forschung im zeitlichen Verlauf auf unterschiedliche 'Gruppen' von Lernbedingungen oder, technischer gesprochen, auf unterschiedliche 'Gruppen' von unabhängigen Variablen, die den Lernerfolg der Schüler vorhersagen, gerichtet war. In bestimmten Phasen standen Eigenschaften der Lehrkräfte, wie z.B. deren allgemeine Persönlichkeitsmerkmale oder deren professionelles Wissen, im Vordergrund, in anderen Phasen eher konkrete Verhaltensweisen der Lehrkräfte im Unterricht. Da sich diese Phasen nicht nur in den untersuchten Lernbedingungen, sondern auch in methodischen Herangehensweisen und Grundannahmen über das Zustandekommen unterrichtlicher Wirkungen unterscheiden, wird von verschiedenen Paradigmen der Lehr-Lern-Forschung gesprochen (vgl. Doyle, 1977; Shulman, 1986b; Bromme, 1992, 1997; Gruehn, 2000; Bromme & Haag, 2004). Je nach Einteilung werden drei bis sechs grundlegende Paradigmen unterschieden, wobei die verschiedenen Gliederungen weitgehend ineinander überführbar sind. Im Folgenden wird in erster Linie eine Gliederung von Bromme (vgl. 1997) aufgegriffen. Hinweise auf Probleme der Beschreibung und Abgrenzung von Paradigmen der Lehr-Lern-Forschung finden sich bei Gruehn (vgl. 2000) sowie Baumert, Blum & Neubrand (vgl. 2002). Einsiedler hebt hervor, dass nicht von einer einlinigen und kontinuierlichen Entwicklung gesprochen werden kann, sondern dass vielmehr eine ganze Reihe von Entwicklungslinien zur aktuellen Forschung über Unterrichtsqualität geführt haben (vgl. 2000).

2.1.1 Das Paradigma der Lehrerpersönlichkeit

In den 1950er und 1960er Jahren richtete sich die Aufmerksamkeit der Lehr-Lern-Forschung in erster Linie auf die Suche nach Persönlichkeitseigenschaften von Lehrkräften, die positive erzieherische Wirkungen auf Schüler haben (vgl. Bromme 1997). Besondere Beachtung erfuhren Tugenden o.ä. globale Persönlichkeitsmerkmale von Lehrkräften. Ihnen wurde eine Modellfunktion für die Schüler zugesprochen. Leistungsbezogene Zielkriterien wurden in dieser Phase nur sehr selten der Untersuchung zugrunde gelegt. Als Erfolgskriterium wurden statt dessen zumeist globale und oft nicht auf systematischer Unterrichtsbeobachtung beruhende Einschätzungen der Verhaltensweisen der Schüler verwendet. Borich und Klinzing bezeichnen diese frühe Phase der Lehr-Lern-Forschung daher als anekdotisches Prozess-Paradigma (vgl. 1987).

In den 1960er Jahren verschob sich das Forschungsinteresse von der Wirkung globaler Persönlichkeitsmerkmale von Lehrkräften hin zur (teilweise) systematischeren Untersuchung von Lehrstilen (vgl. Gruehn 2000). In Deutschland untersuchten Tausch und Tausch (vgl. 1970) Wirkungen von emotionaler Geringschätzung vs. Wertschätzung oder von autokratischem vs. sozialintegrativem Verhalten. Flanders Forschungen zum lehrerzentrierten vs. schülerzentrierten Lehrstil (lehrerzentriert hieß starke Kontrolle, viel Tadel, geringschätzende Äußerungen) (vgl. 1970) stellten bereits einen Schritt in Richtung der Untersuchung unterrichtlicher Prozessmerkmale, die im Mittelpunkt des folgenden Paradigmas standen, dar (vgl. Bromme, 1997).

Schwächen dieses Paradigmas bestanden vor allem in den globalen, kaum operationalisierten bzw. operationalisierbaren und oft ideologisch geprägten Persönlichkeitseigenschaften, die bei den Lehrkräften untersucht wurden, und auch in der Vernachlässigung einer methodisch angemessenen und geziel-

ten Erfassung von Erfolgskriterien. Die Frage der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Unterrichtssituationen, Fachinhalte oder Klassenstufen wurde ebenfalls vernachlässigt (vgl. Bromme, 1997). Abgesehen von dieser Kritik sind einige der in diesem Paradigma untersuchten Konstrukte in aktuelleren und methodisch anspruchsvolleren Studien aufgegriffen worden, wie bspw. in Studien zur individuellen vs. sozialen Bezugsnormorientierung bei Lehrkräften (vgl. Lüdke & Köller, 2002).

Shulman (vgl. 1986b) und Doyle (vgl. 1977) beginnen in ihren Übersichten mit der Darstellung des historisch jüngeren Prozess-Produkt-Paradigmas und verzichten auf die Darstellung eines Paradigmas der Lehrerpersönlichkeit. Sie sehen erst in den Prozess-Produkt-Untersuchungen den eigentlichen Beginn der Erforschung von Bedingungen erfolgreichen schulischen Lernens.

2.1.2 Das Prozess-Produkt-Paradigma

Im Rahmen des Prozess-Produkt-Paradigmas, dessen Beginn etwa in den 1970er Jahren liegt und welches bis heute aktuell ist, wurden insbesondere in den USA eine Vielzahl von Studien durchgeführt, die z.T. auch für aktuelle Forschung weitreichende Implikationen hatten. Dieses Paradigma erhielt seinen Namen dadurch, dass einzelne Verhaltensweisen von Lehrkräften im Unterricht, wie die Anzahl von Fragen auf höherem und auf niedrigerem kognitivem Niveau, die Klarheit der Lehrersprache oder die Wartezeit nach Lehrerfragen, als (Unterrichts-) *Prozessmerkmale* aufgefasst und mit *Produktmaßen* seitens der Schüler, wie deren Lernleistungen, die oft auch schon als Lernzuwächse erfasst wurden, in Beziehung gesetzt wurden (vgl. Gruehn, 2000).

Das 'klassische' Prozess-Produkt-Paradigma. Kennzeichnend für das Prozess-Produkt-Paradigma ist die behavioristisch orientierte Annahme einer direkten Einflussnahme der Lehrkraft auf die Lernprozesse der Schüler. In typischen Prozess-Produkt-Studien wurden Lehrerfertigkeiten mittels über mehrere Stunden gemittelten Beobachtungsdaten erfasst und, da Verfahren der Mehrebenenanalyse noch nicht verfügbar waren, meist mit Klassenmittelwerten der (fachlichen) Leistungszuwächse korreliert. Auch wurden in experimentellen Studien Lehrerverhaltensweisen variiert und die Wirkungen überprüft (vgl. Brophy & Good, 1986). Es ging dabei um Verhaltensweisen, die i.d.R. niedrig-inferent zu erfassen waren und von denen man annahm, dass sie relativ unabhängig vom jeweiligen Unterrichtsinhalt ausgeübt werden können und wirksam sind (vgl. Bromme, 1997).

Die einseitige Fokussierung auf (niedrig-inferent) beobachtbare Lehrerfertigkeiten und die oft mehr oder weniger theorielose Suche nach Zusammenhängen zwischen Lehrerverhalten und schulischen Leistungen wurden zu wichtigen Kritikpunkten an dem Prozess-Produkt-Modell (vgl. Gruehn, 2000). Außerdem wurde bald deutlich, dass Wirkungen von Lehrerverhaltensweisen auf Schülerleistungen erst durch vermittelnde Prozesse wie Wahrnehmungen, Aktivitäten und Interaktionen der Schüler zustande kommen (s.u.) und zudem vom Fach und von der *Sequenz* der Handlungen, und nicht nur von aggregierten *Verhaltenshäufigkeiten* abhängig sind (vgl. Bromme, 1997). Dennoch war dieses Forschungsprogramm sehr fruchtbar (vgl. Shulman, 1986b). Studien in diesem Paradigma erbrachten u.a. robuste Befunde zur Bedeutung der Klassen- bzw. Unterrichtsführung (Classroom-Management) (vgl. Brophy & Good, 1986).

Mediation der Prozess-Produkt-Beziehung. Eine wichtige Erweiterung erfuhr das Paradigma durch die Berücksichtigung von Vermittlungsprozessen, die zwischen den untersuchten Prozess- und Produktvariablen stehen (vgl. Shuell, 1996). Shulman (vgl. 1986b) und Wittrock (vgl. 1986) unterscheiden drei zentrale Ansätze, die solche Mediationsprozesse in den Blick nehmen: Ein erster basiert auf der Annahme, dass eine Beziehung zwischen Lehrerverhalten und Schülerleistungen nur gefunden werden kann, wenn berücksichtigt wird, in welchem Umfang die einzelnen Schüler die Lerngelegenheiten auch aktiv wahrnehmen. Dies wurde versucht, mit der Variable 'academic learning time' zu erfassen (vgl. Shulman, 1986b). Besonders einflussreich war in diesem Zusammenhang Carrolls Modell schulischen Lernens. Schulische Leistungen werden hier als Funktion des Verhältnisses von tatsächlich aufgewandter zu (vom einzelnen Schüler) benötigter Lernzeit betrachtet (vgl. 1963). Ein weiterer Ansatz ('cognitive mediation') ging über die Berücksichtigung der bloßen Lernzeit hinaus und fokussierte, stark durch die sich entwickelnde kognitive Psychologie und deren Informationsverarbeitungsansatz beeinflusst, die (kognitiven) Verarbeitungsprozesse der Schüler. Im Mittelpunkt stand die Frage, wie Schüler die ihnen zur Verfügung gestellten Lerngelegenheiten nutzen. Eine 'Variante' dieses Ansatzes stellten Forschungen zu sog. aptitude-treatment-interactions, also zu Interaktionen von Unterrichtsmethoden mit Schülermerkmalen dar (vgl. Corno & Snow, 1986). Ein dritter Ansatz ('social mediation') konzentrierte sich auf soziale Vermittlungsprozesse, indem Interaktionen der Lehrkraft mit Schülern und der Schüler untereinander untersucht wurden (vgl. Shulman, 1986b; Wittrock, 1986).

Auf das sog. schulklassenökologische Paradigma und auf Ansätze der Klimaforschung (vgl. Gruehn, 2000) wird hier nicht weiter eingegangen, da sie für die vorliegende Arbeit nicht relevant erscheinen.

2.1.3 Forschung zu Lehrerkognitionen: Das Experten-Paradigma

Die zunehmende Unzufriedenheit mit der verengten Sichtweise der 'klassischen' behavioristisch orientierten Prozess-Produkt-Untersuchungen, die Lehrerkompetenzen lediglich als unterrichtliche Handlungsfertigkeiten definierten, sowie die z.T. widersprüchlichen oder trivialen Ergebnisse, die diese Untersuchungen hervorbrachten, führten nicht nur zu einer Erweiterung des Prozess-Produkt-Modells, sondern auch zu einem (wieder) aufkommenden Forschungsinteresse an der Person des Lehrers, jetzt allerdings nicht auf vage allgemeine Persönlichkeitsmerkmale der Lehrkräfte gerichtet, sondern auf deren Denkprozesse und Wissen, die der Gestaltung von Lerngelegenheiten zugrunde liegen (vgl. Clark & Peterson, 1986; Bromme, 1997). Dieser Paradigmenwechsel war, wie bei der Forschung zu Schülerkognitionen, durch neuere Forschungen in der kognitiven Psychologie begünstigt, die in den 1970er Jahren eine große Bandbreite an neuen Theorien und Forschungsmethoden hervorbrachte, die für die Lehr-Lern-Forschung fruchtbar und auf diese gut übertragbar schienen (vgl. Calderhead, 1996).

Calderhead beschreibt drei Phasen, die die Entwicklung der Forschung zum professionellen Wissen und Denken von Lehrkräften zusammenfassen (vgl. 1996). In einer ersten Phase, die Calderhead auf die 1970er Jahre datiert, standen Studien zum Entscheidungsverhalten (decision-making) von Lehrkräften im Vordergrund. Das Entscheidungsverhalten wurde als Bindeglied zwischen dem Denken und Handeln von Lehrkräften angesehen. Studien konzentrierten sich vor allem auf das reflexive Entschei-

dungsverhalten bei der Unterrichtsplanung und auch auf das spontane Treffen von Entscheidungen während des Unterrichts. Die Feststellung, dass ein Großteil der kognitiven Aktivität von Lehrkräften gar nicht das Ausmaß an Abwägung und gezieltem Auswählen von Verhaltensalternativen einschließt, wie dies mit der Untersuchung des Entscheidungsverhaltens verbunden ist, führte zu einer zweiten Phase, die durch die Erweiterung des Spektrums untersuchter Lehrerkognitionen gekennzeichnet ist. Im Forschungsinteresse standen jetzt Wahrnehmungen der Lehrkräfte, Attributionen, Bewertungen von Unterrichtssituationen, Routinen u.ä. (vgl. Calderhead, 1996). Die dritte Phase ist durch einen Fokus auf das Wissen und die Überzeugungen gerichtet, die der unterrichtlichen Praxis von Lehrkräften zugrunde liegen (vgl. Calderhead, 1996, Clark & Peterson, 1986). Ein umfangreiches Forschungsfeld stellen dabei Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen dar, die im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen (vgl. Thompson, 1992; Kagan, 1992; Fischler, 2004). Shulmans Kritik, dass sich Prozess-Produkt-Studien wie auch die hier den beiden ersten Phasen zugeordneten Forschungen zu Lehrerkognitionen in erster Linie auf allgemeine, nicht auf einzelne Fächer konkretisierte Unterrichts- und Lehrermerkmale konzentrierten und fachspezifische Gegebenheiten vernachlässigten („the missing paradigm“, Shulman, 1986a, S. 7), trug maßgeblich dazu bei, dass die Aufmerksamkeit der Forschung in dieser dritten Phase insbesondere auf fachbezogenes Wissen und fachbezogene Überzeugungen von Lehrkräften gerichtet war bzw. noch ist (vgl. Shulman, 1987; Munby, Russell & Martin, 2001).

Kennzeichnend für dieses Paradigma ist die Adaption von Fragestellungen, Forschungsmethoden und theoretischen Perspektiven aus dem kognitionspsychologischen Experten-Novizen-Ansatz für die Forschung zu Lehrerkognitionen (vgl. Bromme 1992; Berliner 1992). Im Rahmen dieses Ansatzes werden die kognitiven Prozesse und Voraussetzungen untersucht, die 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 (vgl. Bromme & Haag, 2004). Zur Identifizierung von Experten in einer Domäne liegen eine ganze Reihe unterschiedlicher Ansätze vor, auf die hier jedoch nicht genauer eingegangen werden soll (vgl. dazu Bromme, 1992, S. 45-49). Als robuster Befund zeigt sich in Expertenstudien allgemein wie auch in denen bei Lehrkräften, dass deklaratives wie prozedurales bereichsspezifisches Wissen eine wichtige Voraussetzung für Expertise, d.h. erfolgreiche Bewältigung beruflicher Anforderungen darstellt (vgl. Gruber & Mandl, 1996; Bromme & Haag, 2004). Auf professionelles Wissen, das Expertise bei Lehrkräften ausmacht, wird in Kapitel 2.3.1 etwas genauer eingegangen.

Die Hinwendung zur professionellen Wissensbasis bei Lehrkräften war, wie Grossman (vgl. 1994) hervorhebt, jedoch nicht allein wissenschaftlich, sondern auch politisch und 'pragmatisch' motiviert: Absicht war es auch, das Unterrichten als eine professionelle Tätigkeit sichtbar zu machen. Evidenzen für eine eigene und spezifische Wissensbasis, die erfolgreiches Handeln von Lehrkräften ermöglicht, wären ein Hinweis für Professionalität mit zahlreichen Implikationen für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften wie auch für den gesellschaftlichen Status von Lehrkräften.

2.1.4 Das konstruktivistische Paradigma

Als jüngstes Paradigma wird ein konstruktivistisches Paradigma beschrieben, das durch die Betonung der aktiven Konstruktionsprozesse beim Wissenserwerb, die auf der Basis vorhandener Vorstellungen in dem jeweiligen Wissensbereich und in sozialen Kontexten stattfinden, gekennzeichnet ist (vgl. Gruehn, 2000, S. 27 f.; kritische Auseinandersetzung mit der Beschreibung als 'neues' Paradigma bei Terhart, 2003a). Diese Sichtweise hat sich insbesondere im Bereich mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens bewährt (vgl. Duit, 1995; Cobb, 1994; Cobb & Bowers, 1999). Dort haben zahlreiche Untersuchungen ergeben, dass Schüler bereits vor dem Unterricht über Vorstellungen zu mathematischen oder naturwissenschaftlichen Phänomenen, Begriffen oder Prinzipien verfügen, die den Erwerb fachlich angemessener Vorstellungen z.T. erheblich erschweren können (vgl. Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994). Vor diesem Hintergrund haben Ansätze zu Conceptual Change (vgl. Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Hewson, Beeth & Thorley, 1998) an Bedeutung gewonnen. Es kam aber auch zu einer Renaissance älterer Unterrichtskonzepte wie dem entdeckenden Lernen (vgl. Bruner, 1961) oder der genetischen Methode (vgl. Wagenschein, 1992). Auf aktuelle Ansätze zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen wird in Kapitel 2.2 noch genauer eingegangen. Konstruktivistische Sichtweisen haben auch die Forschung zu Lehrerkognitionen beeinflusst: Lehrkräften werden hier ebenfalls als aktive, selbstgesteuerte und reflexive Lernende gesehen (vgl. Fenema & Loef Franke, 1992; Borko & Putnam, 1996; Northfield, Gunstone & Gaalen, 1996). Wie das Expertenparadigma in gewisser Weise eine Neuformulierung der früheren Forschungen zur Lehrerpersönlichkeit darstellte, wurde im konstruktivistischen Paradigma der ursprüngliche Gedanke der Mediation der Prozess-Produkt-Beziehung durch die aktiven Konstruktionsleistungen des Individuums aufgegriffen (vgl. Baumert, Blum & Neubrand, 2002).

2.1.5 Zur Einordnung der Arbeit: Ein Modell zum Bedingungsgefüge von Lehren und Lernen aus der aktuellen Lehr-Lern-Forschung

Kennzeichnend für neuere Ansätze in der Lehr-Lern-Forschung scheint die Integration und Weiterentwicklung der beschriebenen Ansätze zu Modellen, die eine angemessenere Beschreibung des Bedingungsgefüges von Lehren und Lernen erlauben (vgl. Lipowsky, 2006). Aktuell scheinen sich sog. Angebots-Nutzungs-Modelle zur Wirkungsweise von Unterricht zu bewähren (vgl. Helmke, 2003; Lipowsky, 2006). Ein solches Modell ist in der folgenden Abbildung 1 grafisch dargestellt. Kerngedanken und zentrale Bereiche dieser Modelle werden im Folgenden kurz erläutert, um das Anliegen und zugleich auch einige Beschränkungen der vorliegenden Arbeit verdeutlichen zu können.

Angebots-Nutzungs-Modelle greifen zunächst den ursprünglichen Gedanken des um Mediationsprozesse erweiterten Prozess-Produkt-Paradigmas und auch die im konstruktivistischen Paradigma leitende Grundannahme auf, denen zufolge Unterricht 'lediglich' als Gelegenheitsstruktur (*'Angebot'*) verstanden wird, die von den Schülern unterschiedlich interpretiert und genutzt (*'Nutzung'*) wird (vgl. Helmke 2003, S. 41 f., Shuell, 1996). Für die Einflussnahme auf Lernerfolge (*'Wirkungen'*) bei den Schülern wird wiederum den Lehrkräften in diesen neueren Modellen eine große Bedeutung zugesprochen. Lehrpersonen sind mit ihrem professionellen Wissen und Können, aber auch ihren motivationalen Ori-

entierungen und allgemeinen Persönlichkeitsmerkmalen (mit-) verantwortlich für die Gestaltung dieser Gelegenheitsstrukturen für Lernprozesse. Wurden die Einflussmöglichkeiten von Lehrkräften auf Lernerfolge von Schülern zeitweise eher pessimistisch beurteilt, weisen aktuellere Studien, die Aspekte des professionellen Wissens der Lehrkräfte untersuchen, die Kriteriumsvariablen längsschnittlich erfassen (u.a. sog. value-added Studien, die den Beitrag ('Wert') von Lehrkräften zu Leistungszuwächsen der Schüler über ein oder mehrere Schuljahre untersuchen) und die Mehrebenenstruktur der Daten bei der Analyse der Effekte berücksichtigen, darauf hin, dass der Expertise von Lehrkräften eine größere Bedeutung für die Lernergebnisse der Schüler zukommt als bisher angenommen (vgl. Wayne & Youngs, 2003; Nye, Konstantopoulos & Hedges, 2004; Hill, Rowan & Ball, 2005; Rivkin, Hanushek & Kain, 2005; Lipowsky, 2006).

Dennoch gilt natürlich, dass Lernerfolge der Schüler „multipel determiniert“ (Helmke & Weinert, 1997, S. 139) sind. Es zeigt sich als robuster Befund, dass *individuelle Lernvoraussetzungen* und dort allem voran das bereichsspezifische Vorwissen der Schüler den stärksten Einfluss auf das Leistungsniveau haben (Scheerens & Bosker, 1997; Helmke & Weinert, 1997; Hosenfeld, Helmke, Ridder & Schrader, 2001). Neben dem Vorwissen sind aber auch allgemeine kognitive Fähigkeiten, motivationale Variablen und soziale Hintergrundvariablen wichtige individuelle Lernvoraussetzungen (vgl. Helmke & Weinert, 1997; Ehmke, Hohensee, Heidemeier & Prenzel, 2004; Lipowsky, 2006). Wie Ergebnisse aus value-added Studien nahe legen, können sich Effekte der Lehrkräfte in einer längerfristigen Perspektive, vermittelt über das bereichsspezifische (Vor-)Wissen der Schüler, kumulieren, denn erreichte Lernergebnisse werden natürlich wiederum zu Lernvoraussetzungen für späteres Lernen (vgl. Wayne & Youngs, 2003).

Die Gestaltung von Lerngelegenheiten und der Lernerfolg hängen jedoch nicht allein von den Lehrkräften und den individuellen Voraussetzungen der Schüler ab, sondern auch von sog. *Kontext-Merkmalen*. Hier sind Merkmale der unterrichteten Klasse wie ihre Zusammensetzung, aber auch Merkmale des schulischen, ökonomischen und kulturellen Kontexts sowie curriculare Vorgaben relevant (Helmke & Weinert, 1997; Lipowsky, 2006). Außerdem ist mit 'Kontext' gemeint, dass nicht alle Ergebnisse der Lehr-Lern-Forschung ohne weiteres auf alle Schulfächer und Altersstufen übertragen werden können (Fach- und Altersspezifität; vgl. Shulman, 1987; Helmke, 2003; Muijs, Campbell, Kyriakides & Robinson, 2005).

Dass Kinder und Jugendliche natürlich auch außerhalb der institutionalisierten Lerngelegenheiten, die ihnen die Schule bietet, Wissen erwerben, Interessen entwickeln usw., wird in der folgenden Abbildung durch das Feld '*außerschulische Lerngelegenheiten*' angedeutet.

Angebots-Nutzungs-Modellen liegt hinsichtlich der Daten eine Mehrebenenstruktur zugrunde. Schüler sind in Klassen 'geschachtelt' und Lehrkräften zugeordnet. Mehrere Klassen sind wiederum einer Schule zugehörig. Werden Kriterien des Lernerfolgs der Schüler längsschnittlich erfasst, so sind die verschiedenen Messzeitpunkte innerhalb der Individuen geschachtelt (vgl. Ditton, 1998). Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde darauf verzichtet, diese Mehrebenenstruktur in Abbildung 1 darzustellen (vgl. dazu die Darstellung bei Krauss et al., 2004, S.32). Auf die in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigten Variablen in den einzelnen Modellbereichen wird in Kapitel 4.7.2 eingegangen.

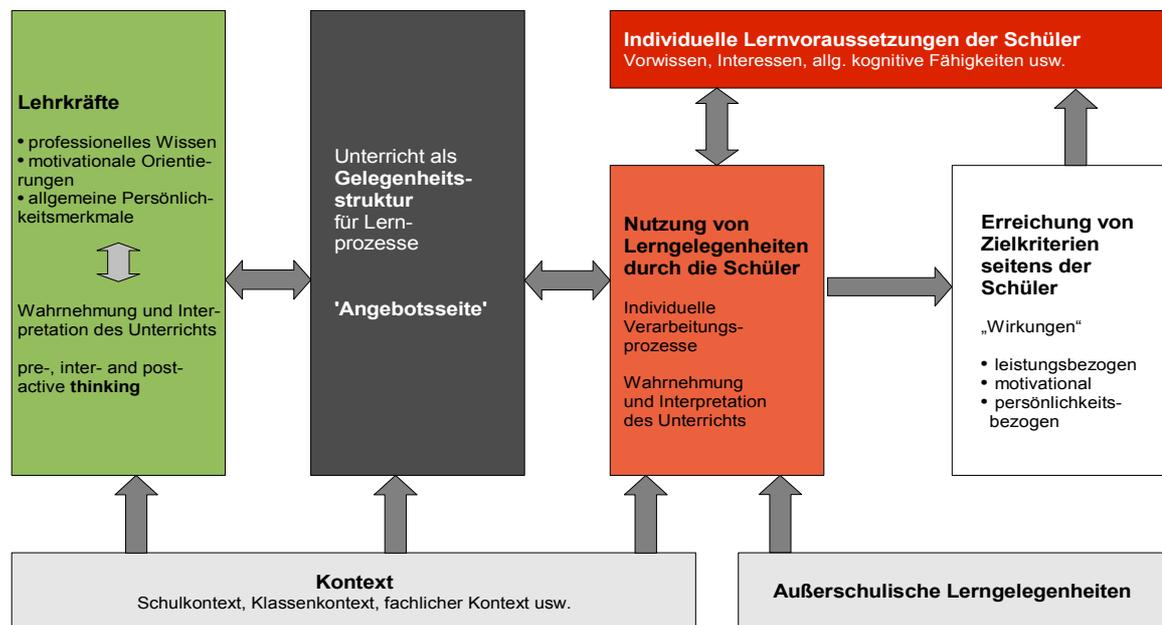


Abbildung 1: Vereinfachtes Angebots-Nutzungs-Modell zur Wirkungsweise von Unterricht (vgl. Helmke & Weinert, 1997; Helmke, 2003; Lipowsky, 2006)

Wendet man das Modell auf das Anliegen der vorliegenden Arbeit an, so geht es darum zu untersuchen, inwiefern Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen in Naturwissenschaften als Teil des professionellen Wissens von Lehrkräften mit Zuwächsen im naturwissenschaftlichen Verständnis der Schüler zusammenhängen. Der Untersuchung liegt also gewissermaßen ein Black-Box-Modell zugrunde, denn Unterrichts- wie auch Mediationsprozesse werden nicht berücksichtigt. Sie ist daher als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen zu verstehen, in denen solche Vermittlungsprozesse analysiert werden. Eine weitere Beschränkung der vorliegenden Untersuchung liegt, wie bereits angedeutet, in der Wahl des zu erfassenden Zielkriteriums: Zwar wird in aktueller Lehr-Lern-Forschung eine multi-kriteriale Zielerreichung als wichtig erachtet (vgl. Gruehn, 2000), doch werden in dieser Arbeit zunächst nur Zuwächse im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis als leistungsbezogenes Zielkriterium untersucht. Im folgenden Kapitel 2.2.1 wird begründet, dass konzeptuelles Verständnis eine bedeutende leistungsbezogene Zielkategorie naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule darstellt, und es wird etwas näher beschrieben, was mit diesem Zielbereich gemeint ist.

Variablen- vs. personenzentrierter Ansatz in der Lehr-Lern-Forschung

In der Lehr-Lern-Forschung lassen sich zwei generelle Analyseansätze unterscheiden. In der variablen-zentrierten Strategie werden einzelne Merkmale des Unterrichts oder auch der Lehrkräfte mit der Erreichung von Zielkriterien seitens der Schüler in Beziehung gesetzt. Dies geschieht i.d.R. mittels korrelativer Verfahren. Ziel ist es, Merkmale des Unterrichts oder der Lehrkräfte zu identifizieren, die Lernerfolg bei den Schülern erklären und vorhersagen können. Diese Strategie war in Prozess-Produkt-Studien dominierend und ist auch heute noch in der Lehr-Lern-Forschung weit verbreitet (vgl. Helmke &

Weinert, 1997; Helmke, 2003).

Im personzentrierten Ansatz werden demgegenüber zunächst erfolgreiche Lehrkräfte identifiziert und in einem zweiten Schritt deren Merkmale untersucht: Wie gestalten sie Lerngelegenheiten im Unterricht, über welches Wissen verfügen sie u.ä. Dinge. Dabei kann das mitunter komplexe Zusammenspiel verschiedener Merkmale, die erfolgreicher Praxis zugrunde liegen, untersucht werden (vgl. Helmke & Weinert, 1997; Helmke, 2003). Die o.g. Expertenstudien verwenden typischerweise solch eine personzentrierte Strategie.

Im Bereich der Forschung zu Lehrerkognitionen liegen zahlreiche Studien vor, die auf dem personzentrierten Ansatz basieren. Studien, die variablenzentriert die Wirksamkeit einzelner Bereiche der Kognitionen von Lehrkräften hinsichtlich der Erreichung von Zielkriterien bei den Schülern untersuchen, sind demgegenüber noch recht selten. Dies trifft insbesondere auf Studien zu Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen zu. Studien, die die Wirksamkeit solcher Lehrervorstellungen im naturwissenschaftlichen Bereich der Grundschule untersucht haben, fehlen bisher völlig.

Die vorliegende Untersuchung verfolgt einen variablenzentrierten Ansatz: Untersucht werden soll, inwieweit verschiedene Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen in Naturwissenschaften mit Zuwächsen im naturwissenschaftlichen Verständnis der Schüler zusammenhängen.

2.2 Ansätze und Befunde zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen

In diesem Kapitel wird in knapper Weise der Stand der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen referiert. Vor diesem theoretischen Hintergrund können später Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften eingeordnet und interpretiert sowie schließlich Erwartungen formuliert werden, in welchem Zusammenhang bestimmte Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen mit dem naturwissenschaftlichen Verständnis stehen, das Schüler in ihrem Unterricht erreichen. Die berichteten Ansätze und Befunde stammen sowohl aus der allgemeinen empirisch orientierten Lehr-Lern-Forschung wie auch aus eher fachdidaktisch orientierter Forschung. Wegen ihrer besonderen Relevanz für den naturwissenschaftlichen Bereich werden Forschungen zu Präkonzepten und zu Conceptual Change in einem eigenen Unterkapitel dargestellt. Da diese Ansätze sowohl Gesichtspunkte des Lehrens als auch des Lernens thematisieren, ist ihre Darstellung zwischen den Kapiteln zum naturwissenschaftlichen Lernen und Lehren angeordnet.

2.2.1 Konzeptuelles Verständnis als Zielkriterium naturwissenschaftlichen Unterrichts

Wie bereits angedeutet, wird in der vorliegenden Untersuchung naturwissenschaftliches konzeptuelles Verständnis der Schüler als Zielkriterium naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens in der Grundschule zugrunde gelegt. Die Studie beschränkt sich also auf ein leistungsbezogenes Erfolgskriterium, während nicht-leistungsbezogene Produkt-Variablen wie Interessen, Einstellungen, Selbstwirksamkeitserwartungen oder (Fähigkeits-)Selbstkonzepte nicht berücksichtigt werden. In diesem Kapitel wird konzeptuelles Verständnis im Spektrum verschiedener leistungsbezogener Kriterien naturwissenschaftli-

chen Lernens in der Grundschule verortet und seine Wahl als Erfolgskriterium begründet. Dazu wird auf normative Begründungen unter Berücksichtigung von Bildungskategorien wie auch auf empirische Befunde zurückgegriffen.

Ein kurzer Rückblick in die Diskussion um leistungsbezogene Zielsetzungen naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts in Deutschland zeigt exemplarisch, dass die Frage, was Grundschul Kinder in diesem Bereich lernen sollten, in der Vergangenheit durchaus sehr unterschiedlich beantwortet wurde. In den 1960er Jahren wurden in den USA wissenschaftsorientierte Curricula entwickelt, die in den angestrebten Zielbereichen völlig unterschiedliche Schwerpunkte setzten. Das Curriculum „Science – A Process Approach“ (AAAS, 1967) fokussierte auf naturwissenschaftliche Verfahren wie das Experimentieren, während die „Science Curriculum Improvement Study“ (Herrera & Thier, 1967) auf die Vermittlung naturwissenschaftlicher Basiskonzepte wie dem Teilchen- oder dem Wechselwirkungskonzept abzielte. Anfang der 1970er Jahre wurden diese Entwicklungen in Deutschland aufgegriffen und ein sog. wissenschaftsorientierter Sachunterricht eingeführt, der auf die Fächer der Sekundarstufe vorbereiten sollte.

Die 1980er und 1990er Jahre werden als eine Phase beschrieben, in der in Deutschland wenig Einigkeit darüber bestand, durch welche Zielrichtung das Fach Sachunterricht und damit auch der naturwissenschaftliche Lernbereich zu charakterisieren sei (Einsiedler, 2003). Einflussreich für die Ausgestaltung von Lehrplänen in den deutschen Bundesländern war bzw. ist der in einem breit angelegten Konsensverfahren entwickelte „Perspektivrahmen Sachunterricht“ der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU, 2002), der fünf inhaltsbezogene Perspektiven (z.B. eine sozial- und kulturwissenschaftliche, eine raumbezogene und eine naturwissenschaftliche) unterscheidet. Für alle Perspektiven werden *Kompetenzen als Zielkategorien* beschrieben. 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 f.) Es werden also inhaltsbezogene (insb. die Bereiche 2, 4 und 5) und verfahrensbezogene (vorrangig die Bereiche 1 und 3) Zielbereiche berücksichtigt. Der Perspektivrahmen empfiehlt die Bearbeitung exemplarisch bedeutsamer Themen, um stofflicher Überfrachtung vorzubeugen und um das Verstehen des Gelernten gewährleisten zu können (vgl. 2002, S. 4 f.).

Bildungstheoretische Überlegungen. In der *Diskussion* um den Bildungsauftrag des Sachunterrichts in der Grundschule wird ebenfalls dem Verstehen besondere Bedeutung beigemessen (vgl. Köhnleisch, 1991). Über alle Erfahrung hinaus sei das Verstehen wichtig, „sonst bleiben wir stehen bei der alten 'Kunde'“ (S. 112). Klafki sieht die Aufgabe der Grundschule u.a. darin, in geistige Grundrichtungen des „Weltverstehens“ (Klafki, 1992), einzuführen, d.h. elementare Grundbegriffe und Grundarbeitsweisen im historischen Denken, im naturwissenschaftlichen Denken usw. zu erarbeiten (vgl. 1992). Eine breite, systematische Wissensvermittlung in allen Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts mit fachpropädeutischen

Zielsetzungen ist damit nicht beabsichtigt, da sie sich schon wegen ihres Umfangs und der damit zwangsläufig verbundenen Missachtung nicht-fachlicher Zielsetzungen verbietet (vgl. Möller, 2001a). Die Beschränkung auf elementare Konzepte und Verfahren wird u.a. mit dem schnellen Wachstum naturwissenschaftlichen und technologischen Wissens begründet (z.B. van den Akker, 1998). Auch international wird die Bedeutung des Verständnisses zentraler, exemplarisch relevanter naturwissenschaftlicher Konzepte und Verfahren im Bereich naturwissenschaftlichen Lernens in der Grundschule (primary science) hervorgehoben (vgl. Tobin, Kahle & Fraser, 1990; Harlen, 1998; van den Akker, 1998; Linn, Songer & Eylon, 1996; Linn & Eylon, 2006). Dies spiegelt sich z.B. auch in den einflussreichen National Science Education Standards des National Research Council in den USA wider (vgl. 1995; van den Akker, 1998).

Einen besonderen Stellenwert nimmt in der aktuellen naturwissenschaftsbezogenen bildungstheoretischen Diskussion das Konzept der *Scientific Literacy* ein (Gräber & Bolte, 1997; Bybee, 1997). Auch in diesem Zusammenhang wird naturwissenschaftliches Verständnis als zentrales Zielkriterium beschrieben. Scientific Literacy erfordere die Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Verständnisses, das die Teilhabe an einer von Naturwissenschaft und Technik geprägten Kultur gestattet (vgl. Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler & Klopp, 2001). Da die Grundschule das Fundament für die Allgemeinbildung lege und bildungs- sowie lerntheoretische Erkenntnisse die Anschlussfähigkeit der Lernprozesse einfordern, wird die erste Schulstufe heute als wichtiger Ort für naturwissenschaftliche Grundbildung betrachtet (Prenzel, Geiser, Langeheine & Lobemeier, 2003). Charakteristisch für Literacy-Ansätze ist die Betrachtung naturwissenschaftlicher Kompetenz in ihrer Funktion für eine verständige und verantwortungsvolle Teilnahme am gesellschaftlichen Leben (vgl. Klieme, Baumert, Köller & Bos, 2000). Diese Teilhabe setzt vielfältige und anspruchsvolle Kompetenzen voraus, die sich folgenden vier Bereichen zuordnen lassen:

1. Verständnis zentraler naturwissenschaftliche Konzepte, die zur Erklärung und Vorhersage 'natürlicher' Phänomene dienen. Bei der Auswahl der Konzepte liegt oft der Gedanke der Exemplarität zugrunde (naturwissenschaftliche 'Big Ideas').
2. Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und Verfahren (Durchführung naturwissenschaftlicher Untersuchungen (prozedurales Wissen) wie auch Wissen *über* diese Verfahren)
3. Die Geschichte und das 'Wesen' der Naturwissenschaft als Wissenschaftsdisziplin
4. Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft

(vgl. Bybee, 1997; Bybee & Ben-Zvi, 1998; Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler & Klopp, 2001; Rost, Walter, Carstensen, Senkbeil & Prenzel, 2004)

Diese Zielbereiche finden sich nicht nur in Konzeptionen zu Scientific Literacy, sondern stellen weitgehend konsensfähige Ziele für naturwissenschaftliches Lernen auch in der Grundschule dar (Bybee & DeBoer, 1994; Bybee & Ben-Zvi, 1998; AAAS, 1994). Die Forderung, dass bereits in der Grundschule solche anspruchsvollen Zielkategorien in elementarer Weise angestrebt werden sollten, wird durch neuere entwicklungspsychologische Erkenntnisse, die die von Piaget beschriebene konkret-operationale Gebundenheit des Denkens von Kindern im Grundschulalter in Frage stellen, gestützt (vgl. Stern &

Möller, 2004). Unterrichtsstudien zeigen zudem, dass es bei entsprechender Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen tatsächlich gelingt, vertiefte Einsichten in naturwissenschaftliche Basiskonzepte und sogar Wissenschaftsverständnis sowie ein Verständnis naturwissenschaftlicher Verfahren bereits im Grundschulalter zu vermitteln (Möller, Jonen, Hardy & Stern, 2002; Sodian, Jonen, Thoermer & Kircher, 2006; Prenzel, Geiser, Langeheine & Lobemeier, 2003).

Das in der vorliegenden Untersuchung angelegte Zielkriterium ist dem ersten Bereich zuzuordnen. Es geht also darum, inwieweit fachspezifische Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit dem Erwerb eines *Verständnisses zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte* bei den Schülern zusammenhängen. Vorstellungen der Schüler zu naturwissenschaftlichen Verfahren, zum Wesen der Naturwissenschaften oder zu Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik und Gesellschaft werden nicht erfasst.

Was ist mit 'Verständnis' gemeint? Zunächst ist in Anlehnung an Forschungen zum Leseverständnis zu unterscheiden zwischen den Begriffen 'Verstehen' und 'Verständnis'. Während Verstehen den Prozess des (Lese-)Verstehens bezeichnet, ist mit (Lese-)Verständnis das Ergebnis dieses Prozesses gemeint (vgl. Rost & Schilling, 2006). In diesem Sinne wird Verständnis auch in dieser Arbeit verstanden. Wird z.B. in Bildungskonzeptionen 'Verständnis' als Zielkategorie schulischen Lernens beschrieben, so wird damit hervorgehoben, dass es um etwas anderes und mehr geht als 'nur' um ein oberflächliches, auswendig gelerntes Faktenwissen, das durch einfache Gedächtnisleistungen erinnert werden kann (vgl. Rost, Walter, Carstensen, Senkbeil & Prenzel, 2004). Auch in der kognitiven Psychologie wird zwischen einfachem, 'mechanisch' eingprägtem Wissen und einem tieferen Verständnis unterschieden (vgl. Weinert, 1996; Kintsch, 1994, für den Bereich des Textverstehens). In PISA-Aufgaben, die naturwissenschaftliches konzeptuelles Verständnis erfassen sollen, wird daher das zur Lösung erforderliche Faktenwissen den Schülern 'zur Verfügung gestellt' (vgl. Rost, Walter, Carstensen, Senkbeil & Prenzel, 2004). Es scheint allerdings leichter zu sein zu beschreiben, was Verständnis nicht meint, als dieses positiv zu definieren (vgl. Reusser & Reusser-Weyeneth, 1997; White & Gunstone, 1992). Für eine Definition von Verständnis scheint zunächst eine Charakterisierung des Verstehensprozesses hilfreich.

Folgt man einer strukturgenetisch-konstruktivistischen Perspektive, so kann Verstehen als begriffliches Erkennen beschrieben werden, d.h. als eine gelingende, teilweise bewusst erlebte Einordnung neuer Sachverhalte in ein ausschnittsweise aktualisiertes System von Erkenntnisstrukturen (vgl. Seiler, 1997). Dadurch, dass sich diese Erkenntnisstrukturen beim Verstehen verändern, bedeutet der Erwerb eines Verständnisses eine spezifische Form der Begriffsentwicklung (Seiler, 1997). Seiler steht damit in der strukturgenetischen Tradition Piagets, nach der begriffliche Erkenntnisstrukturen die Einheiten des Denkens und Wissens darstellen. Auch Köhnlein beschreibt das Verstehen mit Bezug auf Piaget als Akt der Verinnerlichung. Verstehen sei das (Nach-)Konstruieren eines Sachverhaltes in Gedanken und stelle die Brücke her zwischen dem merkwürdig Erscheinenden und dem Bekannten (vgl. Köhnlein, 1991).

Eine zentrale Rolle für das Verständnis eines Sachverhaltes spielt, darauf weist die Definition Seilers hin, das relevante und verfügbare Vorwissen. Wird jemand aufgefordert, einen naturwissenschaftlichen Sachverhalt zu erklären, so wird er bewusst oder unbewusst in seinem Vorwissen nach relevanter

Information suchen, die zur Erklärung geeignet erscheint. Entscheidend ist dabei aber nicht nur die Verfügbarkeit einer bestimmten 'Menge' von Kenntnissen auf einem speziellen Inhaltsgebiet, sondern auch und vor allem die Qualität dieses Vorwissens, d.h. insbesondere dessen Organisationsniveau (vgl. Hiebert & Carpenter, 1992; Weinert, 1996; Newton, 2001). So kann das verfügbare Vorwissen im Extremfall aus ungeordnetem und unverbundenem Faktenwissen oder aus wohl verknüpftem, ggf. hierarchisch strukturiertem, konzeptuellem Wissen bestehen (vgl. Hiebert & Carpenter, 1992; Weinert, 1996). Naturwissenschaftliches konzeptuelles Verständnis hängt insbesondere von der Verallgemeinerbarkeit im Sinne einer 'empirischen Tragfähigkeit' des zugrunde liegenden Wissens ab (vgl. Harlen, 1998). Die verbreitete Vorstellung von Grundschulkindern, dass Dinge schwimmen, weil sie Luft enthalten, die auf aktive Weise 'nach oben zieht', bewährt sich in verschiedenen Situationen (Schwimmflügel verhindern, dass man untergeht; Luftblasen steigen im Wasser auf usw.). Dass jedoch auch massive Körper, die keine eingeschlossene Luft enthalten, schwimmen können, kann mit dieser Vorstellung nicht erklärt werden. Naturwissenschaftliches Verständnis ist also umso tiefer, je (empirisch) tragfähiger oder allgemeingültiger das zugrunde liegende Wissen ist (Harlen, 1998).

In Seilers Beschreibung klingt ebenfalls schon an, dass sich Verständnis in der Anwendbarkeit vorhandener Wissensstrukturen in verschiedenen Kontexten äußert. Ein Wissen mit zahlreichen Verbindungen, das in einem kohärenten konzeptuellen Rahmen integriert ist, erleichtert die Anwendung in verschiedenen Kontexten und kann in unterschiedlicher Weise gebraucht werden, z.B. um Erklärungen zu geben oder Vorhersagen zu machen (vgl. Renkl, 1996; Harlen, 1998; zum Problem der Konzeptualisierung 'anwendbaren Wissens' vgl. Mandl, Gruber & Renkl, 1994). Harlen hebt hervor, dass mechanisch memoriertes Wissen diese Eigenschaft i.d.R. nicht besitzt, auch dann nicht, wenn übergeordnete Konzepte auswendig gelernt, die nötigen Verbindungen oder hierarchischen Strukturen aber nicht selbst hergestellt werden (vgl. 1998). Es wird vielfach berichtet, dass Schüler zwar (naturwissenschaftliches) Faktenwissen einschließlich übergeordneter Konzepte wiedergeben, nicht jedoch erworbenes Wissen auf neue Kontexte anwenden können (sog. „träges Wissen“; Renkl, 1996). Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bedeutet also, ein integriertes, gut organisiertes konzeptuelles Wissen in verschiedenen Kontexten anwenden und in verschiedener Weise gebrauchen zu können wie z.B. bei der Erklärung oder Vorhersage von Beobachtungen (vgl. Harlen, 1998).

Wie umfangreiche Forschung belegt, stehen dem Erwerb eines solchen Verständnisses naturwissenschaftlicher Konzepte häufig z.T. tiefverwurzelte Vorstellungen der Schüler über natürliche Phänomene entgegen. Auf diese Forschungen wird in Kapitel 2.2.3.1 noch näher eingegangen. Ansätze zum Erwerb eines konzeptuellen Verständnisses werden in den folgenden Teilkapiteln dargestellt. Die genauere Operationalisierung und damit auch die Art und Weise der Bewertung des konzeptuellen Verständnisses im Rahmen der vorliegenden Studie wird später im methodischen Teil in Kapitel 4.5 beschrieben.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass aktuelle naturwissenschaftliche Bildungskonzepte im Grundschulbereich weniger Gewicht auf umfassende Kenntnisse naturwissenschaftlicher 'Fakten' und 'Informationen' legen und statt dessen eine stärkere Gewichtung des Verständnisses zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte und Verfahren vorsehen (vgl. Linn, Songer & Eylon, 1996; Harlen, 1998; van

den Akker, 1998; Linn & Eylon, 2006). Das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte, das in dieser Studie als Zielkriterium herangezogen wird, erfordert die sachlich angemessene Anwendung eines integrierten konzeptuellen Wissens, das in verschiedenen Kontexten angewendet und in verschiedener Weise, wie z.B. zur Erklärung von Naturphänomenen, gebraucht werden kann.

2.2.2 Zentrale Grundsätze verständnisvollen Lernens

Dieses und die beiden folgenden Teilkapitel (2.2.3 und 2.2.4) erfüllen eine doppelte Funktion. Zum einen dienen sie als theoretischer Hintergrund für die Einschätzung von Vorstellungen bei Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, die in Kapitel 2.3.2.3 berichtet werden. Dies ist eine Grundlage für die Ableitung von Hypothesen, in welchem Zusammenhang bestimmte Vorstellungen der Lehrkräfte mit Fortschritten der Schüler im konzeptuellen Verständnis stehen sollten. Zum anderen dienen die folgenden Ausführungen der näheren Beschreibung des Erwerbs naturwissenschaftlichen Verständnisses bei Schülern. In diesem Teilkapitel werden zunächst einige allgemeine, nicht nur für naturwissenschaftliches Lernen geltende zentrale Grundsätze verständnisvollen Lernens knapp zusammengefasst, die in der Lehr-Lern-Forschung weitgehend konsensfähig sind (vgl. Chinn & Brewer, 1998; Alexander, 1997; 2000; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; Baumert et al., 2004). Diese Grundsätze sind maßgeblich durch konstruktivistische Ansätze zum Wissenserwerb (mit-)geprägt (vgl. Gerstenmaier & Mandl, 1995). Insbesondere Positionen des kognitiven Konstruktivismus, sozial-konstruktivistische Positionen sowie Ansätze der situierten Kognition sind hier einflussreich (vgl. Palincsar, 1998; Greeno, Smith & Moore, 1993; Überblicks- und kritische Darstellungen bei Möller, 2001b und Terhart, 2003a).

Verständnisvolles Lernen als aktive Konstruktion von Wissen. Verständnisvolles Lernen ist stets ein aktiver Konstruktionsprozess, in dem Wissensstrukturen verändert, erweitert, vernetzt, hierarchisch geordnet oder neu gebildet werden (vgl. Cobb, 1994, Gerstenmaier & Mandl, 1995). Auch das bspw. von Ausubel beschriebene verständnisvolle rezeptive Lernen ist in diesem Sinne eine aktive Konstruktionsleistung (vgl. Baumert, Blum & Neubrand, 2002). Entscheidend für verständnisvolles Lernen ist die aktive mentale Verarbeitung, d.h. die kognitive Aktivität des Lernenden. Aus diesem Grunde setzt verständnisvolles Lernen immer auch ein Mindestmaß an Motivation zur Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand voraus (vgl. Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998). Eine durch persönliches oder situatives Interesse, aber auch durch als selbstbestimmt empfundene Formen extrinsischer Motivation getragene Auseinandersetzung unterstützt die zur Veränderung der Wissensstrukturen erforderliche kognitive Aktivität (vgl. Deci & Ryan, 1993; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998). Jede Lernumgebung ist also unter dem Gesichtspunkt zu bewerten, inwieweit sie kognitive Aktivität bei den Lernenden fördert oder behindert (vgl. Baumert et al., 2004).

Verständnisvolles Lernen findet auf der Basis vorhandenen Wissens statt. Die Konstruktion von Wissen geschieht auf der Basis des vorhandenen Wissens des Lernenden. Den vorhandenen Vorstellungen des Lernenden kommt dabei eine ambivalente Rolle zu: Einerseits stellen sie erst die Grundlage, auf der neues Wissen aufgebaut werden kann. Andererseits können aber vorhandene Vorstellungen auch den Erwerb sachlich angemessener Vorstellungen massiv behindern, wie in den folgenden Kapiteln noch

etwas näher ausgeführt wird. Als robuster Befund zeigt sich in der Lehr-Lern-Forschung, dass das bereichsspezifische Vorwissen (sofern es erfasst wird) vor allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und anderen Individual- wie auch vor Klassen-, Unterrichts- oder Lehrermerkmalen stets der stärkste Prädiktor des zu einem späteren Zeitpunkt erfassten konzeptuellen Verständnisses ist (vgl. Lipowsky, 2006).

Verständnisvolles Lernen erfolgt stets zu einem gewissen Teil selbstgesteuert. Verständnisvolles Lernen wird durch Motivation und metakognitive Prozesse (z.B. Planung, Kontrolle, Bewertung) reguliert und unterliegt damit stets einer gewissen Steuerung und Kontrolle durch den Lernenden (vgl. Baumert et al., 2004; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998). Ein gewisses Ausmaß an Selbststeuerung stellt also ein Merkmal jeden Wissenserwerbs dar. Lernen kann daher nicht einfach 'von außen verordnet' werden (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998).

Verständnisvolles Lernen erfolgt stets situiert. Forschungen zur Situierten Kognition zeigen, dass Wissen stets mit den Merkmalen des Kontextes, in dem es erworben wurde, verbunden ist. Diese Situietheit beschränkt oft die Anwendbarkeit des Wissens und gilt als ein Erklärungsansatz für Befunde zum sog. „trägen Wissen“ (vgl. Renkl, 1996). So wird schulisches Wissen bspw. situiert im schulischen Kontext erworben und kann dort (z.B. in Prüfungssituationen) oft auch angewendet werden, nicht jedoch in anderen außerschulischen Kontexten. Werden die Erwerbs- und Anwendungskontexte variiert, kann der Anwendungsbereich vergrößert werden. Dieser Prozess wird auch als Dekontextualisierung bezeichnet (vgl. Greeno, Smith & Moore, 1993; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; Baumert et al., 2004).

Verständnisvolles Lernen als Folge sozialen Handelns. Insbesondere sozial-konstruktivistische Ansätze betonen, dass Wissen nicht nur das Resultat eines individuellen Konstruktionsprozesses ist. Durch die Eingebundenheit des Einzelnen in eine Gemeinschaft ergibt sich, dass Wissen zugleich auch aus sozialen Aushandlungsprozessen erwächst. Kooperativem Lernen und soziokulturellen Einflüssen wird eine besondere Bedeutung für den Lernprozess zugesprochen (vgl. Pontecorvo, 1993; Lazarowitz & Hertz-Lazarowitz, 1998; Palincsar, 1998; O'Donnell, 2006).

2.2.3 Naturwissenschaftliches Lernen als Aufbau und Veränderung von Wissenssystemen: Forschung zu Schülervorstellungen und zu Conceptual Change

Nachdem im vorigen Teilkapitel eher allgemeine und fachunspezifische Merkmale verständnisvollen Lernens benannt wurden, werden in diesem Abschnitt Forschungen zu Schülervorstellungen und zu Conceptual Change zusammengefasst, die speziell die Sicht von naturwissenschaftlichem Lernen entscheidend geprägt haben (vgl. die Überblicksdarstellungen von Duit & Treagust, 2003; Confrey, 1990; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994). Da wie einleitend beschrieben in dieser Studie das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte als Zielkriterium untersucht wird, wird im Folgenden auch nur auf Befunde und Ansätze zu Schülervorstellungen von naturwissenschaftlichen Konzepten Bezug genommen. Vorstellungen über naturwissenschaftliche Verfahren oder das Wesen der Naturwissenschaften werden nicht berücksichtigt.

2.2.3.1 *Forschung zu Schülervorstellungen*

Insbesondere seit den 1970er Jahren werden z.T. tief in Alltagserfahrungen verankerte Vorstellungen der Schüler zu Naturphänomenen und naturwissenschaftlichen Begriffen systematisch untersucht. Das intensive Forschungsinteresse ist u.a. im Zusammenhang mit dem Scheitern wissenschaftsorientierter Curricula in den 1970er Jahren zu sehen, die individuelle Lernvoraussetzungen und Denkweisen der Schüler vernachlässigten. Es zeigte sich vielfach, dass Schüler die intendierten wissenschaftlichen Konzepte im Unterricht nicht erwarben. Auch der zunehmende Einfluss konstruktivistisch orientierter Sichtweisen von Lernen und die damit verbundene Annahme der zentralen Bedeutung vorhandener mentaler Strukturen für Lern- und Erkenntnisprozesse trug dazu bei, dass sich umfangreiche Forschungen mit den Vorstellungen der Schüler beschäftigten und nach wie vor noch beschäftigen (vgl. Duit & Häußler, 1997; Duit & Treagust, 2003, Linn & Eylon, 2006).

Ein bekanntes Beispiel, das die Bedeutung von Schülervorstellungen für naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule illustriert, ist die Vorstellung der Schüler darüber, in welcher Beziehung Sonne und Erde zueinander stehen. Wenn Kinder aufwachsen und Sprache erwerben, lernen sie, dass die Sonne 'morgens auf- und abends untergeht'. Einige Kinder entwickeln daher ein mentales Modell, in dem die Sonne um die Erde wandert. Es sind aber auch ganz andere Vorstellungen bei Grundschulern zu finden (vgl. Vosniadou & Brewer, 1992). In der Schule sollen Kinder dann, Jahre nachdem sie ihr mentales Modell zum Verhältnis von Sonne und Erde entwickelt haben, lernen, dass die Erde um die Sonne kreist. Schüler sind dann mit der Schwierigkeit konfrontiert, eine Vorstellung, die konsistent mit ihren Beobachtungen ist und sich auf diese Weise über lange Zeit bewährt hat, zugunsten einer neuen Vorstellung aufzugeben, die den Schülern zunächst nicht intuitiv akzeptabel erscheint. Auf die erforderlichen Prozesse des 'Umlernens' wird im folgenden Teilkapitel zu Conceptual Change etwas näher eingegangen.

Zur Beschreibung solcher Schülervorstellungen werden zahlreiche Begriffe verwendet wie z.B. Alltagsvorstellungen (everyday conceptions), Fehlvorstellungen (misconceptions), Präkonzepte (im Englischen meist als preconceptions bezeichnet), alternative beliefs, naive Theorien und auch spontaneous reasoning (Viennot, 1979), um nur einige zu nennen (vgl. Wandersee, Mintzes & Novak, 1994, Wodzinski, 1996). Die Begriffe unterscheiden sich teils nur in Nuancen, z.T. aber auch in wesentlicheren Aspekten. Einige Forscher lehnen bspw. den Begriff der Fehlvorstellungen (oder im Englischen misconceptions) ab und betonen, dass auch die Vorstellungen der Schüler oft kontextuell valide und rational begründet seien.² Sie stellten erfahrungsbasierte Erklärungen der Kinder dar, die die Funktion erfüllten, natürliche Phänomene verstehbar zu machen (vgl. Abimbola, 1988). Die Begriffe Präkonzepte oder preconceptions heben 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 (vgl. Einsiedler, 1996; Möller, 1999). Die Begriffe spontaneous reasoning (Viennot, 1979) oder current constructions betonen, dass

2 Wenn im Folgenden von 'Fehlvorstellungen' gesprochen wird, so soll damit nicht ausgedrückt werden, dass diese Vorstellungen nicht ggf. kontextuell valide und rational begründet seien.

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. Sie werden im Deutschen auch als Ad-hoc-Konstruktionen bezeichnet. Diese spontanen Konstruktionen können auch als 'Verlegenheitskonstruktionen' in Befragungssituationen gebildet werden (vgl. Möller, 1999). Von Ad-hoc-Konstruktionen sind Vorstellungen zu unterscheiden, die tief in Erfahrungen der Lernenden verankert und daher sehr resistent gegen Veränderung sind. Sie werden auch als deep structures bezeichnet (vgl. Wodzinski, 1996). In anderen Begriffen wie personal models of reality oder alternative frameworks kommt zum Ausdruck, dass bestimmte Vorstellungen der Schüler wie in dem o.g. Beispiel zur Lagebeziehung von Sonne und Erde in mentalen Modellen repräsentiert sind.

Die angedeutete Begriffsvielfalt kann als Hinweis auf die große Variation an unterschiedlichen Schülervorstellungen verstanden werden. Der Begriff der Schülervorstellungen wird als weiter Begriff gesehen, der die zuvor genannten Konstrukte umfasst. Marton beschreibt Vorstellungen (conceptions) folgendermaßen: „they belong to the inner, subjective world; their function is to make sense of those real world entities they are conceptions of.“ (1990, S. 613)

Woher stammen Schülervorstellungen? Ansätze zur Erklärung der 'Herkunft' von Schülervorstellungen wurden aus entwicklungspsychologischen, soziokulturellen, kognitiven und konstruktivistischen Perspektiven entwickelt (vgl. Linn & Eylon, 2006), auf die hier jedoch nicht im Detail eingegangen werden soll. Zusammenfassend kann jedoch festgehalten werden, dass Schülervorstellungen oft auf 'Alltagserfahrungen' basieren, also solchen Erfahrungen, die nicht in Zusammenhang mit institutionalisierten Bildungsangeboten stehen. Schülervorstellungen werden daher oft auch als Alltagsvorstellungen bezeichnet. Sie entstehen auf der Basis von Sinneserfahrungen, Spracherfahrungen, dem Umgang mit Dingen und Lebewesen, Gesprächen mit Freunden, Eltern und Verwandten, Informationen aus den (Massen-)Medien und dergleichen (vgl. Duit & Häußler, 1997; Wandersee, Mintzes & Novak, 1994). Schülervorstellungen entstammen aber nicht nur 'Alltagserfahrungen', sondern auch institutionellen Lerngelegenheiten. Forschungsergebnisse belegen, dass der vorangehende Unterricht oft auch zur Entwicklung von Vorstellungen führt, die nicht mit naturwissenschaftlichen Sichtweisen übereinstimmen (vgl. Duit & Häußler, 1997). Entwicklungspsychologische Ansätze wie der Piagets, die die Beschränktheit kindlichen Denkens und die Existenz von distinkten Entwicklungsstufen allgemeiner kognitiver Fähigkeiten betonen, sind durch neuere Forschungsergebnisse zumindest in Frage gestellt (vgl. Linn & Eylon, 2006).

Ein zentraler Befund der Forschungen zu Schülervorstellungen ist, dass auch Grundschul Kinder bereits über Vorstellungen zu naturwissenschaftsbezogenen Phänomenen und Begriffen verfügen, die nicht selten, zumindest in wichtigen Aspekten, von wissenschaftlichen Vorstellungen abweichen und gegenüber Veränderung oft sehr resistent sind (vgl. Wandersee, Mintzes & Novak, 1994; Duit & Häußler, 1997). Schüler äußern oft eine ganze Bandbreite an Sichtweisen bei der Erklärung von Naturphänomenen. Zahlreiche Studien zeigen, dass Vorstellungen der Schüler wenig kohärent sind: Sie erscheinen fragmentiert, d.h. nur 'lose verbunden' und sind an den Kontext 'gebunden', in dem sie erworben wurden (vgl. diSessa, 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 (vgl. diSessa, 1988; Howe & Tolmie, 2003; Linn & Eylon, 2006). Andererseits werden aber auch kohärentere Erklärungsmuster berichtet. Einzelne Vorstellungen der Schüler können dabei auch in einen größeren Rahmen (framework) integriert sein (vgl. z.B. Vosniadou & Brewer, 1992). Gut beschrieben ist der Befund, dass Schüler auf der Basis tief in der Erfahrung verwurzelter Vorstellungen Evidenzen in Experimenten, die eigentlich den Vorstellungen widersprechen, gar nicht als konfligierend wahrnehmen, sondern darin gewissermaßen das sehen, was sie sehen 'wollen'. Diese Wahrnehmungsverzerrung ist auch als „confirmation bias“ bezeichnet worden (vgl. Duit, 1996).

Aus Platzgründen kann hier keine Übersicht über Vorstellungen der Schüler in verschiedenen Inhaltsgebieten gegeben werden. Statt dessen werden einige Befunde zu Schülervorstellungen aus dem Themenbereich 'Schwimmen und Sinken' berichtet, da dies auch das Thema ist, bei dem das naturwissenschaftliche Verständnis der Schüler im Rahmen der vorliegenden Studie erfasst wird (s. Kapitel 4.2).

Untersuchungen von Smith und Kollegen (vgl. Smith, Carey & Wiser, 1985; Smith, Maclin, Grosslight & Davis, 1997) und Möller (vgl. 1999) zeigen, dass Kinder, die erklären sollen, wieso bestimmte Gegenstände im Wasser schwimmen, andere jedoch sinken, oft nur auf eine 'Größe' fokussieren. Sie beziehen sich bspw. auf das Gewicht des Gegenstandes ('Alles, was leicht ist, schwimmt'), auf sein Volumen ('Große Dinge gehen unter') oder auch auf seine Form ('Alles mit Löchern sinkt'). Verbreitet ist offensichtlich die Vorstellung, dass Luft in einem Gegenstand diesen im Sinne einer aktiven Kraft 'nach oben' zieht, während das Wasser Dinge 'nach unten saugt' (vgl. Hardy, Jone, Möller & Stern, 2006). Andere Kinder sagen aber auch, dass das Wasser 'trägt' oder den Gegenstand nach oben drückt (vgl. Möller, 1999). Auch bei Erklärungen zum 'Schwimmen und Sinken von Gegenständen' zeigen Grundschul Kinder anscheinend zahlreiche fragmentierte Vorstellungen. Howe und Tolmie (vgl. 2003) untersuchten 6- bis 15-jährige Kinder und berichten, dass einzelne Kinder etwa 5-15 Erklärungsansätze äußern. Die Schüler argumentieren neben den bereits genannten Erklärungsansätzen auch mit der Bewegung (des Gegenstandes oder auch der Flüssigkeit), dem Material des Gegenstandes, der Oberfläche (glatt, rau o.ä.), der 'Ausbalanciertheit' des Gegenstandes oder dessen Inhalt ('Hohlräume' oder 'Luft'). Je nachdem, welcher Kontext in der Befragung angesprochen wird, scheinen Schüler auf die eine oder andere Erklärung zurückzugreifen (vgl. Howe & Tolmie, 2003).

Viele der genannten Schülervorstellungen ('Wasser saugt nach unten'; 'Alles Leichte schwimmt' usw.) sind mit wissenschaftlichen Erklärungen des 'Schwimmens und Sinkens', d.h. mit den Konzepten der Dichte und der Auftriebskraft nicht vereinbar. Die meisten Schülervorstellungen sind nur begrenzt tragfähig, d.h. sie halten einer empirischen Prüfung in unterschiedlichen Kontexten nicht stand. Außerdem sind die Vorstellungen der Schüler i.d.R. durch eine geringe Verallgemeinerung gekennzeichnet. Statt dessen liegen offensichtlich fragmentierte, lose verbundene Vorstellungen vor, auf die je nach Situation zurückgegriffen wird. Ein allgemein-gültigeres, integrierteres Verständnis des 'Schwimmen und Sinkens' würde das In-Beziehung-Setzen (zumindest) zweier Größen erfordern: Des Volumens und der Masse (beim Wasser und beim Gegenstand), sofern mit dem Dichtekonzept argumentiert wird, oder der Auftriebskraft des Wassers und der Gewichtskraft des Gegenstandes, sofern auf das Auftriebskonzept als Erklärungsansatz zurückgegriffen wird. Piaget und Inhelder (vgl. 1977) gingen hier noch davon aus, dass Grundschul Kinder aufgrund der konkret-operationalen Verhaftetheit ihres Denkens zwei ab-

strakte Begriffe nicht in Beziehung setzen können. Janke (vgl. 1995) und Carey (vgl. 1991) konnten jedoch zeigen, dass Grundschul Kinder durchaus, sofern eine entsprechende situative Einbindung der Aufgaben gegeben war, über intuitive Dichtevorstellungen verfügen.

2.2.3.2 Naturwissenschaftliches Lernen als Conceptual Change

Aufbauend auf den im vorigen Abschnitt beschriebenen Befunden wurde in den 1980er Jahren, insbesondere im Bereich Naturwissenschaften, zunehmend untersucht, wie Schüler aus vorunterrichtlichen Vorstellungen wissenschaftlich angemessenere Vorstellungen entwickeln. Der Prozess der Veränderung ursprünglicher Vorstellungen wird dabei als Conceptual Change beschrieben (vgl. Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou & Papademetriou, 2001; Duit & Treagust, 2003). Die deutsche Übersetzung von Conceptual Change als 'Konzeptwechsel' ist insofern irreführend, als es nicht primär um einen Wechsel von einer nicht belastbaren zu einer adäquateren Vorstellung geht, sondern allgemein um die Veränderung vorhandener Vorstellungen bei Lernenden. Die Übersetzungen 'konzeptuelle Entwicklung' oder 'Konzeptveränderung' werden daher als passender erachtet (vgl. Möller, 2007).

Es liegen mittlerweile zahlreiche Conceptual-Change-Ansätze vor, die in unterschiedliche Rahmen-theorien eingebettet sind (vgl. Limón & Mason, 2002; Duit & Treagust, 2003). Die Ansätze unterscheiden sich u.a. in den Fragen, was bei Conceptual Change verändert wird und wie Conceptual Change verläuft (vgl. Mayer, 2002). Die verschiedenen Ansätze werden im Folgenden nicht genauer beschrieben, es wird aber auf die zweite Frage nach dem 'Wie' der Veränderung etwas näher eingegangen. Gemein ist Conceptual-Change-Ansätzen, dass die erforderlichen Lernprozesse als aktive Veränderung und Umstrukturierungen vorhandener kognitiver Strukturen gesehen werden (Cobb, 1994; Duit, 1996; Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou & Papademetriou, 2001).

Generell lassen sich zwei Arten von Conceptual Change akzentuierend voneinander abgrenzen. In Anlehnung an Piaget können Erweiterungen oder geringfügige Differenzierungen des vorhandenen Wissens als Assimilation beschrieben werden und von akkomodativem Conceptual Change unterschieden werden, in dem nicht belastbare Vorstellungen aufgegeben und neue, adäquatere Konzepte aufgebaut werden (vgl. Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982; Duit & Treagust, 2003; Mayer, 2002, Gregoire, 2003). Assimilative Wissensveränderungen sind auch als evolutionäre Veränderungen oder „weak conceptual change“ und die akkomodativen Veränderungen als revolutionäre, „radical conceptual change“ oder conceptual exchange bezeichnet worden (Carey, 1985; Carey, 1991; Duit & Treagust, 2003). Weitere Bezeichnungen wie conceptual growth, conceptual addition, conceptual revision oder conceptual emplacement weisen jeweils auf das Ausmaß der notwendigen Umstrukturierungen der vorhandenen Vorstellungen hin (vgl. Möller, 2007).

Paradigmatisch für Conceptual-Change-Ansätze ist der von Posner, Strike, Hewson und Gertzog (vgl. 1982). Diesem Ansatz zufolge erfordert Conceptual Change zum einen die Unzufriedenheit (dissatisfaction) des Lernenden mit seinen vorhandenen Vorstellungen und zum anderen klare Alternativen in Form von neuen bzw. einer neuen Vorstellung(en). Damit sie als Alternative gesehen werden, müssen die neuen Konzepte dem Lernenden minimal verständlich sein (intelligible), sie müssen ihm glaubwürdig (plausible) erscheinen und sich als fruchtbar (fruitful) erweisen, d.h. die neuen Konzepte müs-

sen sich in der Anwendung auf verschiedene Phänomene bewähren. Dieser als 'klassisch' bezeichnete Ansatz ist jedoch in verschiedener Hinsicht kritisiert und weiter entwickelt worden (Duit & Treagust, 2003).

Zunächst hat sich gezeigt, dass Conceptual Change kein plötzlicher Wechsel von einer alten zu einer neuen, wissenschaftlicheren Vorstellung ist, sondern eher ein gradueller und häufig langwieriger Prozess (vgl. Möller, 2007). Conceptual Change wird bspw. auch als Übergang von fragmentiertem Wissen zu strukturiertem Wissen beschrieben. Novizen im Bereich Physik verfügen, wie bereits angedeutet, über zahlreiche, aber ungeordnete Intuitionen über die physische Welt (vgl. diSessa, 1993). Im Expertenwissen sind jedoch frühe Intuitionen nicht einfach 'überschrieben', sondern das ursprünglich fragmentierte Wissen wird zunehmend verfeinert und in größere und strukturiertere Einheiten integriert (vgl. Chinn & Brewer, 1998). Auch die sog. Statustheorie (vgl. Hewson & Lemberger, 2000) spiegelt die Sichtweise eher gradueller Veränderungen wider. In Analogie zu Status im Sinne sozialer Macht haben nach dieser Theorie auch die Vorstellungen der Lernenden einen bestimmten Status, der in diesem Zusammenhang dann die intellektuelle 'Macht' bzw. Überzeugungskraft der jeweiligen Vorstellung meint (vgl. Hewson & Lemberger, 2000). Diese wird wiederum als Funktion der von Posner und Kollegen genannten Bedingungen 'intelligible', 'plausible' und 'fruitful' gesehen. Der Status einer Vorstellung verändert sich also in dem Maße, in dem sich die Vorstellung als verständlich, plausibel und fruchtbar erweist. Ein sinkender Status kann dann auch zu Unzufriedenheit mit der Vorstellung führen (vgl. Hewson & Lemberger, 2000; Duit & Treagust, 2003). Mit der Statustheorie wird auch verständlich, wie 'alte' und 'neue' Vorstellungen parallel existieren können. Ob vermehrt auf die eine oder die andere Vorstellung zurückgegriffen wird, ist dann eine Frage des Status der Vorstellungen.

Pintrich, Marx und Boyle (1993) ergänzen die von ihnen als 'kalt' bezeichnete klassische Theorie von Posner und Kollegen um sozial-affektive Faktoren („classroom contextual factors“ und „motivational factors“, S.175), die gegeben sein müssen, damit Lernende überhaupt bereit sind, vorhandene Vorstellungen zu verändern oder sogar aufzugeben. Als motivationale Faktoren nennen die Autoren Interessen, Zielsetzungen, Selbstwirksamkeitsüberzeugungen und auch epistemologische Überzeugungen. Classroom contextual factors sind u.a. Merkmale von Aufgaben (Grad der Authentizität und Herausforderung) oder der Umgang mit Fehlern (Fehlervermeidung oder 'fehlerfreundliches' Unterrichtsklima?) (vgl. Pintrich, Marx & Boyle, 1993; Pintrich, 1999). Pintrich und Kollegen sprechen in diesem Zusammenhang von einer 'heißen' Theorie zu Conceptual Change (vgl. Pintrich, Marx & Boyle, 1993).

Neuere Ansätze zu Conceptual Change greifen auch wieder stärker sozial-konstruktivistische Perspektiven und Sichtweisen aus der Theorie Vygotskys auf (vgl. Palincsar, 1999). Sie betonen, dass auch die soziale Umgebung entscheidenden Einfluss auf die kognitive Entwicklung nimmt, indem sie eine Quelle von Erfahrung und Information darstellt, die kognitive Stimulation auslöst (Duschl & Hamilton, 1998).

Situierte Ansätze zu Conceptual Change betonen die Kontextgebundenheit und Situiertheit der Entwicklung von Wissensstrukturen (vgl. Halldén et al., 2002; Stark, 2003). Sie kritisieren zum einen eine in Veröffentlichungen zu Conceptual Change teilweise vorzufindende 'Verdinglichung' von Konstrukten, mit denen die Repräsentation von Wissen beschrieben wird (Lernende 'haben' ein Konzept

oder sie 'haben es nicht') (vgl. Greeno, 1997). Zum anderen wenden sie sich gegen eine einseitige Defizitorientierung in der Beschreibung von Schülervorstellungen. Statt dessen betonen situierte Ansätze die Funktionalität solcher Vorstellungen bei der Alltagsbewältigung (vgl. Caravita, 2001; Stark, 2003). Weiter oben wurde bereits auf den Befund, dass Vorstellungen oft nur in dem Kontext genutzt werden, in dem sie erworben wurden, hingewiesen.

2.2.4 Ansätze und Befunde zum naturwissenschaftlichen Lehren

In den beiden vorigen Kapiteln wurde dargestellt, dass Schüler im Bereich der Naturwissenschaften bereits mit teilweise tief verankerten Vorstellungen von Phänomenen und Begriffen in den Unterricht kommen. Da diese Vorstellungen häufig zumindest in wichtigen Aspekten nicht mit den zu lernenden Konzepten übereinstimmen, sind z.T. tiefgreifende Konzeptveränderungen (Conceptual Change) nötig, die als aktive Umstrukturierungsprozesse seitens des Lernenden zu verstehen sind. Auf der Basis der Forschungen zu Schülervorstellungen und zu Conceptual Change sind Ansätze zur Gestaltung von Unterricht entwickelt worden, der Konzeptveränderungen begünstigen und den Aufbau konzeptuellen Verständnisses fördern soll. Ein solcher Unterricht wird in der Naturwissenschaftsdidaktik und der pädagogisch-psychologischen Forschung auch unter den Begriffen eines konstruktivistisch orientierten oder auch eines problemorientierten Unterrichts diskutiert (vgl. Duit, 1995; Möller, 1999; Duit & Treagust, 1998; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001). In der deutschsprachigen naturwissenschaftsbezogenen Fachdidaktik erfährt das Konzept des *genetischen Lehrens* vor dem Hintergrund der o.g. Forschungen zu Schülervorstellungen wieder verstärkte Beachtung. Auf dieses Konzept wird im Folgenden zuerst eingegangen. Es folgt eine überblicksartige Darstellung von konstruktivistisch orientierten Ansätzen, die auf Conceptual Change seitens der Schüler abzielen. Abschließend wird eine Übersicht über empirische Befunde zur Wirksamkeit der dargestellten Ansätze hinsichtlich der Erreichung von Zielkriterien seitens der Schüler gegeben. Studien, die konzeptuelles Verständnis der Schüler als Zielkriterium gewählt haben, stehen dabei im Vordergrund.

2.2.4.1 Ansätze zum Genetischen Lehren

In der deutschsprachigen mathematik- und naturwissenschaftsbezogenen Fachdidaktik wird aktuell wieder genetisch orientierten Konzeptionen des Lehrens besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Der Begriff des Genetischen Lehrens ist maßgeblich durch Wagenschein geprägt worden, der darunter einen genetisch-sokratisch-exemplarischen Unterricht versteht. 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 (vgl. 1976). In Anlehnung an Sokrates' Gesprächsführung solle auch die Lehrperson 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. Sokratische Gespräche sollten die Sprache der Kinder aufgreifen, ohne frühzeitig Fachbegriffe zu verwenden. Mit dem Exemplarischen ist die Beschränkung auf beispielhafte Themen und Arbeitsweisen gemeint, die unter

Rückgriff auf Bildungskategorien zu begründen seien. Erst durch eine Reduktion der Stofffülle seien die anderen beiden Prinzipien zu realisieren (vgl. 1976; Möller, 2007).

Köhnlein griff das Prinzip des Genetischen auf und übertrug es Anfang der 1980er Jahre auf den naturwissenschaftlichen Lernbereich des Sachunterrichts. Die „Genetischen Orientierung“ sieht Köhnlein (1996, S. 61) neben anderen als leitendes Prinzip der Unterrichtsgestaltung. Er beschreibt damit einen Unterricht, der „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). Köhnlein versteht Unterricht als Prozess der Wissenskonstruktion im sozialen Kontext und spricht daher auch von einem „konstruktiv-genetischen“ Ansatz (S. 63). Das genetische Lehren habe erstens eine fundierende Funktion, da anschlussfähige Vorstellungen gründlich und anknüpfend an das Vorverständnis der Schüler entwickelt werden. Zweitens habe es eine eröffnende Funktion, insofern durch Anwendung grundlegender Ideen auf neue Situationen weiterführende Einsichten ermöglicht werden. Drittens erfülle genetisches Lehren eine erschließende Funktion, da durch kritisches Prüfen und produktives Suchen Sach- und Sprachkompetenz aufgebaut werde. Wegen seiner Ausrichtung auf das Verstehen habe genetisches Lehren viertens eine erkenntnisleitende Funktion. Fünftens habe es eine unterrichtsgestaltende Funktion, da es einen forschenden, auf längere Lernzeiten angelegten Unterricht erfordere (vgl. Köhnlein, 1996; Möller, 2001c).

Im Kern sehen also sowohl Wagenschein als auch Köhnlein naturwissenschaftliches Lehren als Unterstützung der Schüler bei einem Wissensaufbau, der an ihrem Vorwissen ansetzt und durch dialogische Lehrformen angeregt wird.

2.2.4.2 Ansätze zur Gestaltung konstruktivistisch orientierter, Conceptual-Change-fördernder Lerngelegenheiten

Sowohl in der naturwissenschaftsdidaktischen als auch der pädagogisch-psychologischen Diskussion um die Gestaltung von Lerngelegenheiten spielen konstruktivistisch orientierte Sichtweisen eine besondere, wenn nicht eine dominierende Rolle (vgl. Duit, 1995; Duit & Treagust, 1998; Möller, 1999; Dubs, 1995; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; 2001; Terhart, 2003a). Allerdings stehen einer vergleichsweise großen, teilweise unübersichtlichen Bandbreite an theoretischen Positionen zum Lernen mindestens ebenso zahlreiche Ansätze zur Gestaltung von Unterricht gegenüber (vgl. Chinn & Brewer, 1998; de Jong & Pieters, 2006; Linn & Eylon, 2006). An verschiedener Stelle wird zudem darauf hingewiesen, dass eine direkte Ableitung von Lehr- aus Lerntheorien problematisch ist (vgl. Stark, Gruber & Mandl, 1998; Mayer, 2004). So sei bspw. aus der in konstruktivistischen Lerntheorien gemachten Aussage, dass jeder Wissenserwerb stets zu einem gewissen Teil selbstgesteuert abläuft, nicht die Konsequenz zu ziehen, dass Selbststeuerung auch als Unterrichtsmethode immer vorzuziehen sei. Bei zu hohen Anforderungen an die Selbststeuerung des Lernprozesses kann es zu einer Überforderung der Lernenden und damit zu motivationalen und kognitiven Passungsproblemen kommen (vgl. Stark, Gruber & Mandl 1998). Um ein regelrechtes Missverständnis konstruktivistischer Lerntheorien handelt es sich, wenn aus der Aussage, Lernen sei stets ein aktiver Prozess der Wissenskonstruktion, abgeleitet wird, dass Lernen am besten in praktische Tätigkeiten eingebunden sei (vgl. Mayer, 2004). Diese Gleichsetzung von Ler-

nen und Handeln ist im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens in der Grundschule verbreitet und als 'naiver Konstruktivismus' kritisiert worden (Prawat, 1992).

Im Folgenden werden Ansatzpunkte zur Gestaltung von Lerngelegenheiten beschrieben, die auf einer in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung weitgehend konsensfähigen moderat-konstruktivistischen bzw. inklusiv-konstruktivistischen Position basieren (vgl. Duit, 1997; Duit & Treagust, 1998; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001; Möller, 2001b) und von denen angenommen wird, dass sie Conceptual Change und den Erwerb konzeptuellen Verständnisses unterstützen. Es handelt sich erstens um die Anregung der kognitiven Aktivität der Lernenden, zweitens die Anregung eines konstruktiven Wissensaufbaus, drittens bedeutungsvolle Kontexte und Anwendungsbezüge, viertens Gelegenheiten für soziales und kooperatives Lernen sowie fünftens um die Anleitung und Unterstützung des Lernens durch die Lehrkraft. Eher aus der allgemeinen pädagogisch-psychologischen Forschung stammende Merkmale werden dabei um solche ergänzt, die speziell auf das naturwissenschaftliche Lehren im Primarbereich bezogen sind.

Anregung der kognitiven Aktivität der Lernenden. Wird Lernen als aktiver Konstruktionsprozess gesehen, der ohne eine Beteiligung des Lernenden nicht vorstellbar ist, so kommt der kognitiven Aktivität und dem Motivationsgeschehen des Lernenden eine besondere Bedeutung zu. Kritik an behavioristischen und an vorrangig kognitiv orientierten Motivationstheorien war u.a. Ausgangspunkt für die Entwicklung der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (vgl. Deci & Ryan, 1993) und der pädagogisch-psychologischen Interessentheorie (vgl. Krapp, 1998). Beide sind in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung aufgegriffen worden (vgl. z.B. Hartinger, 1997). Ansatzpunkte zur Förderung stärker selbstbestimmter Motivationsformen und zur Förderung von Interesse werden in der Gestaltung eines sozialen Kontexts gesehen, in dem Kompetenz- und Autonomieerfahrungen ermöglicht werden (vgl. Krapp, 1998). Des Weiteren werden problemorientierte Lernumgebungen empfohlen, um die kognitive Aktivität der Schüler herauszufordern (vgl. Soostmeyer, 1978; Einsiedler, 1994; Harlen, 1998; Möller et al., 2006).

Anregung konstruktiven Wissensaufbaus. Dieser Ansatzpunkt ist eng mit dem vorigen verbunden, bezieht sich aber stärker auf die für den Erwerb eines konzeptuellen Verständnisses erforderlichen Umstrukturierungs- und Ausdifferenzierungsprozesse des Wissens, also auf Conceptual-Change-Prozesse beim Lernenden. Hier wird zunächst als wichtig erachtet, die Schüler anzuregen, ihre Vorstellungen bspw. verbal 'in ihrer eigenen Sprache', zeichnerisch oder im Umgang mit Material zu äußern bzw. darzustellen (vgl. Tytler, 2002). In Abhängigkeit von der Art der Schülervorstellungen werden dann verschiedene Lehrstrategien vorgeschlagen: Sog. Konfliktstrategien werden empfohlen, wenn akkomodative Lernprozesse, also 'harte' Konzeptwechsel erforderlich sind. Die Lernenden sollten in diesem Fall mit Phänomenen (Evidenz) konfrontiert werden, die ihren Erwartungen widersprechen. Auf diese Weise sollen kognitive Konflikte und eine Unzufriedenheit mit den verfügbaren Erklärungsansätzen ausgelöst werden (vgl. Limón, 2001; hier auch Hinweise auf mit dem Einsatz dieser Strategie verbundene Probleme). Damit konfligierende Evidenz von den Lernenden auch als solche interpretiert wird, wird empfohlen, die Schüler zunächst Vermutungen aufstellen zu lassen, die dann getestet werden (vgl. White & Gunstone, 1992; Harlen, 1998; Newton, 2001; Tytler, 2002).

Zeigen sich in den Schülervorstellungen Überschneidungsbereiche mit den wissenschaftlichen Konzepten, werden Anknüpfungsstrategien empfohlen. Die Überschneidungsbereiche werden als Anker Vorstellungen (anchoring conceptions) bezeichnet, von denen ausgehend sich die wissenschaftlichen Konzepte entwickeln lassen (vgl. Möller, 1999). Das Herstellen von Analogien oder auch Strategien, bei denen den Schülern sog. Brücken-Vorstellungen angeboten werden, die die Kluft zwischen vorhandenen Schülervorstellungen und wissenschaftlichen Konzepten verringern sollen, stellen solche Anknüpfungsstrategien dar (vgl. Newton, 2001; Tytler, 2002). Verschiedene Lehrstrategien, die vorgeschlagen werden, zielen letztlich einerseits darauf ab, Unzufriedenheit bei den Schülern mit ihren vorhandenen Vorstellungen zu erzeugen, und andererseits, die Verständlichkeit, Plausibilität und 'Fruchtbarkeit' neuer Vorstellungen zu verstärken bzw. deren Status zu erhöhen. Der Aspekt der 'Fruchtbarkeit' wird im folgenden Ansatzpunkt noch einmal aufgegriffen. Ein Vorgehen, bei dem Erklärungen und Problemlösungen durch die Lehrkraft vorgegeben und Vorstellungen der Schüler nicht berücksichtigt werden, wird kritisch gesehen, da es nicht geeignet erscheint, die notwendigen Umstrukturierungsprozesse des Wissens der Schüler auszulösen (vgl. Möller, 1999).

Bedeutungsvolle Kontexte und Anwendungsbezüge. Die Annahme der Situiertheit und Kontextgebundenheit des Lernens legt es nahe, Lernenden authentische, d.h. 'alltagsnahe' Kontexte zum Erwerb des Wissens zur Verfügung zu stellen. Auf diese Weise sollen Lernerfahrungen in sog. 'realen' Kontexten verankert und so träges Wissen vermieden werden. Damit das Wissen nicht nur auf einen speziellen Kontext fixiert bleibt, sondern auch dekontextualisiert wird, wird vorgeschlagen, mehrere Beispiele und Kontexte für die Wissensanwendung zu bieten (vgl. Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; 2001). Auch die von Posner und Kollegen im Rahmen ihres Conceptual-Change-Ansatzes beschriebene Bedingung, neue Vorstellungen müssten als fruchtbar erfahren werden (vgl. 1982), unterstreicht die Bedeutung von Anwendungsbezügen. Erst durch den Bezug zu einem relevanten Kontext werden die zu erwerbenden wissenschaftlichen oder wissenschaftsnäheren Konzepte für die Schüler subjektiv bedeutsam (vgl. Tytler, 2002).

Gelegenheiten für soziales und kooperatives Lernen. Vor dem Hintergrund sozial-konstruktivistischer Positionen (vgl. Kelly & Green, 1998; Havu-Nuutinen, 2005), werden Lernumgebungen vorgeschlagen, in denen die Lernenden Gelegenheit haben, sich in sozialen Austauschprozessen mit dem Lerngegenstand auseinander zu setzen. Gruppenarbeiten oder Diskussionen sollen die Lernenden dazu anregen, Deutungen über natürliche Phänomene auszuhandeln, d.h. eigene Vorstellungen darzustellen und zu begründen sowie sich argumentativ mit Vorstellungen der Mitschüler auseinander zu setzen (vgl. Duschl & Hamilton, 1998; Newton, 2001; Tytler, 2002).

Anleitung und Unterstützung des Lernens. Bereits die beim Ansatzpunkt 'Anregung konstruktiven Wissensaufbaus' genannten Lehrstrategien stellen eine Art der Anleitung der Lernprozesse der Schüler durch die Lehrkraft dar. Der Gedanke der Anleitung und Unterstützung von Lernprozessen durch die Lehrkraft wird in sozial-konstruktivistischen Ansätzen, oft auch unter Bezug auf Arbeiten Vygotskys, hervorgehoben (vgl. Duschl & Hamilton, 1998; Pallincsar, 1998). Um eine selbstständige Wissenskonstruktion zu unterstützen, wird zwar betont, dass den Schülern Raum für eigenständige (Denk-) Aktivitäten gegeben werden muss, es wird aber auch hervorgehoben, dass zum anderen auch Strukturierungs-

hilfen seitens der Lehrkraft notwendig sind, um einer Überforderung der Lernenden durch zu viel Selbststeuerung entgegen zu wirken (Mayer, 2004; Bliss, Askew & Macrea, 1996; Möller et al., 2006). Zu viel Selbststeuerung kann dazu führen, dass die Lernenden ihre Lernprozesse nicht reflektieren und die intendierten wissenschaftlichen Konzepte nicht erreichen (Mayer, 2004). Die Lehrkraft muss daher geeignete Strukturierungsmaßnahmen vornehmen, welche die Lernenden beim Umstrukturieren ihres Wissens und beim Aufbau adäquaterer Konzepte unterstützen. Dabei geht es z.B. um eine sinnvolle Sequenzierung von komplexen Inhalten, um eine unterstützende Gesprächsführung und um den gezielten Einsatz von Denkhilfen (Möller et al., 2006). Derzeit wird in der Lehr-Lern-Forschung das ursprünglich von Bruner und Kollegen im Zusammenhang mit Ansätzen zum Entdeckenden Lernen entwickelte Konzept des „Scaffolding“ (Wood, Bruner & Ross, 1976) vermehrt wieder zur Beschreibung der notwendigen Anleitung von Lernprozessen durch die Lehrkraft herangezogen (vgl. Hogan & Pressley, 1997; Davis & Miyake, 2004; Pea, 2004; Reiser, 2004). Das Konzept weist auf die Notwendigkeit hin, den Lernenden zur Förderung ihrer kognitiven Aktivität ein optimales Level an Denkkunterstützung zu geben (vgl. Davis & Linn, 2000). Scaffolding ist auch Bestandteil des Cognitive-Apprenticeship-Ansatzes, der zum Ziel hat, Lernende über authentische Aktivitäten und soziale Interaktionen in eine 'Expertenkultur' einzuführen (vgl. Collins, Brown & Newman, 1989).

2.2.4.3 Empirische Befunde zum Einfluss konstruktivistisch und Conceptual-Change-orientierter Lernumgebungen auf das konzeptuelle Verständnis bei Schülern

In diesem Kapitel werden Studien zusammenfassend berichtet, die Effekte von Lernumgebungen, die auf der Grundlage der zuvor beschriebenen Ansätze gestaltet sind, auf das konzeptuelle Verständnis bei Schülern untersucht haben. Ein Schwerpunkt liegt auf Studien aus dem Bereich Naturwissenschaften, es werden aber auch solche aus dem Bereich Mathematik mit aufgenommen. Befunde zu Effekten der einzelnen o.g. Ansatzpunkte zur Gestaltung von Lernumgebungen zu berichten, ist nur eingeschränkt möglich, da vorliegende Studien selten einzelne Aspekte der genannten Ansatzpunkte fokussieren und da die Konstruktbildung zum sog. 'konstruktivistischen Unterricht' uneinheitlich und oft wenig präzise ist.

In verschiedenen Interventionsstudien, die die Wirksamkeit 'konstruktivistisch' orientierten Unterrichts prüfen, wird ein sog. 'traditioneller' Unterricht als Kontrollbedingung gewählt. Dieser traditionelle Unterricht ist i.d.R. vor allem durch darbietendes Lehren im Sinne einer Vorgabe von Erklärungen, Problemlösungen oder auch Verfahren gekennzeichnet. Diakidoy und Kendeou fanden, dass ein Unterricht, der Schülervorstellungen aufgreift und die Plausibilität neuer Konzepte hervorhebt, größere Zuwächse im konzeptuellen Verständnis der Schüler bewirkt als Unterricht, in dem vorrangig Lehrbuchbasiert Erklärungen vorgegeben werden (vgl. 2001). Wu und Tsai untersuchten Wirkungen einer fünfmonatigen Intervention im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Ein konstruktivistischer Unterricht, der u.a. durch das Aufgreifen und Herausfordern von Schülervorstellungen, durch Experimente, die bei Schülern kognitive Konflikte auszulösen vermögen, sowie durch Diskussionsrunden über Diskrepanzen zwischen Vermutetem und Beobachtetem gekennzeichnet war, wurde mit einem 'traditionellen' Unterricht verglichen. Auch in dieser Studie fanden sich bedeutsame Vorteile für die konstruktivistische Bedingung im Hinblick auf Fortschritte der Schüler (allerdings insbesondere der leis-

tungsstärkeren Schüler; s.u.: differenzielle Effekte) im konzeptuellen Verständnis (vgl. Wu & Tsai, 2005).

Z.T. effektstarke positive Auswirkungen konstruktivistischen, Conceptual-Change-orientierten Unterrichts auf Zuwächse im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Schülern zeigen des Weiteren die Studien von Adey und Shayer (vgl. 1994), Smith, Maclin, Grosslight & Davis (vgl. 1997), Christianson und Fisher (vgl. 1999), Tynjälä (vgl. 1999), Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou und Papedemetriou (vgl. 2001) sowie Adamson et al. (vgl. 2003). Auch Fallstudien deuten darauf hin, dass Unterricht, der anhand der im vorigen Teilkapitel beschriebenen Merkmale gestaltet ist, den Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses begünstigt (vgl. z.B. Beeth & Hewson, 1999; Havu-Nuutinen, 2005). Im Bereich Mathematik konnten Hickey, Moore und Pellegrino (vgl. 2001) sowie Abbott und Fouts (vgl. 2003) positive Effekte konstruktivistisch orientierten Unterrichts belegen. Gruehn fand darüber hinaus positive Zusammenhänge des aus Schülerperspektive wahrgenommenen (und klassenweise aggregierten) Grades konstruktivistischer Orientierung des Unterrichts mit Lernzuwächsen der Schüler über ein Jahr. Konstruktivistische Orientierung wurde mit zwei Skalen als genetisch-sokratisches Vorgehen und anspruchsvolles Üben erfasst (vgl. 2000).

Bei der Untersuchung situierter Lernumgebungen ist die Befundlage noch recht unbefriedigend. Bei Wissenstests, die direkt im Anschluss an Interventionen durchgeführt werden, zeigen sich z.T. schlechtere Ergebnisse für situierte Lernarrangements. Studien mit einer längeren zeitlichen Perspektive scheinen jedoch einen positiven Einfluss situierten Lernens zu belegen (vgl. Schmidt & Moust, 2000). Der Einfluss instruktionaler Unterstützung in Form von strukturierenden, prozessbezogenen Lernhilfen auf das konzeptuelle Verständnis konnte in den Studien von Davis und Linn (vgl. 2000) sowie Hardy, Jonen, Möller und Stern (2006) belegt werden.

Auch wenn in den genannten Studien teilweise die Wirksamkeit ganzer 'Merkmalsbündel' der Prozess-Qualität von Unterricht untersucht wird und z.T. die Gestaltung fairerer Kontrollbedingungen wünschenswert wäre, deuten die Befunde doch darauf hin, dass ein konstruktivistisch orientierter, an Conceptual-Change-orientierter Unterricht positive Effekte auf den Erwerb eines konzeptuellen Verständnisses hat.

Differenzielle Effekte. Mehrere Studien liegen mittlerweile vor, die ATI-Effekte (aptitude-treatment-interaction) von instruktionaler Unterstützung im Sinne des Scaffolding durch die Lehrkraft gefunden haben. Unterstützungsmaßnahmen wie die Strukturierung von Gesprächen, Zusammenfassungen oder die Gliederung der Unterrichtsinhalte nach sachlogischen Gesichtspunkten bzw. nach erwarteten Lernschwierigkeiten der Schüler zeigen insbesondere positive Effekte auf das Verständnis bei Schülern mit ungünstigeren Lernvoraussetzungen (vgl. Treinies & Einsiedler, 1996; Campbell, Kyriakides, Muijs & Robinson, 2004; Möller et al., 2002). Der Befund der o.g. Studie von Wu und Tsai (vgl. 2005) scheint dem zunächst zu widersprechen. In deren Studie profitierten im Hinblick auf konzeptuelles Verständnis insbesondere die leistungsstärkeren Schüler von einem konstruktivistisch orientierten Unterricht. Die Beschreibung dieses Unterrichts macht jedoch deutlich, dass instruktionale prozessbezogene Unterstützung durch die Lehrkraft hier nur eine untergeordnete Rolle spielte (vgl. S. 826). 'Konstruktivistischer' Unterricht wird in dieser Studie offensichtlich eher als ein offener „science inquiry“-orientierter

Unterricht (vgl. Tobin, Tippins & Gallard, 1994) konzeptionalisiert.

Basisdimensionen der Unterrichtsqualität. Natürlich sind auch für Lernumgebungen, die auf die Förderung naturwissenschaftlichen Verständnisses abzielen, die robusten Befunde aus Prozess-Produkt-Studien zu sog. Basisdimensionen von Unterrichtsqualität relevant (vgl. Brophy & Good, 1986; Ditton, 2002; Helmke, 2003). Diese Basisdimensionen beziehen sich auf allgemeine Merkmale des Unterrichts, die von den Besonderheiten der Lernprozesse in einzelnen Fächern oder Domänen weitgehend unabhängig bestehen. Zu diesen Dimensionen gehören eine störungspräventive Klassenführung und eine effektive Behandlung von kritischen Ereignissen, die Vereinbarung bzw. Setzung von Regeln und Prozeduren, eine angemessene Geschwindigkeit bei der Behandlung des Stoffs und ein moderates Interaktionstempo, das Nachdenken erlaubt, sowie bruchlose Übergänge zwischen Unterrichtsphasen. Auf die Bedeutung der Strukturiertheit der Darbietung des Stoffes, die ebenfalls als eine Basisdimension von Unterrichtsqualität angesehen wird, wurde bereits eingegangen. Es wird davon ausgegangen, dass Basisdimensionen der Unterrichtsqualität eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für den Lernerfolg der Schüler darstellen (vgl. Baumert, Neubrand & Blum, 2002; Helmke, 2003).

2.2.5 Zusammenfassung des Forschungsstandes zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen

Die vorliegende Studie untersucht die Bedeutung fachspezifischer Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen für den Erwerb konzeptuellen Verständnisses bei den Schülern. In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung wie in naturwissenschaftsbezogenen Bildungskonzeptionen wird das Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte als wichtiges Zielkriterium naturwissenschaftlichen Unterrichts angesehen. Konzeptuelles Verständnis lässt sich akzentuierend von einem 'Faktenwissen' abgrenzen, das aus wenig verbundenen Wissensbestandteilen besteht und durch einfaches Memorieren erworben und erinnert werden kann. Eine Anwendung dieses Wissens in neuen Kontexten ist oft nicht möglich. Konzeptuelles Verständnis basiert demgegenüber auf einem verbundenen, wohlorganisierten Wissen und ist in verschiedenen Situationen anwendbar.

Die Sicht von verständnisvollem naturwissenschaftlichen Lernen ist in der pädagogisch-psychologischen wie der fachdidaktischen Forschung maßgeblich durch konstruktivistische Ansätze geprägt. Verständnisvolles Lernen wird in diesen Ansätzen als aktive Wissenskonstruktion auf der Basis vorhandener Wissensstrukturen verstanden. Sozialkonstruktivistische Ansätze unterstreichen die Bedeutung sozial geteilter Kognitionen und sozialer Anregung von Wissenserwerbsprozessen. Forschungen zur situierten Kognition verweisen auf die Kontextgebundenheit des Wissenserwerbs und auf Probleme des Wissenstransfers.

Umfangreiche Forschung zu Schülervorstellungen hat gezeigt, dass Schüler bereits vor der Teilnahme an institutionalisierten Lernangeboten über z.T. tief verwurzelte Vorstellungen über Naturphänomene und naturwissenschaftliche Begriffe verfügen, die mit wissenschaftlichen Sichtweisen häufig nicht übereinstimmen und teilweise auch in starkem Kontrast zu diesen stehen. Conceptual-Change-Ansätze stellen fruchtbare Modelle zur Erklärung naturwissenschaftlicher Lernprozesse dar. Sie beschreiben Prozesse der Veränderung vorhandener (Schüler-)Vorstellungen. Diese Prozesse konzeptueller Verän-

derungen umfassen eher akkomodative Prozesse, die starke Umstrukturierungen erfordern, wie auch eher assimilative Prozesse der Wissensausdifferenzierung und -erweiterung.

Ansätze zum naturwissenschaftlichen Lehren sind ebenfalls durch konstruktivistische Sichtweisen beeinflusst. Ansatzpunkte zur Förderung des Erwerbs eines Verständnisses naturwissenschaftlicher Konzepte werden in der Anregung der kognitiven Aktivität der Lernenden, in verschiedenen Strategien zur Unterstützung von Conceptual Change, in der Einbettung der Lernprozesse in bedeutungsvolle Kontexte und in Anwendungssituationen, in der Anregung sozial diskursiven Lernens und schließlich in der Anleitung und Unterstützung der Lernprozesse im Sinne des Scaffolding durch die Lehrkraft. Auch das schon 'ältere' Konzept des genetischen Unterrichtens sieht naturwissenschaftliches Lehren als Unterstützung der Schüler bei einem Wissensaufbau, der an Vorstellungen der Schüler ansetzt und durch dialogische Lehrformen angeregt wird.

Empirische Studien belegen die Wirksamkeit eines Unterrichts, der an diesen Ansätzen orientiert gestaltet wird. Die instruktionale Unterstützung durch die Lehrkraft im Sinne eines Scaffolding scheint dabei differentiell zu wirken: Besonders leistungsschwächere Schüler profitieren von der Anleitung des Lernens durch die Lehrkraft, während leistungsstärkere Schüler auf diese Unterstützung nicht unbedingt angewiesen zu sein scheinen.

2.3 Ansätze und Befunde zu Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen

In diesem Kapitel werden theoretische Ansätze und Befunde zu Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen referiert. Dabei werden diese Vorstellungen zunächst in theoretische Ansätze zum professionellen und speziell zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen von Lehrkräften eingeordnet. In diesem Zusammenhang wird auch die Diskussion um das Verhältnis der Begriffe 'Wissen' und (subjektive) 'Überzeugungen' knapp skizziert und anschließend der Begriff der 'Vorstellungen' in diese Diskussion eingeordnet. Anschließend wird das in dieser Arbeit zugrunde gelegte Verständnis fachspezifischer Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen weiter konkretisiert und es werden Annahmen und Befunde zur Entstehung und 'mental' Organisation dieser Vorstellungen skizziert. Ausführlicher wird dann eine Übersicht über vorliegende Studien zur inhaltlichen Ausprägung der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften gegeben. Da davon auszugehen ist, dass Zusammenhänge von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten von Schülern über die Art und Weise der Unterrichtsgestaltung durch die Lehrkräfte vermittelt werden, werden in Kapitel 2.3.3 theoretische Ansätze und Befunde zu der Frage berichtet, wie Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen mit deren unterrichtlichem Handeln zusammenhängen. Anschließend werden Studien und deren Befunde referiert, die sich direkt mit der Frage nach Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit dem Lernerfolg von Schülern befassen haben. Vor diesem Hintergrund wird Bedarf für weitere Forschung beschrieben.

2.3.1 Theoretische Rahmung: Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen als Bestandteil professionellen Wissens von Lehrkräften

In den folgenden drei Teilkapiteln werden Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen in theoretische Ansätze zum professionellen Wissen von Lehrkräften eingeordnet. Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen, wie sie in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, können als Teil dieses professionellen Wissens und speziell als Teil des sog. fachspezifisch-pädagogischen Wissens angesehen werden (s. Kapitel 2.3.1.2). In Kapitel 2.3.1.3 wird der Begriff der 'Vorstellungen' zu den Begriffen 'Wissen' und 'Überzeugungen' in Beziehung gesetzt.

2.3.1.1 Professionelles Wissen von Lehrkräften

Lehrkräfte strukturieren ihre beruflichen Handlungssituationen, die oft relativ komplex, mehrdeutig und rasch wandelbar sind, aktiv-konstruktiv, indem sie diese Situationen zu einem gewissen Grad planen, fortlaufend analysieren, interpretieren und in bestimmter Weise rekonstruieren. Diese gedanklichen Prozesse werden je nachdem, ob sie vor, während oder nach dem unterrichtlichen Handeln stattfinden, als prä-, inter- und postaktive Denkprozesse bezeichnet (vgl. Dann, 2000; Bromme & Brophy, 1986; Clark & Peterson, 1986).

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. Lehrkräfte benutzen dieses Wissen in ihrer schulischen Arbeit zur Interpretation von Situationen, zur Entwicklung von Handlungsplänen, zur Handlungsausführung und bei der nachgängigen Handlungsbeurteilung (vgl. Dann, 2000; zur zentralen Rolle des Wissens vgl. Borko & Putnam, 1996).

Professionelles Wissen von Lehrkräften ist oft durch die Integration von Wissen aus unterschiedlichen Domänen (z.B. Pädagogik, Psychologie, Fachwissenschaften) und auch persönlichen Erfahrungen im schulischen Kontext gekennzeichnet. In Kapitel 2.3.1.2 wird näher auf das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften eingegangen, bei dem diese von den Lehrkräften zu leistende Wissensintegration besonders deutlich wird.

Für die Erforschung des professionellen Wissens von Lehrkräften erscheint es hilfreich, dieses Wissen in verschiedene Komponenten zu gliedern und diese Komponenten gezielt zu untersuchen (vgl. Bromme, 1997). In der Mehrheit der Veröffentlichungen zu professionellem Wissen von Lehrkräften wird die Frage, welche Wissenskomponenten Lehrkräfte bei der Bewältigung ihrer beruflichen Anforderungen nutzen, zumindest implizit eingeschränkt auf die Anforderungen, die sich Lehrkräften im Unterricht selbst oder in direktem Zusammenhang damit, wie z.B. der Unterrichtsplanung, stellen. Vor dem Hintergrund, dass das Unterrichten als Kernbereich der professionellen Tätigkeit von Lehrkräften angesehen werden kann (vgl. Terhart, 2003b), wird diese Einschränkung auch im Folgenden aufgegriffen.

Ist es für die Untersuchung professionellen Lehrerwissens und auch für daraus zu ziehende Konse-

quenzen für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften nützlich, inhaltliche Komponenten des Professionswissens zu beschreiben, so ist eine solche Gliederung insofern problematisch, als sie in gewissem Widerspruch zu der Annahme der starken Integration und 'Verschmelzung' des Expertenwissens bei Lehrkräften steht (vgl. Fennema & Loef Franke, 1992; Grossman, 1994). Bisher gibt es erst wenig empirische Evidenzen für die Unterscheidbarkeit der angenommenen Wissensdomänen. Hinweise auf die empirische Rekonstruierbarkeit dieser Inhaltsbereiche finden sich aber z.B. bei Diedrich, Thußbas und Klieme (vgl. 2002) sowie in der COACTIV-Studie von Baumert und Kollegen (vgl. Kunter et al., 2006), die zeigen konnten, dass fachspezifisches Wissen (hier als „vertieftes Wissen über den Schulstoff“ bezeichnet) und fachspezifisch-pädagogisches Wissen bei Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe zwar deutlich korrelierte, aber distinkte Faktoren darstellen (vgl. Kunter et al., 2006).

In einer Reihe von Review-Artikeln zum professionellen Lehrerwissen und anderen Veröffentlichungen werden verschiedene Gliederungen des professionellen Wissens von Lehrkräften vorgeschlagen (vgl. Elbaz, 1983; Carter, 1990; Grossman, 1994; Leinhart & Smith, 1985; Shulman, 1987; Borko & Putnam, 1996). Diese Gliederungen unterscheiden sich neben der Anzahl der beschriebenen Komponenten z.T. auch in deren Definition. Bromme (vgl. 1992, 1997) hat die Arbeiten von Shulman (vgl. 1986a, 1987), der noch sieben Komponenten beschrieben hatte (vgl. 1987), aufgegriffen und eine „Topologie“ (1992, S. 96) mit fünf zentralen Komponenten vorgeschlagen.

- a) Eine erste Komponente umfasst *fachliches Wissen*, wie es in den akademischen Bezugsdisziplinen der Schulfächer entwickelt wird. Dieses Wissen wird von (angehenden) Lehrkräften insbesondere in den Veranstaltungen der universitären Ausbildungsphase erworben, die keinen schulischen Bezug haben und gemeinsam mit Studierenden in Diplom-Studiengängen o.ä. besucht werden. Den unterschiedlichen Anteilen solcher Veranstaltungen in den Lehramtsstudiengängen entsprechend variiert der Umfang dieses Wissen bei Lehrkräften der verschiedenen Schulformen und -stufen (vgl. Bromme, 1997).
- b) Von dem fachlichen Wissen hebt Bromme das *curriculare Wissen* bzw. das Schulfach- oder, im Falle der Grundschule, auch das Lernbereich-bezogene Wissen ab, das Wissen über curricular vorgesehene Inhalte der Schulfächer/Lernbereiche umfasst. Dieses Wissen stellt nicht einfach nur ein 'vereinfachtes' Wissen der Wissenschaftsdisziplinen dar, sondern es ist vielmehr durch Zielvorstellungen von Unterricht und Schule, wie sie z.B. aus Allgemeinbildungskonzeptionen stammen, angereichert (vgl. Bromme, 1992, S. 96 f.; 1997).
- c) In der englischsprachigen Literatur wird unterschieden zwischen *knowledge of subject matter* und *knowledge about subject matter* (vgl. Borko & Putnam, 1996). Den zweiten Bereich hat Bromme als *Philosophie des Schulfaches* bezeichnet (vgl. 1997). Gemeint sind damit oft normativ geprägte Vorstellungen über das 'Wesen' der fachlichen Inhalte, wozu sie nützlich sind und in welcher Beziehung sie zu anderen Bereichen menschlichen Lebens und Wissens stehen (vgl. Bromme, 1997). Zahlreiche Untersuchungen liegen zu Vorstellungen von Lehrkräften über das 'Wesen der Naturwissenschaften' (nature of science) vor, insbesondere zu Vorstellungen über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, über die Rolle des Experiments, über das Verhältnis von Theorie und Evidenz im Erkenntnisprozess u.ä. (einen Überblick gibt Lederman, 1992; 1999). Dass normative Vorstellungen

über die Philosophie des Schulfaches oft eng mit Vorstellungen zum Lehren und Lernen in diesem Fach verbunden sind, wird weiter unten noch etwas näher ausgeführt. Die von Bromme beschriebenen Inhaltsbereiche „fachliches Wissen“ und „curriculares Wissen“ sowie z.T. auch die „Philosophie des Schulfaches“ werden in anglo-amerikanischen Veröffentlichungen oft unter dem Begriff des „content knowledge“ subsumiert (vgl. z.B. Borko & Putnam, 1996). Die Bereiche „fachliches Wissen“ und „curriculares Wissen“ werden im Folgenden als fachspezifisches Wissen bezeichnet.

- d) Allgemein-pädagogisches Wissen umfasst Wissen über das Lehren, Lernen und über Schüler, das weitgehend unabhängig von fachlichen Inhalten besteht (vgl. Shulman, 1987; Bromme, 1992; 1997; Borko & Putnam, 1996; Morine-Dershimer & Kent, 1999). In diesen Bereich fallen z.B. Wissen über verschiedene Strategien einer effektiven Klassenführung, Wissen über allgemeine Methoden der Leistungserfassung und -bewertung sowie darüber, wie unterrichtliche Aktivitäten generell strukturiert und Schüler im Unterricht beteiligt werden können.
- e) Fachspezifisch-pädagogisches Wissen ist sehr allgemein gesprochen Wissen darüber, wie konkrete fachliche Inhalte Schülern zugänglich gemacht werden können. Es ist integriertes Wissen, oder wie Shulman sagt, eine Art „amalgam“ (Shulman, 1987, S. 8), in dem u.a. pädagogisch-psychologische Kenntnisse und eigene Lehr- und Lernerfahrungen der Lehrkraft auf das curriculare Wissen bezogen werden (vgl. Bromme, 1997). Wissen, das in der fachdidaktischen Aus- und Fortbildung erworben wird ('fachdidaktisches Wissen'), liefert zwar Muster solch integrierten Wissens, ein großer Teil dieser Integration muss jedoch von den Lehrkräften eigenständig vorgenommen werden (vgl. Bromme, 1997). Fachspezifisch-pädagogisches Wissen wird als Inhaltsbereich professionellen Wissens gesehen, der die Expertise von Lehrkräften maßgeblich prägt (vgl. Shulman, 1987; Munby, Russell & Martin, 2001). Die Entwicklung dieses Wissens kann als Spezifikum der Professionalität von Lehrkräften gesehen werden (vgl. Grossman, 1994).

Da Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften als Teilbereich des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angesehen werden können (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999, Putnam & Borko, 1997), wird auf diese Wissenskomponente ausführlicher im folgenden Kapitel 2.3.2 eingegangen. Auf differenziertere Ausführungen zu den anderen Komponenten professionellen Wissens wird an dieser Stelle verzichtet, da das vorliegende Kapitel nur der Einordnung der in dieser Arbeit thematisierten Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in theoretische Ansätze zum Professionswissen von Lehrkräften dient. Auch auf Vorschläge, die Domänen professionellen Lehrerwissens um bspw. das Beratungswissen und Wissen über Experten-Laien-Kommunikation zu ergänzen (vgl. Krauss et al., 2004 in Anlehnung an Bromme, Jucks & Rambow, 2000 sowie Hiebert, Gallimore & Stigler, 2002), wird aus diesem Grund hier nicht weiter eingegangen.

2.3.1.2 *Der fachliche Kontext in der Erforschung professionellen Wissens von Lehrkräften: Fachspezifisch-pädagogisches Wissen*

Wie Bullough (vgl. 2001) in einer historischen Analyse aufzeigt, kann die Idee des fachspezifisch-pädagogischen Wissens bereits auf Arbeiten von Parr aus dem Jahre 1888 zurückgeführt werden. Zu großer Beachtung hat er jedoch erst durch die Arbeiten von Shulman (vgl. 1986a; 1987) gefunden.

Maßgeblich durch dessen Arbeiten inspiriert widmete sich Forschung zum professionellen Wissen von Lehrkräften ab Ende der 1980er Jahre verstärkt dem Wissen, das auf konkrete fachliche Inhalte bezogen ist (Segall, 2004). Shulman hatte diese Perspektive als „missing paradigm“ (1986a, S. 7) in der Unterrichtsforschung bezeichnet: Diese habe sich zu sehr nur auf fachunspezifische Determinanten der Erreichung von Zielkriterien konzentriert wie bspw. Klassenführung und -organisation, Lob und Tadel oder das Niveau von Lehrerfragen. Shulman kritisierte, dass sowohl Prozess-Produkt-Studien als auch Studien zu Lehrerkognitionen fachliche Bezüge vernachlässigt hätten (vgl. 1986a).

Zunächst beschrieb Shulman das fachspezifisch-pädagogische Wissen als eine Unterkategorie des fachbezogenen Wissens. Er differenzierte letzteres in fachspezifisches Wissen (subject matter knowledge), curriculares (curricular) und eben fachspezifisch-pädagogisches Wissen (pedagogical content knowledge), das auch als „subject matter for teaching“ bezeichnet wurde (Shulman, 1986a). In späteren Veröffentlichungen entwickelten Shulman und seine Kollegen die theoretische Konzeption der Domänen professionellen Wissens und auch die Beschreibung fachspezifisch-pädagogischen Wissens weiter. Fachspezifisch-pädagogisches Wissen wurde jetzt als eigenständige, 'gleichrangige' Komponente professionellen Lehrerwissens neben fachspezifischem Wissen, allgemein-pädagogischem Wissen und weiteren, insgesamt sieben Domänen verstanden (vgl. Shulman, 1987) und in dieser Weise definiert:

„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 of 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 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)

Die Integration und Transformation von Wissen verschiedener Herkunft wird als entscheidendes Merkmal fachspezifisch-pädagogischen Wissens angesehen (vgl. Chen & Ennis, 1995; Gess-Newsome, 1999a). Wie bereits angedeutet entsteht fachspezifisch-pädagogisches Wissen in einem 'Verdichtungsprozess', in dem vor allem pädagogisch-psychologische Kenntnisse, fachliches Wissen sowie eigene Lehr-/Lernerfahrungen aufeinander bezogen werden (vgl. Bromme 1992; 1997; Shulman, 1987).

In der Expertiseforschung wird die Integration von Wissen verschiedener Herkunftsbereiche auch als Enkapsulation von Wissen (knowledge encapsulation) beschrieben (vgl. Schmidt & Boshuizen, 1992). Boshuizen und Schmidt untersuchten die Diagnosefähigkeiten von Medizinerinnen und stellten fest, dass diese mit zunehmender Erfahrung beim Erstellen von Diagnosen immer weniger expliziten Bezug auf theoretisches Wissen nehmen, dieses Fachwissen aber nicht einfach vergessen oder ignorieren, sondern es vielmehr in generalisierten fallbezogenen Schemata repräsentieren. Eine Übertragung des Konzepts der Enkapsulation von Wissen auf das professionelle Wissen von Lehrkräften ist m.E. erst in Ansätzen geschehen (vgl. Bromme, 1995).

In der Folge von Shulmans Beschreibungen professionellen Wissens von Lehrkräften erfuhr insbesondere das fachspezifisch-pädagogische Wissen besondere Aufmerksamkeit in der Forschung zu Lehrerkognitionen (vgl. Gess-Newsome, 1999a; Segall, 2004). Schon aus einer einfachen Betrachtung heraus wird die wichtige Bedeutung fachspezifisch-pädagogischen Wissens plausibel: Versteht man Unterrichten als die Vermittlung konkreter fachbezogener Inhalte, so wird deutlich, dass Wissen darüber, wie

und unter welchen Bedingungen diese fachlichen Inhalte Schülern zugänglich gemacht werden können, im Kernbereich der Lehrerprofessionalität steht. Mittlerweile liegen zahlreiche vor allem qualitative, Fall-orientierte Studien vor, die zeigen konnten, dass sich Novizen- und Experten-Lehrkräfte beträchtlich in der Komplexität und Elaboriertheit ihres fachspezifisch-pädagogischen Wissens unterscheiden (vgl. die Übersichten bei Munby, Russell & Martin, 2001; Putnam & Borko, 1997; Woolfolk Hoy, Davis & Pape, 2006). Erste Hinweise dafür, dass fachspezifisch-pädagogisches Wissen von Lehrkräften auch für die Lernergebnisse von Schülern eine Rolle spielt, finden sich in Studien, die das fachspezifisch-pädagogische Wissen mittelbar über Abschlüsse, die Zahl besuchter Fortbildungen u.ä. erfassten (vgl. Lipowsky, 2006). Derartige Indikatoren stellen natürlich nur sehr vage Maße für professionelles Wissen dar, zumal die Wirksamkeit von Lehreraus- und -fortbildungsmaßnahmen sehr kontrovers diskutiert wird (vgl. Nettle, 1998). Erst seit kurzem liegen im Bereich Mathematik eine amerikanische Studie an Grundschullehrkräften und eine deutsche Studie mit Sekundarstufenlehrkräften vor (vgl. Hill, Rowan & Ball, 2005; Baumert, Blum & Neubrand, 2002), die fachspezifisch-pädagogisches Wissen von Lehrkräften direkt über Tests maßen und mit Lernergebnissen der Schüler in Beziehung setzten. Erfasst wurden in beiden Studien Wissen über Schülerkognitionen wie 'Fehlvorstellungen' und typische Lernschwierigkeiten, Instruktionwissen, d.h. Wissen über Erklärungsansätze und Repräsentationen, und Wissen über unterschiedliche Lösungswege von Aufgaben (vgl. Brunner et al., 2006; Kunter et al., 2006; Hill, Rowan & Ball, 2005). In beiden Studien zeigte sich das Wissen der Lehrkräfte auch bei Kontrolle relevanter Variablen auf Individual- und Klassenebene als bedeutsamer Prädiktor von Lernzuwächsen der Schüler im Laufe eines Schuljahres.

Außerdem existieren einige wenige Studien, die fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen, die als Teil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angesehen werden können (s. folgendes Teilkapitel), erfasst und mit Lernerfolgsmäßen seitens der Schüler in Beziehung gesetzt haben. Auf diese Studien wird noch genauer in Kapitel 2.3.3.6 eingegangen.

Ein Modell zum naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissen

Ebenso wie für das professionelle Wissen von Lehrkräften sind auch unterschiedliche Gliederungsansätze für das fachspezifisch-pädagogische Wissen entwickelt worden (vgl. Segall, 2004). Für Shulman umfasst fachspezifisch-pädagogisches Wissen „the ways of representing and formulating the subject that make it comprehensible to others“ sowie „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 the most frequently taught topics and lessons“ (1986a, S. 9).

Grossman (vgl. 1990) hat Shulmans Beschreibungen aufgegriffen und weiter ausgearbeitet. Sie schlägt einen zunächst noch nicht auf ein bestimmtes Fach bezogenen Ansatz zur Strukturierung fachspezifisch-pädagogischen Wissens vor (vgl. auch Borko & Putnam, 1996; Putnam & Borko, 1997). Magnusson, Kajcik und Borko haben wiederum auf der Basis dieses Ansatzes einen Gliederungsversuch für das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen unternommen (vgl. 1999). Da dieser Ansatz, wie bereits der von Grossman (vgl. 1990), auch Aussagen zu Relationen zwischen einzelnen Wissensbereichen macht, sprechen die Autoren von einem Modell fachspezifisch-pädagogischen

Wissens.

Eine erste Komponente umfasst *Wissen über naturwissenschaftliches Verständnis von Schülern* und beinhaltet Wissen über Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens und über potenzielle Lernschwierigkeiten der Schüler (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999). Damit unterscheidet sich diese Wissensdomäne von allgemeinem Wissen über Lernvoraussetzungen und über das Lernen der Schüler. Wissen über Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens umfasst insbesondere Wissen über vor dem Unterricht bestehende Schülervorstellungen zu naturwissenschaftlichen Konzepten und Verfahren. Dabei ist zwischen Wissen über typische Präkonzepte und solchem über Vorstellungen der konkreten Schüler einer unterrichteten Klasse zu unterscheiden. Letzteres wird von einigen Autoren (vgl. Grossman, 1990; Carlsen, 1999; Morine-Dersheimer & Kent, 1999 für den Bereich des pedagogical knowledge) dem sog. Kontextwissen zugeschrieben. Barnett und Hodson sprechen von fachspezifisch-pädagogischem Kontextwissen (vgl. 2001). Ebenfalls zum Bereich 'Wissen über Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens' wären Wissen über Schülervorstellungen vom Wesen der Naturwissenschaften ('nature of science') und über erforderliches 'Vorwissen', das Schüler bspw. für das Verständnis eines speziellen naturwissenschaftlichen Phänomens benötigen, zu zählen. Diese Bereiche fachspezifisch-pädagogischen Wissens sind m.E. bisher noch kaum untersucht. Die beiden Bereiche 'Wissen über Bedingungen naturwissenschaftlichen Lernens' und 'Lernschwierigkeiten' ließen sich natürlich auch wieder als getrennte Wissenskomponenten darstellen, denn Lernschwierigkeiten der Schüler ergeben sich nicht nur aus deren Präkonzepten, die den wissenschaftlichen Konzepten z.T. konträr entgegenstehen, sondern oft auch aus 'sachlogischen Barrieren', die aus der Struktur der zu lernenden Konzepte resultieren. Eine wichtige Voraussetzung für Wissen über derartige in der sachlogischen Struktur begründeten Lernschwierigkeiten ist vermutlich ein relativ elaboriertes fachspezifisches Wissen der Lehrkraft.

Eine weitere Komponente fachspezifisch-pädagogischen Wissens beinhaltet *Wissen über themenspezifische Lehrstrategien und Repräsentationsformen*. Wissen über Lehrstrategien bei einem spezifischen Unterrichtsthema umfasst u.a. Wissen über geeignete unterrichtliche Aktivitäten wie Schülerexperimente, Demonstrationen, Langzeitbeobachtungen o.ä. sowie Wissen über geeignete Maßnahmen zur Sequenzierung oder allgemeiner zur Strukturierung des Unterrichts. Auch Wissen über themenspezifische Realisierungen von Conceptual-Change-Strategien wie der sog. 'Konfliktstrategie' ist diesem Bereich zuzuordnen (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999). In Abweichung von Magnusson, Krajcik und Borko werden Lehrstrategien, die generell auf das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen bezogen sind (fachbezogene Lehrstrategien), nicht der hier beschriebenen Komponente zugeschrieben, sondern der u.g. fünften Komponente (Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften). Auf diese Weise sind die beiden Bereiche besser voneinander abzugrenzen. Der Bereich 'Wissen über Repräsentationsformen' bezieht sich auf Wissen über Möglichkeiten, bestimmte naturwissenschaftliche Konzepte, Zusammenhänge oder Verfahren so darzustellen, dass das Verständnis der Schüler unterstützt wird. Es konnte gezeigt werden, dass erfolgreiche Lehrkräfte über ein umfassendes Repertoire an Modellen, Beispielen, Metaphern, graphischen Darstellungen usw. sowie Möglichkeiten, diese Repräsentationsformen an spezifische Bedürfnisse von Schülern anzupassen, verfügen (vgl. Eisenhart, Borko, Underhill, Brown, Jones & Agard, 1993).

Mit der dritten Wissenskomponente *Wissen über naturwissenschaftliche Curricula* nehmen Magnusson und Kollegen einen Inhaltsbereich in ihr Modell zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen auf, der starke Überschneidungen mit dem von Shulman (vgl. 1987) und Bromme (vgl. 1997) beschriebenen curricularen Wissen aufweist, jedoch noch stärker pädagogisch und fachdidaktisch geprägt ist. Diese Wissenskomponente enthält zum einen Wissen über Zielsetzungen, die mit naturwissenschaftlichem Unterricht verfolgt werden, und Möglichkeiten der 'vertikalen Vernetzung' von Unterrichtsinhalten, also der Berücksichtigung eines kumulativen Wissensaufbaus bei der mittel- und längerfristigen Unterrichtsplanung (Stichwort 'Spiralcurriculum'). Zum anderen umfasst diese Komponente auch Wissen über spezifische ausgearbeitete Curricula wie das Curriculum 'Insights' (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999).

Als vierte Komponente greifen Magnusson et al. einen Inhaltsbereich fachspezifisch-pädagogischen Wissens auf, den Tamir (vgl. 1991) vorgeschlagen hatte und der sich in der Grossman'schen Gliederung (vgl. 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 der Erfassung von als relevant erachteten Dimensionen des Lernens der Schüler zusammen (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999).

Mit der fünften Kategorie beschreiben Magnusson, Krajcik und Borko (vgl. 1999) eine Wissenskomponente, die den zentralen Fokus der vorliegenden Arbeit bildet: Sie sprechen in Anlehnung an Grossman (vgl. 1990) von „overarching conceptions of teaching a particular subject“ (S. 97) oder auch, bereits auf Naturwissenschaften bezogen, von „orientations toward science teaching and learning“ (S. 97). Diese Facette fachspezifisch-pädagogischen Wissens repräsentiert eine generelle Sichtweise bzw. ein generelles Verständnis vom Lehren und Lernen in einem Fach (hier Naturwissenschaften, das im anglo-amerikanischen Raum i.d.R. auch in der Sekundarstufe ein integriertes Schulfach ist). Sie besteht aus z.T. normativ geprägten Vorstellungen über Lernvoraussetzungen der Schüler, das Lernen der Schüler und über die Art und Weise der Gestaltung günstiger Lernbedingungen in einem Fach (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999; Borko & Putnam, 1996; Putnam & Borko, 1997; Fennema & Lof Franke, 1992 für den Bereich Mathematik; s. ausführlicher Kapitel 2.3.2.1). Dabei wird angenommen, dass Lehrkräfte über Vorstellungen verfügen, die auf das Lehren und Lernen in einem Fach bezogen sind und eine Art organisierenden Rahmen für das oben beschriebene fachspezifisch-pädagogische Wissen bilden. Die Bedeutung dieser Wissenskomponente wird darin gesehen, dass diese Vorstellungen als „conceptual map“ (Borko & Putnam, 1996, S. 676) bzw. als umfängliches Bezugssystem (vgl. Shulman, 1987; Combe & Kolbe, 2004) eine integrative Funktion für das fachspezifisch-pädagogische Wissen und damit auch für unterrichtliche Entscheidungen, die Bestimmung von Zielsetzungen des Unterrichts, für geeignete Lehrstrategien, die Auswahl und Gestaltung von Schüleraufgaben, die Art und Weise des Gebrauchs von Lehrmaterialien sowie für die Einschätzung und Bewertung des Lernens der Schüler erfüllen (vgl. Borko & Putnam, 1996, Putnam & Borko, 1997).

Diese Idee der das fachspezifisch-pädagogische Wissen organisierenden Funktion von fachbezogenen Vorstellungen zum Lehren und Lernen haben Magnusson, Krajcik und Borko in folgender modifiziert wiedergegebener Grafik dargestellt.



Abbildung 2: Komponenten fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich Naturwissenschaften (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko 1999; modifiziert)

Sicherlich sind weitere relevante Bereiche naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens denkbar (vgl. z.B. Barnett & Hodson, 2001). Da das wiedergegebene Modell jedoch nur als 'Rahmenmodell' zur Einordnung fachspezifischer Vorstellungen zum Lehren und Lernen in das fachspezifisch-pädagogische Wissen von Lehrkräften dienen soll, wird auf eine weitergehende, differenziertere Darstellung verzichtet. Auf das Verhältnis der in dem Modell genannten Begriffe 'Vorstellungen', 'Wissen' und 'Beliefs' wird im Folgenden etwas genauer eingegangen. 'Übergreifenden' Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen (hier) von Naturwissenschaften wird in dem o.g. Modell eine wichtige integrative Funktion für die anderen genannten Wissensfacetten zugesprochen. Da fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen den zentralen Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit darstellen, werden theoretische Ansätze und empirische Befunde zu dieser Wissenskomponente ausführlicher in Kapitel 2.3.2 dargestellt. Ziel der Arbeit ist, wie bereits einleitend angedeutet, zu untersuchen, inwieweit diese Wissenskomponente im Zusammenhang mit verständnisvollem naturwissenschaftlichem Lernen bei den Schülern steht.

2.3.1.3 Professionelles Wissen, subjektive Überzeugungen (beliefs) und Vorstellungen von Lehrkräften - zum Wissensbegriff in der Forschung zu Lehrerkognitionen

Bereits 1987 stellten Clandinin und Connelly bei einer Analyse von Konstrukten, die in Forschungsarbeiten zum persönlichen professionellen Wissen von Lehrkräften verwendet werden, eine verwirrende Bandbreite an Begriffen („bewildering array of terms“, S. 487) fest (vgl. 1987). Dort finden sich Begriffe wie conceptions, beliefs, orientations, understandings, implicit theories, practical knowledge, images, rules of practice, practical principles und weitere. Auch die in dieser Arbeit thematisierten übergreifenden Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen in einem Fach werden in Veröffentlichungen zu Lehrerkognitionen mit verschiedenen Konstrukten beschrieben. Im angelsächsischen Sprachraum werden vor allem die Begriffe 'conceptions' und 'beliefs' verwendet (vgl. Thompson, 1992; Zedler, Fischler, Kirchner & Schröder, 2004). 'Conceptions' wird i.d.R. mit dem deutschen 'Vorstellung-

gen' übersetzt, der Begriff 'beliefs' mit '(subjektiven) Überzeugungen'. Das Verhältnis der Begriffe 'conceptions' und 'beliefs' zum Wissensbegriff ist häufig leider unklar und teilweise auch innerhalb einer Publikation widersprüchlich (vgl. z.B. Bassarear, 1989). Besondere Konfusion scheint darin zu bestehen, ob das, was hier als Vorstellungen zum Lehren und Lernen beschrieben ist, als Wissen oder eher als subjektive Überzeugung (belief) zu verstehen ist.

In dem o.g. Modell von Magnusson, Krajcik und Borko werden auf ein Schulfach bezogene Vorstellungen zum Lehren und Lernen als Bestandteil fachspezifisch-pädagogischen Wissens, d.h. als eine Form von Wissen angesehen. Krauss et al. beispielsweise fassen derartige mental repräsentierte Strukturen von Lehrkräften unter dem Begriff 'Überzeugungen', die sie demgegenüber nicht dem professionellen Wissen von Lehrkräften zuschreiben (vgl. 2004). Vor dem Hintergrund dieser unterschiedlichen Begriffsverwendungen wird im Folgenden versucht, das Verhältnis der Begriffe 'Vorstellungen', 'subjektive Überzeugungen' und 'Wissen' etwas genauer zu bestimmen. Dazu wird zunächst die Diskussion um das Verhältnis von Wissen und (subjektiven) Überzeugungen knapp skizziert und anschließend der Begriff der 'Vorstellungen' in diese Diskussion eingeordnet.

Zum Verhältnis von Wissen und Überzeugungen

Die Unterscheidung von Wissen und subjektiven Überzeugungen bezeichnet Pajares (vgl. 1992) als „daunting undertaking“ (S. 309), als entmutigendes Unterfangen. Nicht zuletzt durch die Diskussion um konstruktivistische Sichtweisen von Wissen und Erkenntnisgewinnung sind Fragen, wo Grenzen zwischen Wissen und subjektiven Überzeugungen liegen und ob man zwischen diesen beiden Konstrukten überhaupt sinnvoll unterscheiden kann, neu aufgeworfen worden (vgl. Southerland, Sinatra & Matthews, 2001).

In der philosophischen Tradition Platons wird eine klare Unterscheidung von Wissen und subjektiver Überzeugung angestrebt. In seiner klassischen Definition beschreibt Plato Wissen als begründete, wahre Überzeugung (justified true belief). Wissen erfordert demnach drei Bedingungen: (1.) *Wahrheit*, d.h. die Forderung, dass eine Aussage mit der Realität übereinstimmt, (2.) *Überzeugung*, d.h. das Individuum muss überzeugt sein, dass die Aussage wahr ist, und schließlich (3.) *Evidenz*, d.h. das Individuum muss gute Gründe haben, davon auszugehen, dass die Aussage wahr ist. Die Wahrheits- und die Evidenz-Bedingung sind in der Folge am stärksten diskutiert worden. Lindgren zeigt anhand von Passagen aus dem Theaetetus, dass sich Plato selbst der Schwierigkeiten bewusst war, wie gezeigt werden kann, ob eine Aussage wahr ist oder nicht (vgl. 1999). Southerland, Sinatra und Matthews stellen dar, wie in der empiristischen, der rationalistischen und der falsifikationistischen Logik mit dem Problem der Begründung von Wissen umgegangen wird (vgl. 2001). Für die vorliegende Arbeit ist relevant, dass die Wahrheits-Bedingung aktuell i.d.R. in einem sozial-konstruktivistischen Sinne interpretiert wird, d.h. eine Aussage wird dann als wahr angesehen, wenn sie in der (wissenschaftlichen) Gemeinschaft konsensfähig ist (Lehrer, 1990). Beliefs bzw. Überzeugungen erfordern im Gegensatz zu Wissen nicht die hohen epistemologischen Anforderungen, wie sie mit dem Wissensbegriff verbunden werden. Folgt man einer Definition von Richardson (vgl. 1996), so ist für den Belief-Begriff die zweite o.g. Bedingung hinreichend, d.h. Überzeugungen beschreiben Aussagen, von denen ein Individuum überzeugt ist, dass

sie wahr sind. Der Grad der Überzeugung kann dabei variieren (vgl. Thompson, 1992; Richardson, 1996; Furinghetti & Pekohnen, 2002). Eng mit der genannten Definition verbunden ist ein Merkmal, das in der philosophischen Diskussion Überzeugungen zugeschrieben wird: Beliefs sind nicht konsensual, sondern 'streitbar' (vgl. Nespor, 1987; Pajares, 1992; Thompson, 1992). Southerland, Sinatra und Matthews zeigen auf, dass 'affektive Tönung' und 'Resistenz gegenüber Veränderung' bzw. 'Stabilität über Zeit' keine geeigneten Merkmale zur Differenzierung von Wissen und Überzeugungen sind (vgl. 2001) und diskutieren weitere Probleme der begrifflichen Fassung von Überzeugungen. Hofer und Pintrich (vgl. 1997) stellen fest, dass Beliefs einen „particularly slippery term“ (S. 112) in der psychologischen Literatur darstellen.

Alexander und Dochy (vgl. 1995) untersuchten bei Vertretern erziehungswissenschaftlicher und psychologischer Forschung deren Sichtweisen auf Wissen und Überzeugungen. Sie fanden, dass Wissen – wie in der philosophischen Tradition – i.d.R. mit der Notwendigkeit für Begründung und externe Validierung in Zusammenhang gebracht wird, während Überzeugungen als epistemologisch weniger tragfähig angesehen werden. Generell sprachen die befragten Forscher den beiden Konstrukten aber überschneidende Dimensionen zu (vgl. Alexander & Dochy, 1995).

Radikale Konstruktivisten haben die Unterscheidbarkeit von Wissen und Überzeugung generell in Frage gestellt und setzen die beiden Konstrukte gleich. Sie argumentieren, es gebe keinen direkten epistemischen Zugang zur äußeren Welt. Jede Form von Kognition sei durch die Erfahrungen und spezifischen Strukturen des Individuums 'gefiltert'. Auch Wissen, das durch systematische Forschung erzielt werde, sei daher stets als Produkt des aktiv wissenden Subjekts zu verstehen (vgl. z.B. Schmidt, 1987).

Auch in der Literatur zu Lehrerkognitionen werden die Begriffe Wissen und Überzeugung oft zusammengefasst (vgl. Fennema & Lof Franke, 1992; Richardson, 1996; Southerland, Gale & Matthews, 2001; Woolfolk Hoy, Davis & Pape, 2006). Diese Austauschbarkeit der Begriffe resultiert jedoch nicht, wie dies bei den Radikalen Konstruktivisten der Fall ist, aus einer philosophisch begründeten Position, sondern vielmehr aus der Feststellung der Schwierigkeiten, die sich dabei ergeben, Wissen und subjektive Überzeugung im Bereich von Lehrerkognitionen empirisch zu trennen. Dies kann am fachspezifisch-pädagogischen Wissen verdeutlicht werden: Eine zentrale Eigenschaft dieses Wissens ist die Integration von Wissen verschiedener Herkunftsbereiche (u.a. akademisches Wissen aus Pädagogik, Psychologie und (Fach-)Didaktik) mit eigenen Lehr- und Lernerfahrungen der Lehrkraft. Das heißt, dieses Wissen wird einerseits als 'subjektiv' und 'persönlich' definiert, wäre also besser mit dem Begriff der subjektiven Überzeugung beschrieben. Diese Position äußert auch Kagan in ihrer Forschungsübersicht zu Beliefs bei Lehrkräften (vgl. 1992). Andererseits hat professionelles Wissen von Lehrkräften, wie in der eben genannten Beschreibung des fachspezifisch-pädagogischen Wissens ersichtlich wird, auch eine deutliche empirische Komponente und ist außerdem zumindest teilweise auf akademischem, im Rahmen der Aus- und Weiterbildung erworbenem Wissen basiert, so dass die Bezeichnung als Wissen angebracht erscheint. Vor diesem Hintergrund wird in vielen Veröffentlichungen zu Lehrerkognitionen davon ausgegangen, dass professionelles Wissen von Lehrkräften sowohl auf Wissen als auch auf Beliefs basiert, wobei eine klare empirische Trennung oft nicht möglich erscheint (vgl. Richardson, 1996; Fennema & Lof Franke, 1992). Die Zusammenfassung von Wissen und subjektiver Überzeugung ge-

schiebt hier im Gegensatz zu den Radikalen Konstruktivisten nicht aus philosophisch hergeleiteten Gründen, sondern ist vielmehr in den Problemen der empirischen Trennung der beiden Konstrukte und dem (weiten) Wissensbegriff, der in diesem Forschungsbereich vertreten wird, begründet (vgl. Southerland, Sinatra & Matthews, 2001). Das in dieser Arbeit aufgegriffene Modell zu Komponenten fachspezifisch-pädagogischen Wissens (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999) spiegelt diese Sichtweise von Wissen wider: Beliefs werden hier als Teil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens verstanden. Zusammengefasst scheint die Abgrenzung von Wissen und Überzeugungen im Bereich des professionellen Wissens von Lehrkräften schwierig, und nur eine akzentuierende, graduelle Unterscheidung der beiden Begriffe entlang der o.g. Beschreibungen möglich zu sein.

Vorstellungen zum Lehren und Lernen als inklusiver Begriff

Wie beim Belief-Begriff finden sich auch beim Begriff der 'Vorstellungen' unterschiedliche Beschreibungen. Marton versteht Vorstellungen (conceptions) als „permanent entities; they belong to the inner, subjective world; their function is to make sense of those real world entities they are conceptions of“ (1990, S. 613). Pehkonen charakterisiert Vorstellungen als bewusste Überzeugungen (vgl. 1994); Ponte beschreibt sie als organisierende Rahmen für andere mental repräsentierte Strukturen. Vorstellungen seien i.d.R. als Metaphern repräsentiert (vgl. 1994). In den meisten Fällen wird der Begriff 'Vorstellungen' jedoch als weiter 'inklusive' Begriff verstanden, der Wissen und subjektive Überzeugungen umfasst (vgl. Thompson, 1992; Lloyd & Wilson, 1998; Diedrich, Thußbas & Klieme, 2002). Zu diesem Ergebnis kommen auch Furinghetti und Pehkonen, die auf Beliefs spezialisierte Forscher aus dem Bereich 'Mathematische Bildung' befragt haben (vgl. 2002). Der Begriff der 'Vorstellungen' wird dann bevorzugt, wenn gerade betont werden soll, dass die thematisierten mentalen Strukturen sowohl epistemologisch validiertes Wissen als auch eher subjektiv geprägte Überzeugungen umfassen. Dieser begrifflichen Bestimmung wird in der vorliegenden Arbeit gefolgt und daher von *Vorstellungen* von Lehrkräften über das Lehren und Lernen gesprochen. Weitere begriffliche Konkretisierungen werden im folgenden Kapitel vorgenommen, in dem es um Ansätze und Befunde zu Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen geht.

2.3.2 Ansätze und Befunde zu Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen

In diesem Kapitel wird das in dieser Arbeit zugrunde gelegte Verständnis fachspezifischer Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen weiter konkretisiert und es werden Annahmen und Befunde zur Entstehung und 'mentalen' Repräsentation dieser Vorstellungen skizziert. Ausführlicher wird dann eine Übersicht über vorliegende Studien zur inhaltlichen Ausprägung der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften gegeben. Einen Schwerpunkt bildet, wie bereits angedeutet, eine Forschungsübersicht zur Frage der inhaltlichen Ausprägung von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen in Naturwissenschaften (Kapitel 2.3.2.3). Abschließend wird u.a. diskutiert, inwieweit die in dieser Übersicht beschriebenen Vorstellungen der Lehrkräfte Übereinstimmungen mit dem in Kapitel 2.2 wiedergegebenen Stand der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen aufweisen.

2.3.2.1 **Fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen: Konkretisierung des Konstrukts**

Die Literatur zu Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen ist, wie bereits beschrieben, durch eine große Bandbreite an Begriffen gekennzeichnet und vielfach sind leider unklare Begriffsverwendungen vorzufinden (vgl. Pajares, 1992; Kagan, 1992; Calderhead, 1996). Schon vor diesem Hintergrund scheint es daher notwendig, das in dieser Arbeit zugrunde gelegte Verständnis von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen näher zu beschreiben.

Der Gegenstandsbereich von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen

Zur Beschreibung des Gegenstandsbereichs von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen wird im Folgenden zunächst auf den Grad der fachspezifischen Ausprägung dieser Vorstellungen eingegangen und anschließend speziell auf den Gegenstandsbereich von Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften.

In den zahlreichen Studien zu Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen werden diese Vorstellungen mit unterschiedlichem Grad fachspezifischer Ausprägung beschrieben und untersucht (vgl. Bryan & Atwater, 2002). Vorstellungen zum Lehren und Lernen liegen hinsichtlich ihres fachlichen Bezugs offensichtlich unterschiedlich stark generalisiert vor. So können Vorstellungen der Lehrkräfte ganz allgemein auf das Lehren und Lernen im schulischen Kontext bezogen sein. Sie können sich aber auch spezifischer auf das Lehren und Lernen in einem Unterrichtsfach oder Lernbereich, das Lehren und Lernen von konkreten Unterrichtsthemen oder sogar von spezifischen Begriffen oder Konzepten, die im Unterricht thematisiert werden, beziehen. Je nachdem wie stark die Lehrervorstellungen fachlich spezifiziert sind, können sie dem oben beschriebenen allgemein-pädagogischen oder eher dem fachspezifisch-pädagogischen Wissen zugeschrieben werden. Dies soll die folgende Grafik verdeutlichen.

Fachspezifisches Wissen	
Curriculares Wissen	
Philosophie des Schulfaches	
Allgemein-pädagogisches Wissen	Vorstellungen zum Lehren und Lernen:  Kontinuum der fachlichen Spezifität 
Fachspezifisch-pädagogisches Wissen	

Abbildung 3: Zuordnung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen zu Komponenten des professionellen Lehrerwissens (linke Spalte) und Andeutung eines Kontinuums fachspezifischer Ausprägung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen

In dieser Arbeit werden, wie bereits im Kapitel zum fachspezifisch-pädagogischen Wissen angedeutet, Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen untersucht, die auf ein Schulfach bzw. einen Lernbereich (hier den naturwissenschaftlichen Lernbereich) in der Grundschule bezogen sind.

Fischler (vgl. 2001; 2004) hat den Gegenstandsbereich von Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in vier Bereiche gegliedert, die er am Beispiel des Faches Physik beschreibt. Bei den vier Bereichen handelt es sich nicht, wie Fischler auch sagt, um ein im ei-

gentlichen Sinne empirisch begründetes Modell der Struktur von Lehrervorstellungen über das Lehren und Lernen, sondern um eine Struktur, die Fischler aus den in vorliegenden Studien fokussierten Gegenstandsbereichen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen rekonstruiert hat (vgl. 2004).

1. Vorstellungen über das Lernen von Physik, die explizite und implizite Theorien über den Ablauf und die Beeinflussbarkeit von Lernprozessen beinhalten. Darunter fallen Ansichten über die Bedeutung von Alltagsvorstellungen der Schüler, über geschlechts- und entwicklungsbezogene Unterschiede hinsichtlich der Leistungsfähigkeit sowie leistungsbezogene Attributionen.
2. Vorstellungen über das Lehren von Physik, die Ansichten über Ziele des Physikunterrichts, über didaktisch-methodische Strategien und deren Auswirkungen auf Interaktionen im Unterricht sowie Ansichten über den Umgang mit Lernproblemen, Lernhemmnissen oder Fehlern seitens der Schüler umfassen. Auch Vorstellungen über Möglichkeiten der Förderung von Motivation und Interesse sowie über die Bedeutung von Experimenten im Unterricht fallen in diesen Bereich.
3. Wissenschaftstheoretische Vorstellungen, die sich u.a. auf die Bedeutung des Experiments für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung beziehen.
4. Die Selbstsicht als Physiklehrer, die das Selbstverständnis hinsichtlich der primären Aufgaben des Lehrers umfasst (vgl. Fischler, 2001; 2004).

Der dritte von Fischler genannte Bereich ist der o.g. von Bromme beschriebenen 'Philosophie des Schulfaches' zuzuordnen. In der anglo-amerikanischen Literatur wird dieser Bereich, sofern er auf Naturwissenschaften bezogen ist, als '(conceptions of the) nature of science' bezeichnet (vgl. Lederman, 1992; 1999). Fischler subsumiert diesen Bereich unter Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. Auch wenn Studien auf z.T. enge Beziehungen zwischen der Fachphilosophie (hier 'nature of science') und fachspezifischen Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen im Sinne der beiden ersten von Fischler beschriebenen Bereiche hinweisen (s. Kapitel 2.3.2.2), so werden in dieser Arbeit fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen enger gefasst und nur auf die ersten beiden und den vierten der o.g. Bereiche bezogen untersucht. Es wird also der theoretischen Unterscheidung von Philosophie des Schulfaches als Teil des fachspezifischen Wissens auf der einen Seite und Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Sinne der beiden ersten Bereiche bei Fischler als Teil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auf der anderen Seite gefolgt (vgl. Bromme, 1997). Dieses engere Verständnis von fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen wird auch in den meisten empirischen Studien aufgegriffen (vgl. die Überblicksdarstellungen von Thompson, 1992 (Mathematik); Mellado, Blanco & Ruiz, 1998 (Naturwissenschaften)). Fischlers vierter Bereich, die Selbstsicht als Fachlehrer, wird in dieser Arbeit nur insofern als Bereich von Vorstellungen zum Lehren und Lernen verstanden, als sie, wie im Folgenden beschrieben, auf die Gestaltung von Lerngelegenheiten im Unterricht bezogen ist.

Mit Hilfe des in Kapitel 2.1.5 dargestellten Angebots-Nutzungs-Modells zur Wirkungsweise von Unterricht kann zu heuristischen Zwecken aus einer theoretischen Perspektive noch näher konkretisiert werden, worauf sich die in dieser Arbeit thematisierten Vorstellungen über das Lehren und Lernen beziehen. Aus dem Modell lassen sich folgende Gegenstandsbereiche von Vorstellungen über das Lehren

und Lernen ableiten:

- ◆ Vorstellungen über das Lehren, die sich auf die Angebotsstruktur von Unterricht oder, anders ausgedrückt, auf die Gestaltung von Lerngelegenheiten und somit gewissermaßen auf 'guten' bzw. 'weniger guten' Unterricht 'an sich' beziehen. (Vorstellungen über guten bzw. weniger guten Unterricht 'an sich')
- ◆ Vorstellungen über das Lehren, die sich auf die Wirksamkeit bestimmter Unterrichtsangebote mit Blick auf die Erreichung von Zielen, d.h. Lernergebnissen (multiple Zielkriterien) bei den Schülern beziehen. Vorstellungen über angestrebte Zielsetzungen des Lehrens im jeweiligen Fach fließen hier mit ein. (Vorstellungen über 'effektiven bzw. weniger effektiven Unterricht')
- ◆ Vorstellungen über das Lernen, die sich auf individuelle Verarbeitungs- bzw. Lernprozesse und individuelle Lernvoraussetzungen der Schüler beziehen (Vorstellungen über das Lernen und individuelle Lernvoraussetzungen)

Die Unterscheidung dieser drei prototypischen Kategorien dient in erster Linie der heuristischen Fassung des Gegenstandsbereichs der hier thematisierten Lehrervorstellungen. Es ist davon auszugehen, dass die genannten Bereiche in den Vorstellungen der Lehrkräfte eng verbunden und empirisch nicht klar zu trennen sind. Darauf wird im Folgenden etwas näher eingegangen.

Vorstellungen zum Lehren und Vorstellungen zum Lernen als separate Konstrukte? In zahlreichen Studien werden Vorstellungen zum Lehren und Lernen als ein Konstrukt erfasst (vgl. z.B. Smith & Neale, 1989; 1991; Levitt, 2002; Porlán & del Pozo, 2004; Keys, 2005; vgl. auch die Übersichten bei Kagan, 1992; Mellado, Blanco & Ruiz, 1998; Fischler, 2001 sowie die Übersicht über vorliegender Studien zu Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in Kapitel 2.3.2.3). Auch in dem Modell zu Komponenten fachspezifisch-pädagogischen Wissens, auf das in dieser Arbeit Bezug genommen wird, wird von 'overarching conceptions of teaching and learning' gesprochen, also keine theoretische Unterscheidung zwischen Vorstellungen zum Lehren und solchen zum Lernen getroffen (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999). Es stellt sich die Frage, ob Vorstellungen zum Lehren in einem Fach einerseits und Vorstellungen zum Lernen in diesem Fach andererseits distinkte und unterscheidbare Kognitionen bei Lehrkräften darstellen. Hinweise darauf können Studien geben, die diese beiden Konstrukte separat erfasst haben. Eine solche Studie ist die von Tsai (vgl. 2002). Er untersuchte 37 taiwanesischen Lehrkräfte der Sekundarstufe (Physik und Chemie) mittels teilstrukturierter Interviews. Es zeigte sich eine recht deutliche Parallelität von Vorstellungen über das Lehren und über das Lernen von Naturwissenschaften. 30 der 37 Lehrkräfte wurden in diesen beiden Bereichen die gleichen Kategorien zugeordnet, so dass der Autor die Vorstellungen der Lehrkräfte als „closely aligned“ und „nested“ bezeichnet (Tsai 2002, S.777). Auch Bryan (vgl. 2003) kommt in ihrer Fall-Studie mit einer angehenden Grundschullehrerin zu diesem Ergebnis und spricht ebenfalls hinsichtlich der Vorstellungen zum Lehren und Lernen von „nestedness of beliefs“ (2003, S. 835). Hinweise auf enge Bezüge zwischen Vorstellungen zum Lernen und Vorstellungen zum Lehren von Naturwissenschaften finden sich außerdem in den Studien von Gustafson und Rowell (vgl. 1995), Mellado (vgl. 1998), Koballa, Gräber, Coleman und Kemp (vgl. 2000) sowie Wallace und Kang (vgl. 2004). Koballa

et al. fanden allerdings neben Evidenzen für die Konsistenz von Vorstellungen zum Lehren und zum Lernen auch Hinweise auf Inkonsistenzen: Es zeigte sich, dass eine Vorstellung von Chemie-Lernen als Problemlösen unabhängig von einer Vorstellung als Chemie-Lehren als Bereitstellung von Problemsituationen variierte (vgl. 2000).

Vor dem Hintergrund dieser Befundlage und der Feststellung, dass in vielen vorliegenden Veröffentlichungen Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen als ein Konstrukt verstanden und erfasst werden, wird dies in der vorliegenden Untersuchung auch so gehandhabt.

Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen als fachspezifisch-pädagogische Philosophie von Lehrkräften

Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen, wie sie in dieser Arbeit untersucht werden, können auch in Analogie zur Philosophie des Schulfaches, die Bromme in seiner o.g. Taxonomie professionellen Lehrerwissens beschrieben hat (vgl. 1992; 1997), als fachspezifisch-pädagogische Philosophie von Lehrkräften verstanden werden. Das, was die Philosophie des Schulfaches für das fachbezogene Wissen darstellt, sind fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen für das fachspezifisch-pädagogische Wissen.

Kennzeichnend für die Philosophie des Schulfaches ist, dass dieses Wissens oft mit *bewertenden Anteilen* angereichert ist (vgl. Bromme, 1992, S.98-100). Analog dazu wird dies hier auch für fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Sinne einer fachspezifisch-pädagogischen Philosophie von Lehrkräften angenommen. Diese Vorstellungen enthalten oft Bewertungen, welche Art von Lernumgebungen im Unterricht realisiert werden sollten, wie das Lernen der Schüler gut oder weniger gut unterstützt wird, wie Schüler (fachbezogenes) Wissen erwerben und welche fachspezifischen Lernvoraussetzungen sie in den Unterricht 'mitbringen' (s. die oben beschriebenen Gegenstandsbereiche von fachspezifischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen). Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen beinhalten also auch Präferenzen für bestimmte Formen des Lehrens und Lernens im jeweiligen Fach. Da diese Präferenzen oft normativ begründet sind, sprechen Baumert und Kollegen auch von präskriptiven Vorstellungen zum Lehren und Lernen (vgl. Baumert et al., 2004).

Die Bedeutung von Wissen, das mit Bewertungen angereichert ist, ist in Expertenstudien in ganz unterschiedlichen Berufsfeldern gezeigt worden (vgl. Bromme, 1992, S.98). Indem es bspw. die Gewichtung von zu bearbeitenden Problemen oder die Bewertung von Zielen und Teilzielen ermöglicht, kommt bewertendem, normativ geprägtem Wissen diesen Untersuchungen zufolge eine orientierende Funktion für das deklarative und prozedurale professionelle Wissen zu. Auch im Bereich der Lehrerkognitionsforschung wird die Bedeutung von Wissen, das bewertende Anteile enthält, hervorgehoben (vgl. Clark & Peterson, 1986; Pajares, 1992; Richardson, 1996; van den Berg, 2002). Dies kommt auch darin zum Ausdruck, dass Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen oft als Überzeugungen (beliefs) rekonstruiert werden (vgl. Pajares, 1992; Richardson, 1996; Calderhead, 1996).

Die Annahme, dass bewertende Vorstellungen zum Lehren und Lernen einen organisierender Rahmen für das naturwissenschaftsbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen bilden, ist in dem o.g. Modell von Magnusson, Krajcik und Borko (vgl. 1999) aufgegriffen. Die Autoren sprechen daher auch von „orientations“ (S. 97). Dies steht in Übereinstimmung mit der oben zitierten allgemeinen Beschrei-

bung von Vorstellungen als organisierende Rahmen für andere mental repräsentierte Strukturen (vgl. Ponte, 1994). Die Annahme einer integrativen Funktion von fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen für andere Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens müsste sich in empirischen Zusammenhängen zwischen diesen beiden Bereichen widerspiegeln. Aussagekräftige Studien, die fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen und weitere Komponenten fachspezifisch-pädagogischen Wissens separat erhoben und in Beziehung gesetzt haben, sind die COACTIV-Studie von Baumert, Blum und Neubrand (vgl. 2002) und eine Studie von Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (vgl. 1989). In COACTIV konnte gezeigt werden, dass auf konkrete mathematische Inhalte bezogenes fachspezifisch-pädagogisches Wissen mit einer konstruktivistischen Vorstellung zum Lehren und Lernen von Mathematik positiv zusammenhängt und negativ mit einer Vorstellung von Lehren und Lernen als 'einfache Wissensübertragung' (vgl. Brunner, et al., 2006). Das auf konkrete mathematische Inhalte bezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen umfasste Wissen über instruktionale Strategien und Repräsentieren, Wissen über Schülerkognitionen und Wissen über multiple Lösungspotentiale von Aufgaben. Peterson und Kollegen kommen zu ähnlichen Ergebnissen: Lehrkräfte mit einer stärker kognitiv-konstruktiven Vorstellung vom Mathematiklehren und -lernen hatten ein reicheres Wissen über verschiedene Arten von Textaufgaben und konnten die kognitiven Anforderungen, die unterschiedlichen Textaufgaben zugrunde liegen, adäquater beschreiben. Außerdem verfügten diese Lehrkräfte über ein größeres Wissen über Problemlösestrategien der Schüler (vgl. Peterson, Fennema, Carpenter & Loef, 1989). Diese Befunde können als Hinweise darauf interpretiert werden, dass fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen als 'fachspezifisch-pädagogische Philosophie' von Lehrkräften zumindest in Beziehung mit anderen Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens stehen.

Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen als situationsübergreifende, mehr oder weniger stabile Kognitionen

Vorstellungen über das Lehren und Lernen sind als *situationsübergreifende Kognitionen* zu verstehen. Eine wichtige Annahme, die den in dieser Arbeit thematisierten Lehrervorstellungen zugrunde liegt (und die in der Literatur oft nur implizit enthalten ist), ist die, dass diese fachbezogenen Lehrervorstellungen weitgehend unabhängig von spezifischen (Unterrichts-)Situationen und Kontexten bestehen. Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen, wie sie hier verstanden werden, stellen relativ stark generalisierte Ansichten über das Lehren und Lernen in einem Fach oder Lernbereich dar (vgl. Borko & Putnam, 1996). Damit unterscheiden sie sich von dem für das fachspezifisch-pädagogische Wissen ebenfalls als bedeutsam erachteten situations- bzw. kontextspezifischem Wissen, das u.a. auch als Kontextwissen (vgl. z.B. Grossman, 1990; Barnett & Hodson, 2001) beschrieben worden ist.

Während Überzeugungen (Beliefs) i.d.R. als zeitlich relativ stabil beschrieben werden werden (vgl. Thompson, 1992; Richardson, 1996), wird diese Annahme bei Vorstellungen zum Lehren und Lernen nicht getroffen. Sie können vielmehr über die Zeit gesehen mehr oder weniger stabil sein. Sie umfassen sowohl zeitlich stabile 'tiefe' Überzeugungen als auch eher ad hoc konstruierte Ansichten, die über die Zeit gesehen nicht besonders stabil sind.

Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen als 'prototypische' und sozial geteilte Kognitionen

Da persönliche Lehr- und Lernerfahrungen der Lehrperson eine wichtige 'Quelle' von Vorstellungen zum Lehren und Lernen darstellen (s.u.: Kapitel 2.3.2.2), scheint es nahe liegend, diese Vorstellungen als sehr ideosynkratische Kognitionen zu verstehen. In zahlreichen Fallstudien konnte die individuelle und ideosynkratische Ausprägung professionellen Wissens und auch dessen hohe Ausdifferenzierung insbesondere bei fortgeschrittener Expertise gezeigt werden (vgl. Calderhead, 1996). Die von Magnusson, Krajcik und Borko (vgl. 1999) sowie Putnam und Borko (vgl. 1997) beschriebenen Vorstellungen zum Lehren und Lernen, die in der vorliegenden Arbeit thematisiert werden, sind jedoch eher als prototypische und durch stärkere Generalisierung gekennzeichnete Vorstellungen zu verstehen. Bei diesen Vorstellungen ist davon auszugehen, dass sie oft eine Art *sozial geteilten Wissens* unter Lehrkräften darstellen (vgl. van den Berg, 2002). Dennoch bestehen auch hinsichtlich dieser generalisierten Vorstellungen z.T. deutliche differentielle Unterschiede zwischen Lehrkräften (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999; s. auch Kapitel 2.3.2.3).

Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen als 'verbal ausgedrückte Vorstellungen'

In Anlehnung an Schön (vgl. 1983) können zwei Formen von Vorstellungen unterschieden werden: „Espoused theories“ (verbal ausgedrückte Theorien) und in-action theories. In-action theories sind die Theorien, die in der Ausübung einer professionellen Tätigkeit sichtbar werden, bei Lehrkräften also über die Beobachtung insbesondere ihres unterrichtlichen Handelns erschlossen werden können. Espoused theories bezeichnen dagegen jene Theorien, die von Vertretern einer Profession (verbal) zum Ausdruck gebracht werden, wenn sie über ihre Profession sprechen (vgl. Schön 1983). Beide Verständnisse von professionellem Wissen finden sich in den Studien zu Lehrervorstellungen. Dementsprechend werden diese mal über die Beobachtung unterrichtlichen Handelns erschlossen, mal über die Befragung der Lehrkräfte in Form von Interviews, Fragebögen, Strukturlege-Techniken usw. Die vorliegende Arbeit untersucht die verbal zum Ausdruck gebrachten (espoused) Vorstellungen von Lehrkräften. Beide Formen von Wissen sind häufig implizit, d.h. die entsprechende Vorstellung oder 'theory' in Schöns Worten wird erst aus dem professionellen Handeln oder im Fall der espoused theories aus den Äußerungen der Person geschlossen. Die erschlossene Vorstellung muss also, auch wenn sie aus Äußerungen der untersuchten Person erschlossen wird, dieser nicht unbedingt bewusst sein (vgl. auch Strauss, Ravid, Magen & Berliner, 1998). Auf Fragen der Erfassung von Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen wird in Kapitel 4.4 noch genauer eingegangen. Kritik an dem Theorie-Begriff zur Beschreibung von Lehrerkognitionen wird im folgenden Abschnitt noch skizziert.

Verwandte Konstrukte

Das Konstrukt der Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen weist Überschneidungen mit den Begriffen *subjektive Theorien* und *Einstellungen* von Lehrkräften auf. So sind auch fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen als subjektive Theorien (vgl. Müller, 2004) und als Einstellungen (vgl. Richardson, 1996) rekonstruiert worden. Im Folgenden wird kurz dargelegt, warum in dieser Arbeit das Konstrukt der Vorstellungen von Lehrkräften vorgezogen wurde.

Vor allem im deutschsprachigen Raum werden Vorstellungen zum Lehren und Lernen auch als *subjektive Theorien* von Lehrkräften beschrieben (vgl. Koch-Priewe, 1986; Groeben, 1988; Dann, 2000; Müller, 2004). In der englischsprachigen Literatur werden diese oft als *implicit theories* bezeichnet (vgl. Clark & Peterson, 1986; Clark, 1988). Subjektive Theorien werden als komplexes Aggregat von prinzipiell aktualisierbaren Kognitionen der Selbst- und Weltsicht mit (zumindest impliziter) Argumentationsstruktur betrachtet. Sie erfüllen die Funktionen der Situationsdefinition im Sinne einer Realitätskonstituierung, der nachträglichen Erklärung oder Rechtfertigung eingetretener Ereignisse, der Vorhersage oder Erwartung künftiger Ereignisse oder der Generierung von Handlungsentwürfen oder Handlungsempfehlungen (vgl. Müller, 2004, Groeben, 1988). Kritik wurde an der Anwendung der Theorie-Metapher geübt (Mandl & Huber, 1983). Bezogen auf Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen kann diese Kritik wie folgt konkretisiert werden: Lehrervorstellungen sind, wie im Folgenden noch aufgezeigt werden wird, z.T. durch deutliche Inkonsistenzen gekennzeichnet, d.h. es bestehen 'parallel' vermeintlich widersprüchliche Vorstellungen, was von den Lehrkräften aber nicht unbedingt bemerkt wird. Dies steht in gewissem Widerspruch zu der mit der Theorie-Metapher verbundenen Annahme eines kohärenten Aussagen-Gebäudes. Der Begriff der Vorstellungen von Lehrkräften (*teachers' conceptions*) kommt in dieser Hinsicht im Gegensatz zum Konstrukt der subjektiven Theorien mit weniger theoretischen Annahmen aus. Dass auch Vorstellungen zum Lehren und Lernen z.T. argumentativ verknüpft sein können, wird weiter unten noch im Zusammenhang mit der Organisation dieser Vorstellungen in 'Clustern' aufgezeigt werden.

Z.T. werden Vorstellungen zum Lehren und Lernen auch als Einstellungen (zum Lehren und Lernen) beschrieben. Einstellungen sind insbesondere in der sozialpsychologischen Forschungstradition intensiv untersucht worden, wurden aber auch in der Lehr-Lern-Forschung zum Gegenstand der Untersuchung. Gemäß einer einflussreichen Definition von Rosenberg und Hovland sind Einstellungen zu verstehen als mentale, auf Erfahrung basierte Dispositionen, auf Objekte oder Situationen zu reagieren, auf die die Einstellung bezogen ist (vgl. 1960). Nach Rosenberg und Hovland setzt sich eine Einstellung aus einer affektiven, einer kognitiven und einer konativen (verhaltensbezogenen) Komponente zusammen (vgl. 1960). Die kognitive Komponente umfasst in dieser Konzeptualisierung Beliefs. Der Drei-Komponenten-Ansatz wurde u.a. von Fishbein in Frage gestellt, da sich in zahlreichen Studien zeigte, dass die Komponenten nicht immer, wie in dem Ansatz postuliert, korreliert sind. Bspw. kann man einen Kandidaten für den Bundestag mögen und sympathisch finden (affektive Komponente), ihn aber dennoch nicht wählen (verhaltensbezogene Komponente). Fishbein schlug daher vor, den Einstellungsbegriff auf die affektive Komponente zu beschränken (vgl. 1967). Dieser Ansatz ist als Ein-Komponenten-Modell bekannt geworden. Diesem Ansatz zufolge ist die affektive Bewertung eines Einstellungsobjektes der zentrale Bestandteil einer Einstellung. Der Einstellungsbegriff sollte verwendet werden, um ein generelles, bleibendes positives oder negatives Gefühl der Anziehung oder Ablehnung gegenüber einem Objekt oder einer Situation zu beschreiben (vgl. Fishbein, 1967).

Eine affektive, emotionale Komponente ist also zumindest in den Ansätzen, die dem Fishbein'schen nahe stehen, eine zentrale Komponente des Einstellungsbegriffs. Eine solche affektiv-emotionale Komponente ist jedoch in dem Konstrukt der Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen,

wie es in den meisten Studien zugrunde gelegt wird, nicht vorgesehen (vgl. Thompson, 1992; Bryan & Atwater, 2002; Richardson, 1996). Dem wird in der vorliegenden Arbeit gefolgt.

Ein Bereich, in dem z.T. begriffliche Unklarheit in Veröffentlichungen zu Lehrerkognitionen festzustellen ist, ist die Unterscheidung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen und *epistemologischen Überzeugungen* von Lehrkräften, also Überzeugungen bzgl. der Beschaffenheit von Wissen und bzgl. der Art und Weise der Erkenntnisgewinnung; z.T. werden fachbezogene Vorstellungen über das Lehren und Lernen als bereichsspezifische epistemologische Überzeugungen beschrieben (vgl. z.B. Graham, Harris, MacArthur & Fink 2002, S.148). Damit verwischen jedoch die Grenzen zwischen Vorstellungen über die Entstehung und das Wesen von Erkenntnis und Wissen einerseits und Vorstellungen über institutionalisierte Wissenserwerbsprozesse im schulischen Kontext andererseits. Daher scheint die theoretische Trennung der Konstrukte angebracht, wie auch Hofer und Pintrich (vgl. 1997) betonen. Dennoch ist davon auszugehen, dass mitunter enge wechselseitige Beziehungen zwischen fachspezifischen Vorstellungen über das Lehren und Lernen (im schulischen Kontext) und epistemologischen Überzeugungen bestehen (vgl. Thompson, 1992). Empirische Evidenz für diese Annahme findet sich in der Studie von Sinatra und Kadash (vgl. 2004, S.485). Die Autoren konnten zeigen, dass epistemologische Überzeugungen, die mit zwei Skalen der Epistemological Belief Survey (EBS) erfasst wurden („Speed of knowledge acquisition“, „Knowledge as constructed and constantly evolving“, S. 488), mit Vorstellungen der untersuchten angehenden Lehrkräfte zum Lehren und Lernen zusammenhängen (Lernen als konzeptuelle Veränderung und Lehren als Unterstützung von Conceptual Change im Sinne von 'Überzeugungsarbeit', vgl. S.487).

2.3.2.2 Annahmen und Befunde zur Entstehung und Organisation von Vorstellungen zum Lehren und Lernen

Fragen der *Veränderung* professionellen Wissens und auch von fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Laufe der professionellen Entwicklung von Lehrkräften werden in dieser Arbeit weitgehend ausgeklammert. Übersichtsdarstellungen zu diesen Fragen finden sich z.B. bei Borko und Putnam (vgl. 1996), Richardson und Placier (vgl. 2001) sowie Munby, Russell und Martin (vgl. 2001). In diesem Kapitel soll jedoch zunächst kurz auf die Entstehung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen eingegangen werden, da deren 'Herkunft' für das Verständnis der Funktion dieser Lehrervorstellungen in unterrichtlichen Lehr-Lern-Prozessen bedeutsam ist (vgl. Kapitel 2.3.3). Anschließend wird auf die Frage der mentalen Organisation von Vorstellungen zum Lehren und Lernen eingegangen.

Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen basieren auf verschiedenen Erfahrungsquellen

Studien zur 'Herkunft' von Lehrervorstellungen haben gezeigt, dass diese auf vielfältigen und z.T. sehr unterschiedlichen Erfahrungsquellen basieren (vgl. Richardson, 1996). Diese Erfahrungen sind im Wesentlichen drei Bereichen zuzuordnen: Erfahrungen mit Lehren und Lernen im Rahmen von Unterricht, Erfahrungen mit formalem Wissen im Rahmen institutionalisierter Aus- und Weiterbildung und allgemeine persönliche Erfahrung (vgl. Richardson, 1996; Woolfolk Hoy, Davis & Pape, 2006). Für fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen scheinen insbesondere die bei-

den ersten Bereiche relevant.

Erfahrungen mit Lehren und Lernen im Unterricht. Im Gegensatz zu Studierenden, die in ihrer Ausbildung i.d.R. den ersten intensiven Kontakt mit dem Berufsfeld haben (z.B. Architekturstudenten), schauen Lehramtsstudenten bereits auf eine langjährige intensive Erfahrung im Rahmen der eigenen Schulzeit mit der Tätigkeit von Lehrkräften zurück. Sie sind bereits „Insider“ (Woolfolk Hoy, Davis & Pape, 2006), d.h. vertraut mit diesem Gebiet, und verfügen über z.T. tief verwurzelte Vorstellungen darüber, was erfolgreichen, 'guten', aber auch 'schlechten' und nicht wirksamen Unterricht ausmacht (Pajares, 1992). Skamp und Mueller (vgl. 2001) untersuchten bei Studierenden und Berufseinsteigern selbstwahrgenommene Einflüsse auf die Entstehung von Vorstellungen der Probanden über das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. Dabei zeigte sich, dass insbesondere Unterrichtserfahrungen während der eigenen Schulzeit, erste eigene Lehrerfahrungen sowie die Beobachtung von erfahrenen Lehrkräften im Rahmen von Praktika als einflussreich angesehen wurden. Lehrveranstaltungen im Studium wurden nur teilweise als bedeutsam für die Entstehung der eigenen Vorstellungen eingeschätzt (vgl. 2001a, S. 233). Gustafson und Rowell fanden in einer Studie mit Lehramtsstudenten, dass deren Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften vorrangig durch eine große Bandbreite persönlicher Lernerfahrungen, durch eigene präferierte 'Lernstile', aber auch durch Praktikumserfahrungen und zumindest oberflächlich durch Kursinhalte der Lehrerausbildung beeinflusst waren (vgl. 1995, S. 600). Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften scheinen stark dadurch beeinflusst zu sein, wie die jeweiligen Lehrkräfte selbst ihr naturwissenschaftliches Wissen gelernt haben. Lehramtsstudenten bspw., die sich selbst in Naturwissenschaften als aktiv Lernende erfahren haben, sind offensichtlich eher geneigt, Unterricht zu planen, der aktive Wissensk Konstruktionen der Schüler unterstützt (vgl. Stofflett & Stoddart, 1994; Huibregtse, Korthagen & Wubbels, 1994).

Erfahrungen mit formalem Wissen. Im Rahmen der institutionalisierten Lehreraus- und -fortbildung kommen (angehende) Lehrkräfte mit pädagogischem, allgemein- und fachdidaktischem Wissen aus den entsprechenden Wissenschaftsdisziplinen in Kontakt. Die Frage der Einflussnahme solcher institutionalisierter Lerngelegenheiten auf Vorstellungen (angehender) Lehrkräfte zum Lehren und Lernen wird allerdings sehr kontrovers diskutiert. Kagan beispielsweise kommt in ihrem Überblicksartikel (vgl. 1992) zu dem Schluss, dass eher geringe Veränderungen der bereits zu Studienbeginn bestehenden Vorstellungen der (angehenden) Lehrkräfte festzustellen seien (vgl. auch Gregoire, 2003 zum Erwerb 'reformorientierter' Vorstellungen zum Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten). Kagan wurde daraufhin vorgeworfen, wichtige Studien außer acht gelassen zu haben. Lehrerausbildung trage sehr wohl unter bestimmten Bedingungen zu bedeutsamen Modifikationen der Lehrervorstellungen bei (vgl. z.B. Nettle, 1998). Empirisch gut abgesichert ist die Erkenntnis, dass die bereits zu Beginn der institutionalisierten Lehrerausbildung entwickelten Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Sinne von 'Präkonzepten' den Aufbau professionellen Wissens im Rahmen der Aus- und Fortbildung massiv beeinflussen, indem sie wie ein 'Filter' bei der Wahrnehmung des angebotenen disziplinären Wissens fungieren. Nicht selten wird das von Pädagogik, Didaktik und Fachdidaktik bereitgestellte Wissen zum Lehren und Lernen stark verändert in vorhandene Vorstellungen integriert (assimiliert) (vgl. Prawat, 1992; Pajares, 1992; Ri-

chardson, 1996). Beispiele dazu finden sich in den in Kapitel 2.3.2.3 berichteten Befunden zur inhaltlichen Ausprägung von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. Da Fragen der *Veränderung* professionellen Wissens und auch von fachspezifischen Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen im Laufe der professionellen Entwicklung nicht im Zentrum dieser Arbeit stehen, sei für diese Fragen auf die Übersichtsdarstellungen von Borko und Putnam (vgl. 1996), Richardson und Placier (vgl. 2001) sowie Munby, Russell und Martin (vgl. 2001) verwiesen.

Allgemeine persönliche Erfahrung. Auch nicht direkt mit schulischem Lernen oder institutionalisierter Lehrerbildung in Zusammenhang stehende Erfahrung scheint u.U. bei der Entstehung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen eine Rolle zu spielen. So zeigte sich in verschiedenen Fallstudien, dass persönliche Erfahrung z.T. in Bildern oder Metaphern repräsentiert ist, die sich auch in Vorstellungen zum Lehren und Lernen widerspiegeln. Clandinin und Connelly fanden in ihrer Studie, dass die Vorstellungen der untersuchten Grundschullehrkraft durch ein Bild von 'gemeinschaftlichem Zusammenleben' geprägt waren (vgl. 1991). Dass auch individuelle Dispositionen (z.B. 'Offenheit gegenüber Neuem') in Zusammenhang mit der Ausbildung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen zu stehen scheinen, konnten Sinatra und Kardash zeigen (vgl. 2004, S. 485).

Insgesamt ist festzuhalten, dass Vorstellungen zum Lehren und Lernen auf der Basis sehr unterschiedlicher Erfahrungsquellen ausgebildet werden und dass insbesondere Erfahrungen im Rahmen der eigenen Schulzeit eine große Rolle spielen. In den Vorstellungen praktizierender Lehrkräfte zum Lehren und Lernen sind solche persönlichen Erfahrungen als Schüler, aber auch mehr oder weniger reflektierte Erfahrungen eigenen Unterrichtens sowie auch Elemente formalen, disziplinären Wissens, wie es Pädagogik, allgemeine und Fachdidaktik bereitstellen, integriert.

Organisation in Vorstellungsklustern

Zur Untersuchung und Beschreibung der mentalen Organisation von Vorstellungen zum Lehren und Lernen wird vielfach die Metapher der Belief-Systeme (vgl. Rokeach, 1968) oder auch Belief-Cluster (vgl. Richardson, 1996) verwendet (vgl. Nespor, 1987; Pajares, 1992; Haney & McArthur, 2002; Tsai, 2002). In dieser Metapher werden Belief-Cluster als kognitive Struktur verstanden, die insgesamt dynamischer Art ist und durch Erfahrung veränderbar ist.

In Anlehnung an Green (vgl. 1971) unterscheidet Thompson drei Dimensionen solcher Vorstellungskluster. Diese Dimensionen beziehen sich nicht auf die inhaltliche Ausprägung der Vorstellungen, sondern auf die Art und Weise, wie verschiedene Vorstellungen in diesen Clustern aufeinander bezogen sind. Die erste Dimension geht auf die Beobachtung zurück, dass Vorstellungen selten in völliger Unabhängigkeit von anderen Vorstellungen bestehen und dass einige Vorstellungen in der Art von Begründungen und Schlussfolgerungen aufeinander bezogen sind. Green spricht daher von einer Quasi-Logik in Vorstellungsklustern und unterscheidet 'vorrangige' („primary“), von 'nachgeordneten' („derivative“) Vorstellungen (Thompson, 1992, S. 130). Wenn eine Lehrkraft bspw. überzeugt wäre, dass die unterrichtlichen Inhalte den Schülern 'klar' präsentiert werden sollten, wäre dies eine primäre Vorstellung gegenüber den nachgeordneten Vorstellungen, dass die Inhalte in sinnvolle Sequenzen gegliedert

und die Lehrkraft gut auf Schülerfragen vorbereitet sein sollte.

Die zweite Dimension basiert auf dem Befund, dass Vorstellungen mit unterschiedlichem Grad an Überzeugung vertreten werden. In Anlehnung an Green können zentrale und periphere Vorstellungen unterschieden werden. Haney und McArthur sprechen von Kernvorstellungen („core conceptions“) und peripheren Vorstellungen (vgl. 2002). Zentrale Vorstellungen sind dadurch gekennzeichnet, dass sie mit großer Überzeugung vertreten werden, wohingegen periphere Vorstellungen eher für Revision oder Modifikation durch Erfahrung zugänglich sind (vgl. Thompson, 1992). In der Metapher des Begriffs der Vorstellungcluster wird 'psychologische Stärke' einzelner Vorstellungen also durch die Lage im Cluster repräsentiert. Green hebt hervor, dass psychologische Zentralität und logische Ordnung im Sinne von 'vorrangig' und 'nachgeordnet' unabhängige Dimensionen darstellen: „A belief may be logically derivative and yet be psychologically central, or it may be logically primary and psychologically peripheral.“ (1971, S. 46).

Die dritte Dimension oder besser Eigenschaft von Vorstellungsklustern beruht auf der Feststellung, dass Vorstellungen in Clustern organisiert sind, die z.T. weitgehend isoliert von anderen Clustern bestehen. Auf diese Weise ist es möglich, dass konfligierende Vorstellungen parallel existieren können, ohne dass dies von der jeweiligen Person bemerkt werden muss. Auf diese Eigenschaft von Vorstellungssystemen wird im folgenden Unterkapitel noch etwas genauer eingegangen.

In Anlehnung an die Forschungen zu Schülervorstellungen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen und Begriffen hat Hewson selbst seine Statustheorie auf Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen übertragen (Hewson et al., 1999; Lemberger, Hewson & Park, 1999, S. 369). In einer längsschnittlich angelegten Studie zur Entwicklung von Conceptual-Change-orientierten Vorstellungen von Studierenden im Rahmen der Lehrerausbildung identifizierten Lemberger, Hewson und Park eine sog. transmissive Vorstellung zum Lehren und Lernen, der die Autoren besonders hohen Status zuschrieben. Zum Einen griffen die Studierenden in Interviews auf diese Vorstellung immer wieder zurück, um die eigene Sicht von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen zum Ausdruck zu bringen, zum anderen zeigte sich die Vorstellung als äußerst robust gegenüber Veränderung (Lemberger, Hewson & Park, 1999). Status wird also als vergleichbares Konstrukt wie das der Zentralität von Vorstellungen verwendet.

Koexistenz vermeintlich widersprüchlicher Vorstellungen – Quasi-Logik von Vorstellungen

Gut belegt ist in der Forschung zu Lehrervorstellungen, dass oft vermeintlich, d.h. aus einer Außenperspektive rekonstruiert, widersprüchliche Vorstellungen vertreten werden (vgl. Pajares, 1992; Nespor, 1987; Richardson, 1996, Furinghetti & Pehkonen, 2002). Es wird daher von einer Quasi-Logik der Vorstellungen der Lehrkräfte gesprochen. Huibregtse, Korthagen und Wubbels (vgl. 1994) fanden bei Physiklehrkräften der Sekundarstufe, dass diese es einerseits für wichtig erachteten, die Schüler in eine aktive Lerner-Rolle zu versetzen, und andererseits hervorhoben, dass effizientes Lernen nur erreicht werden könne, wenn Lehrer den Schülern Wissen übermitteln. Beide Vorstellungen wurden nicht als widersprüchlich angesehen (vgl. auch Gao & Watkins, 2002). Auch Heran-Dörr (vgl. 2006) berichtet von inkonsistenten Vorstellungen, und zwar im Zusammenhang mit dem Umgang mit dem Vorwissen von

Schülern. Sie spricht von Vorstellungen, die in theoretischer Hinsicht eher „konstruktivistischen“ Ansätzen zuzuordnen wären, und solchen, die eher „instruktiven“ Vorstellungen vom Lehren und Lernen entsprechen. So erachteten es 11 der befragten 20 Lehrkräfte als sinnvoll, „Sachverhalte 'zu erklären' oder 'richtig zu stellen'“ (Heran-Dörr 2006, S. 171), waren aber wie alle 20 Lehrkräfte auch der Ansicht, dass das „Ermöglichen von eigenen Erfahrungen und Erlebnissen durch Tätigkeiten“ (S. 171) wichtig seien. Bryan (vgl. 2003) fand in ihrer Fallstudie mit einer angehenden Grundschullehrerin zwei sich widersprechende Vorstellungs-Cluster („nests of beliefs“): Ein Cluster, das einen „traditionellen“ Ansatz, Naturwissenschaften zu unterrichten, widerspiegelte und offensichtlich tief in den eigenen Lernerfahrungen der Lehrkraft verwurzelt war, und ein Cluster, das einen hands-on-Ansatz von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen umfasste. Dieses zweite Cluster schien weniger in eigener Erfahrung verwurzelt zu sein und spiegelte eher eine Art Vision von naturwissenschaftlichem Grundschulunterricht wider. Das unterrichtliche Handeln der Lehrkraft wurde vorrangig durch das erste „traditionelle“ Vorstellungs-Cluster geleitet (vgl. Bryan, 2003).

Es lassen sich verschiedene Vermutungen anstellen, wie diese Befunde zustande kommen. Der in der jeweiligen Befragungssituation gegebene Kontext könnte dazu führen, dass Lehrkräfte mal auf die eine, mal auf die andere Vorstellung zurückgreifen. Huibregtse, Korthagen & Wubbels vermuten alternativ, es könne sich um bewusste und um teilweise unbewusste Vorstellungen handeln, wobei letztere in stärkerem Maße das Handeln leiteten (vgl. 1994, S. 558 f.). Es bleibt davon abgesehen aber festzuhalten, dass auch die bewussten, zum Ausdruck gebrachten (espoused) Vorstellungen einander widersprechen können. Diese Widersprüchlichkeit entsteht jedoch teilweise erst aus einer theoretischen Perspektive (z.B. 'konstruktivistische' vs. 'traditionelle' Vorstellungen) auf die geäußerten Lehrervorstellungen. Aus der Perspektive der Lehrkräfte können diese Vorstellungen u.U. offenbar widerspruchsfrei 'koexistieren'.

Beziehungen von Vorstellungen zum Lehren und Lernen mit anderen Komponenten professionellen Wissens

Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen scheinen mit anderen Komponenten des professionellen Wissens von Lehrkräften in z.T. enger Beziehung zu stehen. Enge Bezüge zur 'Philosophie des Schulfaches' sind anzunehmen, da, wie Thompson vermutet, Vorstellungen zu dem, was das Wesen eines Faches ausmacht, in engem Zusammenhang mit Vorstellungen über die Gestaltung von Lerngelegenheiten und über das Lernen in diesem Fach stehen sollten (vgl. 1992; vgl. auch Bromme 1992, S. 99). Mittlerweile findet sich auch einige empirische Evidenz für diese Annahme. So konnte Tsai zeigen, dass bei 21 von 37 mittels Interviews befragten Lehrkräften sowohl Vorstellungen über das Wesen von Naturwissenschaften (nature of science) als auch Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Einklang standen, so dass Tsai hier von „nested epistemologies“ (S. 780) spricht. Bei weiteren fünf Lehrkräften waren entweder Vorstellungen zum Lehren oder Vorstellungen zum Lernen von Naturwissenschaften auf die Philosophie des Faches bezogen (vgl. 2002). 'Aufeinanderbezogenheit' bzw. 'Konsistenz' der Bereiche „learning science“, „teaching science“ und „nature of science“ wurde in dieser Studie jedoch recht 'grob' operationalisiert. Jeder Lehrkraft wurde für jeden der drei Bereiche entweder der Wert „traditional“, „process“ oder „constructivist“ zugeordnet. Stimmt diese Werte in zwei Bereichen überein, wurden die Vorstellungen als „related“ bezeichnet und bei Übereinstimmung in allen drei

Bereichen als „nested“ (2002, S. 773-777). Auch Laplante fand in ähnlicher Weise aufeinander bezogene Vorstellungen über die Philosophie von Naturwissenschaften und über das Lehren und Lernen (vgl. 1997). Im Bereich Mathematik konnten dies Diedrich, Thußbas und Klieme anhand einer größeren Stichprobe und korrelativer Analysen zeigen (vgl. 2002).

Ebenfalls in einer größer angelegten (385 Lehramtsstudierende) korrelativen Studie fanden Chan und Elliott (vgl. 2004) Zusammenhänge zwischen nicht fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen und epistemologischen Überzeugungen, die mittels adaptierter Skalen von Schommer und Kollegen (vgl. Schommer, Calvert, Gariglietti & Bajaj, 1997) erfasst wurden. Porlán und Martín del Pozo sehen in der Vorstellung, dass zu vermittelndes Wissen statisch und festgelegt sei, eine Ursache für die vielfach berichteten 'direct transmission'-Vorstellungen vom Lehren und Lernen, die den Stellenwert 'korrekter Informationen' über- und den der Vorstellungen der Schüler unterschätzten (vgl. 2004).

Teilweise ist auch von engen Beziehungen zum fachspezifischen Wissen auszugehen. Befunde einer Fall-Studie mit zwei Studierenden des Lehramtes (Chemie) deuten darauf hin, dass 'transmissive' Vorstellungen vom Lehren und Lernen, denen zufolge Schülern Wissen im Sinne einer direkten Übertragung vermittelt werden sollte (s. Kapitel 2.3.2.3), gerade dann auftreten, wenn Lehrkräfte nur ein unzureichendes Verständnis fachbezogener Inhalte haben (vgl. Veal, 2004). In die gleiche Richtung weisen Ergebnisse aus der an einer größeren Lehrer-Stichprobe durchgeführten COACTIV-Studie (vgl. Brunner et al., 2006). Eine als „transmission view“ (S. 69 f.) bezeichnete Vorstellung von Lehren und Lernen korrelierte signifikant negativ mit dem Fachwissen der Lehrkräfte. Ein „constructivist view“ (S. 69 f.) korrelierte demgegenüber signifikant positiv mit dem Fachwissen. Diese Befunde scheinen insbesondere interessant, da Grundschullehrkräfte i.d.R. nicht über ein besonders elaboriertes naturwissenschaftliches Wissen verfügen (vgl. Summers & Kruger, 1994; Strauss, Ravid, Magen & Berliner, 1998; Parker & Heywood, 2000).

2.3.2.3 Befunde zur inhaltlichen Ausprägung von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften

In diesem Kapitel wird eine Übersicht über vorliegende Studien gegeben, die die inhaltliche Ausprägung der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften untersucht haben. Diese Forschungsübersicht stellt die Grundlage für die Identifikation von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen dar, deren Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler untersucht werden sollen. Damit ist die Übersicht auch Basis für die Beschreibung von Konstrukten, die das im Rahmen dieser Arbeit zu entwickelnde Instrument erfassen soll. Die Auswahl der in die Übersicht aufgenommenen Studien basierte auf folgenden Kriterien:

- ◆ *Untersuchte Lehrkräfte.* Die Forschungsübersicht fokussiert auf Untersuchungen an Grundschullehrkräften, da davon auszugehen ist, dass u.a. wegen der auch international zumeist sehr unterschiedlichen Ausbildung von Primar- und Sekundarstufenlehrkräften und deren unterschiedlichem professionellen Selbstverständnis (fachliche 'Generalisten' vs. 'Spezialisten'; vgl. Gess-Newsome, 1999b) die beiden Lehrergruppen auch unterschiedliche Vorstellungen vom Lehren und Lernen ha-

ben. Für diese Annahme gibt es einige Hinweise (vgl. Gess-Newsome, 1999b; Book & Freeman, 1989; Kagan & Tippins 1991; Wirz, Fischer, Reyer & Trendel, 2005). Es werden sowohl Studien mit Novizen als auch mit bereits praktizierenden, erfahrenen Lehrkräften berücksichtigt.

- ◆ *Gegenstandsbereich der Vorstellungen zum Lehren und Lernen.* Wie in Kapitel 2.3.2.1 beschrieben variieren Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen im Grad der fachlichen Spezifität. In die Übersicht werden nur Studien aufgenommen, die Vorstellungen untersuchen, die auf ein Schulfach bezogen sind. Da auf den Bereich Grundschule fokussiert wird, ist dies der naturwissenschaftliche Lernbereich. Im anglo-amerikanischen Raum handelt es sich um das Fach 'science'. Studien zu Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Mathematik werden in diese Übersicht nicht mit aufgenommen. Eine Studie, die Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften und Mathematik untersucht, wird allerdings berücksichtigt. Ebenso eine Studie, die auf Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Biologie fokussiert.³
- ◆ Studien zur Philosophie des Schulfaches Naturwissenschaften (nature of science) werden nicht mit aufgenommen, sofern nicht wie in einigen Untersuchungen auch Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften erhoben und berichtet werden.
- ◆ Bei Interventionsstudien werden, sofern sie erfasst und berichtet werden, die Vorstellungen der Lehrkräfte vor und nach der Intervention angegeben. Auch die möglicherweise veränderten Lehrervorstellungen sind hier von Interesse, da in der vorliegenden Studie (in diesem Fall durch Fortbildungen) modifizierte Vorstellungen untersucht werden (s. Kapitel 4.2). Die Interventionsmaßnahmen werden nur kurz umrissen, da die Bedingungen der Veränderung von Lehrervorstellungen nicht im Fokus dieser Arbeit stehen.
- ◆ Da Studien aus Deutschland bisher kaum vorliegen, werden auch Untersuchungen aus anderen Ländern, insbesondere aus dem anglo-amerikanischen Raum, in die Übersicht aufgenommen. Auf die Frage der Generalisierbarkeit der Befunde dieser Studien auf die deutsche Situation wird im Anschluss an die Darstellung der Studien noch etwas näher eingegangen.

Im Folgenden wird zunächst tabellarisch dargestellt, welche Studien in die Forschungsübersicht aufgenommen werden, wie viele und welche Probanden (Studierende oder praktizierende Lehrkräfte) untersucht wurden, auf welches Fach bzw. welchen Lernbereich sich die Vorstellungen der Lehrkräfte beziehen und welche Instrumente bzw. Verfahren zur Erfassung der Lehrervorstellungen zum Einsatz kamen. Zuerst werden Untersuchungen mit Studierenden, dann mit praktizierenden Lehrkräften aufgeführt. Innerhalb der beiden Gruppen von Studien wird nach deren Aktualität sortiert. Im Anschluss an die Auflistung werden dann die Befunde der einzelnen Studien berichtet.

3 Zur genaueren Beschreibung des hier gewählten Gegenstandsbereichs von Vorstellungen zum Lehren und Lernen s. Kapitel 2.3.2.1

Tabelle 1

Studien zu Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften

Studie	Probanden	Fachbezug der Lehrervorstellungen	Instrumente/Verfahren zur Erfassung der Lehrervorstellungen
Gustafson & Rowell, 1995	27 Lehramtsstudierende (Primarstufe)	Naturwissenschaften	Fragebogen mit offenen Fragen, teilstrukturierte Interviews
Mellado, 1998	4 Lehramtsstudierende kurz vor u. kurz nach dem Abschluss (2 Primarstufe, 2 Sekundarstufe)	Naturwissenschaften	Likertskalierte Fragebogenskalen (INPECIP-Instrument, vgl. Porlán 1989) Interviews (u.a. stimulated recall), Dokumentenanalyse
Meyer, Tabachnik, Hewson, Lemberger & Park, 1999; Hewson et al., 1999; Hewson, Tabachnik, Zeichner & Lemberger, 1999	Hier untersucht: 3 Lehramtsstudierende, Primarstufe	Biologie	Conceptions of Teaching Science Interview (CTS)
Southerland & Gess-Newsome, 1999	22 Lehramtsstudierende, Primarstufe, Teilnehmer von Kursen zu „inclusive science“ (Naturwissenschaftlicher Unterricht unter besonderer Berücksichtigung heterogener Klassen)	Naturwissenschaften,	Schriftliche Seminarunterlagen der Studierenden (u.a. Beschreibungen von Schülern, die von den Studenten interviewt wurden), Transkripte von Seminardiskussionen
Tillema, 2000	36 Lehramtsstudierende (Primarstufe)	Naturwissenschaften	Fragebogen, Kommentare zu sog. Vignetten (vorgegebene problemhaltige Unterrichtsszenarien; Probanden sollen Problemanalyse schreiben und präferiertes Lehrerverhalten notieren)
Skamp & Mueller, 2001	12 Lehramtsstudierende (Primarstufe), Kanada	Naturwissenschaften	teilstrukturierte Interviews
Haney & McArthur, 2002	4 Lehramtsstudenten (Auswahl auf der Basis von Werten der Constructivist Learning Environment Survey (CLES))	Naturwissenschaften	Interviews, Dokumentenanalyse (Unterrichtsplanungen und -reflexionen)
McGinnis, Kramer, Shama, Graeber, Parker & Watanabe, 2002	319 LA-Studierende (zum 1. Messzeitpunkt, längsschnittl. Untersuchung, überwiegend Primarstufe, weniger als 7% Sekundarstufe)	Naturwissenschaften und Mathematik	Likertskalierte Fragebogenskalen
Bryan, 2003	1 Lehramtsstudierende (Primarstufe)	Naturwissenschaften	Interviews, schriftliche Unterrichtsreflexionen, Unterrichtsbeobachtung während Praxisphasen, Begleitung der Studentin über ein Jahr
Haefner & Zembal-Saul, 2004	11 Lehramtsstudierende (Primarstufe)	Naturwissenschaften	Halbstrukturierte Interviews, Unterrichtsplanungen u.a. Kursmaterialien der Studenten
Hubbard & Abell, 2005	6 Lehramtsstudierende (Primarstufe), Auswahl auf der Basis von Werten	Naturwissenschaften	Fragebogenitems mit offenem Antwortformat
So & Watkins, 2005	25 Lehramtsstudierende (Primarstufe), Hong Kong	Naturwissenschaften	Interviews, Unterrichtsreflexionen
Smith & Neale, 1989; Smith & Neale, 1991	8 Grundschullehrkräfte, grades k-3, erfahrene Lehrkräfte (5-25 Jahre Berufserfahrung)	Naturwissenschaften	Interviews (u.a. stimulated recall auf der Basis videografiertes Unterrichtsstunden der teilnehmenden Lehrkräfte), Fragebögen mit offenen Fragen
Yerrick, Parke & Nugent, 1997	8 Lehrkräfte (middle grades), 2 bis 24 Jahre Berufserfahrung	Naturwissenschaften	Interviews (vor und nach einer Fortbildungsmaßnahme)
King, Shumow & Lietz, 2001	4 Grundschullehrkräfte	Naturwissenschaften	Teilstrukturierte Interviews
Levitt, 2002	16 Grundschullehrkräfte	Naturwissenschaften	Interviews (eine Art stimulated recall Interviews)
Jarvis & Pell, 2004	38 Grundschullehrkräfte	Naturwissenschaften	Likertskalierte Fragebogenskalen, Fragebogenitems mit offenem Antwortformat
Porlán & Martin del Pozo, 2004	265 Grundschullehrkräfte (107 Lehramtsstudierende, 158 aktive Lehrkräfte)	Naturwissenschaften	Likertskalierte Fragebogenskalen (ISPB-Instrument, eine revidierte Version des INPECIP-Instruments, vgl. Porlán 1989)
Keys, 2005	7 Lehrkräfte (4 Primarstufe, 3 Sekundarstufe)	Naturwissenschaften	Educational Criticism (Eisner 1991, zit.n. Keys 2005; Interviews, Dialogformen, konsensuelle Validierung)
Heran-Dörr, 2006	20 Grundschullehrkräfte, Deutschland	Naturwissenschaften	Interviews (u.a. stimulated recall)

Gustafson und Rowell (vgl. 1995) untersuchten die Vorstellungen von 27 Lehramtsstudierenden zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften vor und nach der Teilnahme an zwei universitären Kur-

sen, die konstruktivistisch orientierte und Conceptual-Change-Ansätze thematisierten. Vor den Kursen sahen die Studenten naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule als Situation, in der die Kinder naturwissenschaftliche Verfahren anwendeten und durch hands-on-Aktivitäten Informationen über naturwissenschaftliche Konzepte gewannen. Vier Studenten erwähnten die soziale Interaktion der Schüler als bedeutsam. Während nur eine Minderheit der Studierenden die Rolle von bestehenden Vorstellungen der Schüler ansprach, äußerte die Mehrheit eine Art 'Tabula-Rasa-Ansicht' bzgl. der Lernvoraussetzungen der Schüler (vgl. 1995, S. 593). Nach den Kursen erachteten zwar mehr Studenten das Erkunden von Schülervorstellungen für wichtig, insgesamt kommen Gustafson und Rowell aber zu dem Ergebnis, dass sich die Lehrervorstellungen nicht wesentlich geändert haben (vgl. 1995, S. 598). Die Vorstellung, naturwissenschaftliches Lernen geschehe am besten durch praktisches Tätigsein der Kinder, ist zwar nicht mehr so dominant wie vor den Kursen (26 Studenten äußerten sie), aber immer noch die am häufigsten genannte (13 Studenten).

Mellado (vgl. 1998) untersuchte in seiner Studie Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften bei vier Lehramtsstudierenden (2 Primarstufe, 2 Sekundarstufe), die sich kurz vor und kurz nach dem Abschluss befanden. Bei den beiden Studierenden für das Grundschullehramt fanden sich folgende Vorstellungen: Sie betonten, dass es wichtig sei, im Unterricht zunächst eigene Ideen der Schüler zum Unterrichtsthema zu erkunden (durch Fragen der Lehrkraft und/oder Erzählungen der Schüler u.ä.). Dies erfülle auch die Funktion, die Schüler für das Thema zu motivieren. Eine Studentin betont die Anleitung (guidance) der Lernprozesse durch die Lehrkraft in Form von geleiteten Diskussionen, Anregung von praktischen Aktivitäten (Versuchen) und Erklärungen durch die Lehrkraft. Schüler müssten aber ihre eigenen Ideen entwickeln. Ein Student betont, dass falsche Vorstellungen der Schüler durch das Aufzeigen von Widersprüchen oder durch Erklärungen der Lehrkraft richtig gestellt werden müssten.

Meyer, Tabachnik, Hewson, Lemberger und Park (vgl. 1999) berichten im Rahmen einer größeren NSF-geförderten Studie zur Entwicklung verschiedener Bereiche des professionellen Wissens bei Lehramtsstudenten von der Veränderung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Biologie bei drei angehenden Primarstufen-Lehrkräften. Alle drei Studierenden nahmen an Kursen teil, die konstruktivistisch orientierte Sichtweisen des Lehrens und Lernens von Naturwissenschaften thematisierten. Da sich in dieser Studie enge Verbindungen zwischen der Philosophie des Schulfaches und Vorstellungen zum Lehren und Lernen zeigten, werden Vorstellungen zum Wesen von Naturwissenschaften und naturwissenschaftlichem Wissen mit berichtet. Vor den Kursen zeigten sich die folgenden Vorstellungen: Eine Studentin sah naturwissenschaftliches Wissen als faktische und wahre Information. Lernen bedeutete in ihrer Sicht, Informationen und Fakten zu entdecken und erinnern zu können. Naturwissenschaftliches Lehren sollte dementsprechend vorrangig darauf ausgerichtet sein, die Informationen für die Schüler interessant aufzubereiten. Die Vorstellungen dieser Studentin zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften waren in einem Bild von Unterricht verbunden, in dem die Schüler auf der Basis von durch den Lehrer organisierten Aktivitäten Beobachtungen machen, die zu den beabsichtigten Resultaten führen (vgl. S. 327). Bei einer weiteren Studentin zeigte sich vor dem Hintergrund einer ähnlichen Philosophie von Naturwissenschaften die Vorstellung, dass Unterrichten im Präsentieren von kor-

rekten Informationen bestehe, die die Schüler durch Zuhören aufnehmen. Außerdem war die Studentin der Ansicht, dass Aktivitäten wie das Backen von Muffins durch das 'Ausprobieren' zu naturwissenschaftlichem Lernen beitrage. Die dritte Studentin unterschied sich deutlich von den ersten beiden, denn sie betonte, dass Schüler ihre eigenen Vorstellungen aufbauen müssten, also eine aktive Rolle beim Lernen hätten, und sie war überzeugt, dass eine Erklärung der Lehrkraft nicht zwangsläufig zum intendierten Lernprozess bei den Schülern führt. Z.T. blieben die Vorstellungen der Studierenden auch nach Teilnahme der universitären Kurse unverändert. So brachten die beiden erstgenannten Studentinnen immer noch die Vorstellung zum Ausdruck, naturwissenschaftliches Unterrichten bestehe vorrangig im Präsentieren von Informationen. Andererseits wurden aber auch neue Vorstellungen aufgebaut wie beispielsweise die, dass Kinder mit bereits vorhandenen z.T. nicht angemessenen Vorstellungen in den naturwissenschaftlichen Unterricht kommen und dass diese Vorstellungen im Unterricht herausgefordert werden müssten.

Southerland und Gess-Newsome (vgl. 1999) untersuchten neben Vorstellungen zum Wesen von Naturwissenschaften auch Vorstellungen von Lehramtsstudierenden (Primarstufe) zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in heterogenen Klassen, also Klassen mit stark variierenden Lernvoraussetzungen der Schüler. Die Autoren fanden, dass die Studierenden oft auf eine 'hands-on'-Vorstellung über effektiven naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht zurückgriffen. Außerdem schlugen fünf von sechs Studenten Formen des peer tutorings vor, also eine Unterrichtsorganisation, die gegenseitige Unterstützung der Schüler untereinander und sozial-diskursives Lernen fördern soll.

Tillema (vgl. 2000) erfasste die Vorstellungen (beliefs) von Studierenden vor und nach einem Kurs zu selbstgesteuertem Lernen in der Grundschule. Bei dem eingesetzten Fragebogen zeigten sich drei faktorenanalytisch rekonstruierte Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. Eine „content orientation“-Dimension, die eine direkt transmissive versus eine Schüler-orientierte Sichtweise abbildet, eine „classroom activity“-Dimension, die eine Präferenz für ein rigides versus ein unterstützendes Lernklima widerspiegelt und eine „method of delivery or presentation“-Dimension, die durch die Pole eines Lehrer-geleiteten und eines durch die Schüler selbstgesteuerten Unterrichts aufgespannt wird (S. 580). Wie Tillema berichtet, lagen die Mittelwerte in den drei Dimensionen vor wie nach der Intervention deutlich über dem Skalen-Median auf der 'schülerorientierten' bzw. 'selbstgesteuerten' Seite. Leider sind die gewählten 'Labels' für die Faktoren m.E. nicht ganz konsistent mit den gegebenen Umschreibungen. Die drei Vorstellungsdimensionen werden auch nicht genauer erläutert.

In der Studie von Skamp und Mueller (vgl. 2001) wurden 12 Studierende zu ihren Vorstellungen über 'den guten Naturwissenschafts-Grundschullehrer' befragt. Am häufigsten wurde die Vorstellung geäußert, Kinder müssten im Unterricht die Gelegenheit erhalten, praktisch tätig zu sein (S. 337). In nur einem von insgesamt 45 Interviews (mehrere je Proband) wurde das Erfassen von Präkonzepten der Schüler oder Strategien, die die Umstrukturierung vorhandener Vorstellungen begünstigen, angesprochen (S. 342). Statt dessen wurde die Vorstellung, es müsse im Unterricht auf dem Vorwissen der Schüler aufgebaut werden, mehrfach genannt. Skamp und Mueller weisen darauf hin, dass diese Vorstellung nicht im Sinne von Conceptual-Change-Ansätzen, also der Entwicklung vorhandener Vorstellungen geäußert wurde (S. 342).

Haney und McArthur (vgl. 2002) klassifizierten in ihrer Fallstudie die zum Ausdruck gebrachten Lehrervorstellungen auf einer ersten Ebene in *core beliefs*, die sich auch in Handlungsweisen niederschlagen, und *peripheral beliefs*, die nur geäußert werden, aber nicht handlungsregulativ wirken (vgl. 2002; s. auch Kapitel 2.3.3.4). Auf einer zweiten Ebene wurden *core beliefs* weiter in *constructivist*, *conflict* und *emerging core beliefs* klassifiziert. *Constructivist core beliefs* stehen im Einklang mit konstruktivistisch orientierten Lehr-/Lerntheorien, die die Autorinnen in Anlehnung an Taylor, Fraser und White (vgl. 1994) mit den Merkmalen „student negotiation, critical voice, shared control, scientific uncertainty, and personal relevance“ (S. 789) beschreiben. Es ist deutlich, dass hier Überschneidungen mit Vorstellungen zur Philosophie von Naturwissenschaften enthalten sind. In der Kategorie der *constructivist core beliefs* war die Vorstellung am häufigsten, das Aushandeln und Diskutieren von Deutungen („student negotiation“) müsse im naturwissenschaftlichen Unterricht angeregt werden. *Conflict core beliefs* stehen konstruktivistisch orientierten Vorstellungen entgegen und werden z.B. durch eine Präferenz für das sog. „didactic teaching“ (S. 789) deutlich, das sich u.a. in einem starken Bezug auf Lehrervorträge oder -erklärungen ausdrückt. Diese Vorstellung wurde oft im Zusammenhang mit Erfordernissen, die sich aus curricularen Vorgaben ergeben, genannt. *Emerging core beliefs* sind solche Vorstellungen, die nicht im Sinne von Taylor, Fraser und White als konstruktivistisch bezeichnet werden können, jedoch so etwas wie eine allgemeine Schülerorientierung zum Ausdruck bringen. Am häufigsten wurde in dieser Kategorie die Vorstellung geäußert, die Schüler müssten eigenständig und aktiv lernen (vgl. S. 792-796). Aber auch ein respektvoller Umgang mit den Schülern und ein fürsorgliches Klassenklima wurden genannt (vgl. S. 792-796).

In der bereits oben genannten Studie von McGinnis, Kramer, Shama, Graeber, Parker und Watanabe (vgl. 2002) zeigten sich bei den untersuchten Lehramtsstudenten hohe Mittelwerte bei Vorstellungen zum Lehren und Lernen, die, wie die Autoren sagen, mit Reformbestrebungen in Einklang stehen. Diese Vorstellungen wurden allerdings mit nur einer Skala erfasst. Hohe Werte zeigen eine Präferenz für Gruppenarbeit, den Einsatz 'neuer' Medien und das Einräumen von Zeit zum Nachdenken über das Gelernte an (vgl. S. 720).

Bryan untersuchte in ihrer Studie (vgl. 2003) die Vorstellungen einer fortgeschrittenen Lehramtsstudentin. Die auf das Lehren und Lernen bezogenen Vorstellungen der Studentin beschreibt Bryan als verwoben (*nested*) und als dualistisch (vgl. S. 850). Sie identifizierte zwei Vorstellungskluster (Nest A und Nest B), wobei jeder Vorstellung des einen Clusters ein konfligierender Gegenpart im anderen Cluster zugeordnet werden konnte. Innerhalb der Cluster werden die Vorstellungen als eng aufeinander bezogen und sich wechselseitig stützend beschrieben. Die Vorstellungen des Nests A sind durch einen 'transmissiven Ansatz' (*didactic approach*) charakterisiert. Naturwissenschaftliches Lehren und Lernen wird als 'direkte Wissensübertragung' sowie deren Überprüfung durch Erinnerungsfragen gesehen. Aktivitäten der Schüler bestünden vorrangig im Zuhören, Erinnern und Nachahmen, die der Lehrkraft in Vorträgen und Demonstrationen. Die Vorstellungen des Nests B sind gleichzeitig durch einen 'hands-on'-orientierten und einen 'transmissiven Ansatz' geprägt: Naturwissenschaftliches Lehren und Lernen bedeutet demnach, ('externes') Wissen durch den aktiven Umgang mit Materialien und durch sensorische Erfahrungen 'in die Köpfe der Schüler' zu übertragen. Die Lehrkraft sollte demzufolge 'praktische'

Lernaktivitäten organisieren, sich mit direkt instruierenden Maßnahmen zurückhalten, offene Fragen stellen und die Interaktion der Schüler untereinander in Gruppenarbeiten ermöglichen.

Haefner und Zembal-Saul (vgl. 2004) ordneten in ihrer Studie die Vorstellungen von angehenden Grundschullehrkräften vier Kategorien zu. Die Vorstellungen wurden vor und nach der Teilnahme an einem Kurs zu scientific inquiry (Thema: „teaching with insects“), in dem fachspezifisches und fachspezifisch-pädagogisches Wissen entwickelt wurde, erfasst (vgl. 2004, S. 1656f.). Vor dem Kurs waren zwei Vorstellungen dominant: Zehn der elf befragten Studenten waren der Ansicht, dass Grundschulkindern 'hands-on'-Aktivitäten ermöglicht werden müssten („hands-on activity“). Durch das Umgehen mit konkreten Materialien würde das Interesse der Kinder geweckt, ihr Engagement im Unterricht erhöht und ein besseres Verständnis der Inhalte erreicht (vgl. S. 1666f.). Neben dieser Vorstellung waren jedoch auch fünf der elf Studenten der Ansicht, dass Grundschullehrkräfte den Schülern Informationen bereitstellen oder Wissen unterbreiten sollten („disseminating knowledge“). So sollten Lehrkräfte 'falsches Wissen' der Schüler richtig stellen oder Fragen der Kinder beantworten (S. , 1667). Außerdem identifizierten Haefner und Zembal-Saul eine Vorstellung, der zufolge Schüler im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht eigene Ideen und Fragen entwickeln und verfolgen sollten („question-driven“), und eine Vorstellung, nach der das Lehren und Lernen an naturwissenschaftlichen Verfahren wie dem Experimentieren ausgerichtet sein sollte („experimentation“). Dementsprechend sollten die Schüler ihre Fragen erkunden, indem sie Vermutungen anstellen, Versuche durchführen, Beobachten und Erklärungen finden (vgl. S. 1663). Nach dem Kurs zu scientific inquiry brachte keine der angehenden Lehrkräfte mehr die „Disseminating Knowledge“-Vorstellung zum Ausdruck und auch die „Hands-on Activity“-Vorstellung wurde nur noch von fünf der elf Studenten vertreten. Dafür wurden jetzt die „Question-driven“- und die „Experimentation“-Vorstellung von acht bzw. sieben der angehenden Lehrkräfte geäußert (vgl. S. 1666).

Hubbard und Abell (vgl. 2005) untersuchten die Vorstellungen (beliefs) von Lehramtsstudierenden vor und nach der Teilnahme an einem Kurs zu forschend-entdeckendem naturwissenschaftlichen Lernen (science inquiry). Vor Kursteilnahme dominierte eine Vorstellung von naturwissenschaftlichem Unterricht, in dem die Schüler praktisch tätig sein können (hands-on activities). Wenn die Studenten von Schülern als 'aktiven Lernern' sprachen, stand diese Vorstellung dahinter. Außerdem waren die Probanden der Ansicht, Schüler sollten entdeckend lernen und nicht aus Lehrbüchern oder Lehrervorträgen. 'Hands-on'-Aktivitäten und entdeckendes Lernen sollen dabei bewirken, dass naturwissenschaftlicher Unterricht Spaß macht. Bei einigen Studenten fand sich aber auch die Ansicht, den Schülern müsse zunächst ein Basiswissen vermittelt werden, bevor sie Versuche durchführen (vgl. S. 10-13). Nach dem Kurs zeigten sich bei zwei Studierenden nahezu unveränderte Vorstellungen. Sie waren nach wie vor der Ansicht, dass Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht praktisch tätig sein sollten, da er Spaß machen sollte, sahen aber gleichzeitig die Notwendigkeit von Erklärungen der Lehrkraft, um das intendierte Wissen zu vermitteln (vgl. S. 20). Bei anderen Studenten fand sich aber auch eine veränderte Vorstellung vom Schüler als 'aktiven Lerner'. Sie bezogen die Aktivität jetzt nicht mehr auf äußere Lernaktivitäten, sondern auf die geistig zu vollziehenden Lernprozesse, und sahen die Notwendigkeit, wissenschaftlich nicht angemessene Vorstellungen der Schüler herauszufordern. Diskussionen unter den

Schülern wurden hierfür als geeignetes Mittel angesehen (vgl. S. 17-20).

So und Watkins (vgl. 2005) klassifizierten die geäußerten Vorstellungen von Studierenden und Berufseinsteigern in vier Kategorien: Eine lernerzentrierte konstruktivistische Sichtweise („learner-centred constructivist“), eine lernerzentrierte, handelnd-induktive Sicht („learner-centred experimental-inductive“) und zwei eher Lehrer-zentrierte Sichtweisen, die das Vorgeben von Informationen durch Erklärungen, Vorlesen und Demonstrationen betonen („teacher exposition“ und „teacher transmission“) (S. 530-532). Nach der lernerzentrierten konstruktivistischen Sichtweise sollten den Schülern Möglichkeiten verschafft werden, Beobachtungen zu machen, Zusammenhänge zu entdecken, eigene Erklärungen und Lösungen zu entwickeln sowie vorhandene Vorstellungen zu verändern. Die Lehrkraft sollte in diesem Prozess als Unterstützer oder „guide“ fungieren und es vermeiden, Lösungen oder Erklärungen vorzugeben (vgl. S. 530). Die lernerzentrierte experimentell-induktive Sichtweise betont die Bedeutung von praktischen Versuchen, die zur Einführung, Veranschaulichung oder Demonstration eines natürlichen Phänomens dienen und dadurch Interesse der Kinder wecken und Verstehen sicherstellen sollen. Die Bedeutung von Schlussfolgerungen aus Versuchen, von Reflexion und einer unterstützenden Funktion der Lehrkraft ist nicht Teil dieser Vorstellung (vgl. S. 530). Die „teacher exposition“- und die „teacher transmission“-Sichtweise sind sehr ähnlich. Erstere betont die Notwendigkeit, den Schülern faktisches naturwissenschaftliches Wissen in Form von Erklärungen und Richtigstellungen 'falscher' Schüleraussagen zu präsentieren. Der zweiten Vorstellung liegt die Metapher der Informationsübertragung zugrunde, die sich in einer aktiven und dominanten Funktion der Lehrkraft, die Vorträge hält, Dinge vormacht und als 'Autorität' die Angemessenheit von Ideen bewertet, und in einer passiven, rezipierenden Rolle der Schüler äußert (vgl. S. 531).

Smith und Neale (vgl. 1989 und 1991) fanden bei erfahrenen Grundschullehrkräften vier Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, die sie als „discovery“, „processes“, „didactic/content mastery“ und „conceptual change“ bezeichnen (1989, S. 11; 1991, S. 193 f.). „Discovery“ wird als Vorstellung beschrieben, der zufolge im naturwissenschaftlichen Unterricht Materialien und interessante Aktivitäten organisiert und die Schüler ermutigt werden sollten, etwas auszuprobieren und Fragen zu entwickeln (vgl. 1989, S. 11). Die „processes“-Vorstellung entspricht der bei Gustafson und Rowell (vgl. 1995) beschriebenen Orientierung an naturwissenschaftlichen Verfahren, hier allerdings mit der Ergänzung, die Lehrkraft solle die Anwendung der Verfahren im Sinne des modeling vormachen (vgl. S. 11). Die „didactic/content mastery“-Vorstellung entspricht weitestgehend der in anderen Studien als 'transmission' bezeichneten Vorstellung, d.h. ihr zufolge wird die Vermittlung faktischen Wissens betont, während Schülern eher eine passive rezipierende Rolle beim Lernen zugeschrieben wird. Lehrkräfte mit einer „conceptual change“-Vorstellung dagegen sehen naturwissenschaftliches Lehren und Lernen als Konstruktion und Reorganisation von (konzeptuellem) Wissen. Im naturwissenschaftlichen Unterricht sollten vorhandene Vorstellungen der Schüler ergründet und konfligierende Evidenz verschafft werden und es sollten Möglichkeiten geschaffen werden, Deutungen zu diskutieren und neue Vorstellungen anzuwenden (vgl. S. 11).

Yerrick, Parke und Nugent (vgl. 1997) untersuchten die Veränderung von Lehrervorstellungen über das Lehren und Lernen durch eine Fortbildungsmaßnahme zu forschend-entdeckendem (inquiry-

oriented) naturwissenschaftlichem Lernen. Aus den vor der Intervention geführten Interviews mit den Lehrkräften extrahierten die Autoren zwei vorherrschende Vorstellungen. Die erste bestand in der Ansicht, dass naturwissenschaftliches Lehren die Übertragung umfangreicher 'Listen' wissenschaftlicher Konzepte bedeute (vgl. S. 142). Außerdem sahen die Lehrkräfte (zweite Vorstellung) ihre Schüler als Rezipienten faktischen Wissens, die bereits über mehr oder weniger dieses Wissens verfügen. Die 'Menge' des vorhandenen Vorwissens wurde neben dem Interesse der Schüler als Bedingung für unterrichtliche Strategien, wie z.B. eine besondere Förderung einzelner Schüler, genannt (vgl. S. 146). Nach der Intervention fanden Yerrick, Parke und Nugent deutliche Veränderungen in den geäußerten Lehrervorstellungen. Die Veränderungen bezogen sich vor allem auf die Sichtweise von fachlich unangemessenen Schüleräußerungen. Diese sahen die Lehrkräfte jetzt als Ausdruck von Fehlvorstellungen, die im Unterricht zu fachlich adäquateren Vorstellungen entwickelt werden müssten. Das Lehren sei also an den Schülervorstellungen auszurichten. Dabei komme dialogischen, diskursiven Unterrichtsformen eine besondere Bedeutung zu (vgl. S. 148f.). Die Autoren berichten neben diesen akkomodativen Veränderungen der Vorstellungen vom Vorwissen der Schüler, aber auch von assimilativen Veränderungen, die deutlich durch die eingangs vorhandenen Vorstellungen geprägt sind. So hätten die Lehrkräfte forschende Schüleraktivitäten und das Bereitstellen von Materialien in ihre eingangs geäußerte Vorstellung von naturwissenschaftlichem Unterricht als Übertragung faktischen Wissens assimiliert. Die Schüleraktivitäten dienen in dieser neuen Sicht gewissermaßen der besseren Übertragung des Wissens (vgl. Yerrick, Parke & Nugent, 1997, S. 150 f.).

King, Shumow und Lietz (vgl. 2001) fanden in ihrer Studie an vier Grundschullehrkräften ähnliche wie die bereits berichteten Lehrervorstellungen. Die befragten Lehrkräfte favorisierten in erster Linie einen 'hands-on'-Ansatz für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Diese Vorstellung war bei zwei Lehrkräften eingebettet in ein Verständnis von forschend-entdeckendem Lernen (inquiry-based approach), eine Lehrkraft betonte, dass die Aktivitäten an naturwissenschaftlichen Verfahren (Hypothesen aufstellen, Experimente durchführen, Schlussfolgerungen ziehen) orientiert sein sollten. Eine Lehrkraft sah die Bedeutung praktischer Tätigkeiten allein darin, dass den Schülern naturwissenschaftlicher Unterricht damit mehr Spaß mache. Das Vorwissen der Schüler wurde, wie in anderen Studien berichtet, in erster Linie in quantitativer Hinsicht beschrieben.

In Levitts Studie (vgl. 2002) zeigte sich eine übergreifende Vorstellung: Das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen sollte schülerzentriert („student centered“) sein. Levitt fand fünf spezifischere Vorstellungen, die alle dieser übergreifenden Vorstellung untergeordnet werden können: (1.) Schüler sollten praktisch tätig sein; (2.) Schüler als aktive Teilnehmer im naturwissenschaftlichen Unterricht; (3.) naturwissenschaftliches Lernen sollte subjektiv bedeutungsvoll für die Schüler sein; (4.) naturwissenschaftlicher Unterricht sollte positive Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften unterstützen; (5.) die Rolle der Lehrkraft sollte durch den Fokus auf die Schüler bestimmt sein. Levitt bezeichnet die gefundenen Vorstellungen als „non-traditional“ (S. 19) und sieht diese Befunde im Kontrast zu anderen Studien, die eher lehrerzentrierte, 'traditionelle' Vorstellungen fanden.

Jarvis & Pell (vgl. 2004) fanden in ihrer Interventionsstudie bereits vor den durchgeführten Lehrerfortbildungen bei den 38 teilnehmenden Grundschullehrkräften sehr hohe Werte in der Skala 'for-

schender, schülerorientierter naturwissenschaftlicher Unterricht', die sich auf die Bedeutung bezieht, die Lehrkräfte der Unterstützung von Schülerinitiative, dem Interesse und der Neugier der Schüler beimessen. Auch in der Skala 'eigenaktives wissenschaftliches Arbeiten', die auf naturwissenschaftliche Verfahren als Begründung für einen schüleraktiven, handelnden naturwissenschaftlichen Unterricht fokussiert, fanden sich hohe Mittelwerte (vgl. Jarvis & Pell, 2004, S. 1790). Die Intervention vermochte die ohnehin hohen Prä-Werte der Lehrkräfte auf diesen Skalen nicht weiter zu steigern.

Porlán und Martín del Pozo (vgl. 2004) untersuchten in ihrer Studie an einer größeren Stichprobe von praktizierenden und angehenden Lehrkräften in zwei Fragebogenteilen Vorstellungen zum Lehren und zum Lernen von Naturwissenschaften. Die Items zum Lehren und die zum Lernen wurden getrennt faktorenanalytisch untersucht und je drei Faktoren extrahiert. Bei den Vorstellungen zum Lehren interpretierten die Autoren den ersten Faktor als „traditional model“ (S. 52), der in anderen Studien als „direct transmission of content“ bezeichnet worden sei. Der zweite Faktor umfasse eine technische Sicht des Lehrens („technical model“, S. 52), das demnach an der Einhaltung festgelegter Unterrichtsabläufe bzw. -methoden orientiert sei. Diese Vorstellung fand sich in erster Linie bei den Lehramtsstudierenden und kommt der von Fischler beschriebenen 'Ablauforientierung' nahe (vgl. 2000). Ein dritter Faktor wurde als „alternative model“ (S. 54) beschrieben, das die komplexen Prozesse des Lehrens betone und in anderen Studien als Conceptual-Change-Orientierung bezeichnet worden sei (vgl. S. 54). Bei den Vorstellungen zum Lernen fand sich ein Faktor, der eine Sicht von Lernen als Aneignung von Wissen („appropriation of meanings“) umfasst, der zufolge Schüler als 'tabula rasa' gesehen werden, die Informationen mit festem Bedeutungsgehalt vom Lehrer aufnehmen. Der zweite Faktor wurde als „assimilation of meanings“ umschrieben. Der Lernende müsse demnach das zu Lernende auf sein vorhandenes Wissen beziehen und für diese geistige Aktivität auch motiviert sein. Der dritte Faktor „construction of meanings“ betont die individuelle Bedeutungskonstruktion und die Rolle von vorhandenen Vorstellungen für das Lernen. Diese Sicht sei in anderen Studien als konstruktivistisch bezeichnet worden (vgl. S. 55). Kritische Anmerkungen zum Vorgehen bei den Analysen finden sich in Kapitel 2.3.2.4.

Keys (vgl. 2005) klassifizierte in ihrer Studie die Vorstellungen der untersuchten Lehrkräfte in vier Kategorien: „platonian beliefs“, die idealistische Vorstellungen bezeichnen, „organizational beliefs“, die der Lehrkraft 'von außen' (der Organisation) auferlegt wurden, „associated beliefs“, die in vorhandene Vorstellungen assimilierte Beliefs bezeichnen, sowie „transitional beliefs“, die verbal zum Ausdruck gebracht werden und sich auch zumindest teilweise im Verhalten niederschlagen (S. 505 f.). Die von den Lehrkräften zum Ausdruck gebrachten Vorstellungen, denen zufolge das Vorwissen der Schüler erkundet und Schüler individuell gefördert werden müssten, wurden den organizational beliefs zugeschrieben. Auch fand Keys eine verbreitete 'hands-on'-Vorstellung von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen und ordnete sie den assoziierten Vorstellungen zu, da diese Vorstellung mit der Sichtweise der Lehrkräfte von 'konstruktivistischem Unterricht' verbunden war (vgl. S. 508), aber eine Fehlinterpretation dieses Ansatzes darstellte (vgl. dazu auch Prawat, 1992). Die Lehrkräfte schienen Unterricht, in dem die Schüler praktisch tätig sind, mit konstruktivistisch orientiertem Unterricht gleichzusetzen. Da sich die berichteten platonian beliefs nur auf die drei befragten Sekundarstufenlehrkräfte beziehen, wird hier nicht weiter darauf eingegangen. Die berichteten transitional beliefs sind für diese Übersicht ebenfalls

nicht relevant, da sie sich nicht auf das Lehren und Lernen, sondern die Zusammenarbeit mit Kollegen beziehen (vgl. Keys, 2005, S. 509).

Eine sehr relevante aktuelle deutsche Studie ist die von Heran-Dörr (vgl. 2006), die mittels Interviews 20 deutsche Grundschullehrkräfte vor und nach einer Fortbildungsmaßnahme zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht zu ihren Vorstellungen zum Bereich „Orientierung an Schülervorstellungen“ befragte. Vor der Intervention wurde eine generelle Orientierung an Schülervorstellungen von allen Lehrkräften als sehr bedeutsam eingeschätzt. „Sie betonen die Bedeutung, die die Anknüpfung an Vorerfahrungen, Vorwissen und Vorstellungen für den Lernprozess hat und erwähnen vor allem dessen motivierende und Interesse fördernde Qualität“ (S. 169). Schülervorstellungen bzw. das Vorwissen der Schüler werden dabei offensichtlich nicht im Sinne von Präkonzepten, wie sie in fachdidaktischer Forschung beschrieben werden, verstanden, sondern vielmehr „bilden sich in den Vorstellungen der Lehrkräfte (vermutete) Alltagserfahrungen der Kinder und deren Verbalisierungen“ (S. 170) ab. Heran-Dörr spricht daher von einer unspezifischen allgemeinen Schülerorientierung, die für die Vorstellungen der Lehrkräfte kennzeichnend sei. Wie bereits oben im Zusammenhang mit widersprüchlichen Lehrervorstellungen angedeutet, fand Heran-Dörr auch Vorstellungen, die als 'transmissiv' zu bezeichnen sind. Gut die Hälfte der Lehrkräfte gab an, dass es sinnvoll sei, als Reaktion auf Schüleräußerungen Sachverhalte zu erklären oder richtig zu stellen (vgl. S. 171). Darüber hinaus zeigte sich wie bei Keys (vgl. 2005), dass die Befragten mehrheitlich einer „naiven Theorie“ (S. 172) anzuhängen schienen: Sie betrachteten das eigene praktische Tun der Kinder im Unterricht als hinreichende Bedingung für die intendierten Lernprozesse (vgl. S. 172). Während alle Lehrkräfte die Bedeutung der tätigen Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand hervorhoben, wurde die Bedeutung einer „reflexionsintensiven Durchdringung des Lerngegenstandes“ (S. 172) nur von wenigen Befragten gesehen (vgl. S. 172f.). Nach der Fortbildungsmaßnahme verstanden die Lehrkräfte ‚Schülerorientierung‘ viel stärker in einem kognitionspsychologischen Sinne und sahen Lernen in stärkerem Maße als Veränderung vorhandener Schülervorstellungen (vgl. Heran-Dörr, 2006).

Zusammenfassung und Bewertung vor dem Hintergrund von Ansätzen der naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung

Die Forschungsübersicht macht deutlich, dass neben einigen eher large-scale orientierten Studien, die vorwiegend quantifizierende Methoden einsetzen, zahlreiche Fallstudien vorliegen, die mit qualitativ ausgerichteten Methoden (verschiedene Formen von Interviews, Dokumentenanalysen, Feldnotizen, Repertory Grids, Strukturlegeverfahren, Vignetten-Vorgabe u.ä.) in der Datengewinnung und auch der Datenauswertung ein differenziertes Bild von Vorstellungen von Grundschullehrkräften über das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften liefern. Insofern spiegelt sich auch bei den hier fokussierten Studien die schon angesprochene Heterogenität an methodischen Zugängen zur Erforschung der Expertise von Lehrkräften wider.

Trotz der unterschiedlichen methodischen Zugänge wird aber auch deutlich, dass die verschiedenen Studien immer wieder ähnliche, 'prototypische' Vorstellungen der Grundschullehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften berichten. Diese Vorstellungen scheinen recht verbreitete im Sinne von sozial geteilten Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Na-

turwissenschaften darzustellen.

Im Folgenden werden zunächst die berichteten inhaltlichen Ausprägungen der Lehrervorstellungen tabellarisch zusammengefasst. Dabei ergibt sich die Schwierigkeit, dass die in den Studien gewählten Konstrukte zur Beschreibung der gefundenen Vorstellungen nicht immer einheitlich verwendet und die Vorstellungen z.T. auf unterschiedlichen Generalisierungsniveaus beschrieben werden. Unter dem Label einer 'konstruktivistischen Vorstellung' bspw. werden z.T. recht heterogene Konstrukte gefasst. Sie reichen von einer 'allgemeinen Schülerorientierung', die durch Orientierung an Interessen der Schüler, Mitbestimmungsmöglichkeiten und die Betonung individueller Lernwege gekennzeichnet ist, bis hin zu Konstrukten, die auf das Lernen als Veränderung vorhandener Vorstellungen im Sinne von Conceptual Change fokussieren. Für die folgende tabellarische Zusammenfassung der berichteten Vorstellungen werden daher die Beschreibungen der Konstrukte zugrunde gelegt und nicht die 'Labels'. Außerdem werden übergeordnete Konstrukte genannt (Spalte 1) und dann bei deren Beschreibung ggf. verschiedene Facetten der Vorstellungen unterschieden (Spalte 2). Die beschriebenen Konstrukte sind dabei nicht als völlig disjunkte Kategorien zu verstehen.

Tabelle 2

Zusammenfassung der Befunde zu inhaltlichen Ausprägungen der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften

Bezeichnung der Vorstellung <i>und weitgehend gleichbedeutende Bezeichnungen</i>	Beschreibung der Vorstellung <i>ggf. mit verschiedenen Facetten</i>	Studien, <i>die diese Vorstellungen fanden</i>
'Allgemein schülerorientiert' Z.T. werden diese auch als 'reformorientierte' oder 'konstruktivistisch orientierte' Vorstellungen bezeichnet.	<u><i>Verschiedene Facetten:</i></u> Interessen der Kinder aufgreifen Es wird betont, dass Unterricht vorhandene Interessen der Schüler aufgreifen sollte.	Haefner & Zembal-Saul, 2004; So & Watkins, 2005
	Individuelle Förderung und unterstützendes Klassenklima Betonung folgender Aspekte: Individuelle Förderung der Kinder, respektvoller Umgang mit den Schülern, fürsorgliches Klassenklima und Schülermitbestimmung	Keys, 2005; Haney und McArthur, 2002
	Berücksichtigung von Vorwissen Vorwissen wird hier recht unspezifisch im Sinne von 'Vorerfahrungen' gesehen. Oft ist diese Sicht mit einer rein quantitativen Sicht von Vorwissen verbunden: Schüler unterscheiden sich in der 'Menge' des Vorwissens zu einem Thema. Dieses Vorwissen wird als wichtig für das Lernen erachtet.	Skamp & Müller, 2001; Yerrick, Parke & Nugent, 1997; King, Shumow & Lietz, 2001; Heran-Dörr, 2006
	Gruppenarbeit und soziale Interaktion Soziale Interaktion wird als 'an sich' wichtig erachtet, aber nicht im Zusammenhang mit der Anregung der konzeptuellen Entwicklung der Schüler gesehen.	Gustafson & Rowell, 1995; Southerland & Gess-Newsome, 1999; McGinnis et al., 2002; Bryan, 2003
'Transmission' 'Didactic-oriented', 'Traditional', 'Knowledge disseminating', 'Surface approach'	Z.T. unter Anwendung der Metapher der Übertragung von Wissen wird der Lehrkraft die Aufgabe zugesprochen, Wissen 'direkt' zu vermitteln. Schüler werden eher als passive Rezipienten des Wissens angesehen. Oft liegt eine behavioristisch orientierte Sichtweise von Lernen zugrunde. Lehrkräfte mit dieser Vorstellung betonen das Erklären von Sachverhalten sowie die Richtigstellung von 'Fehlern' bzw. sachlich nicht angemessenen Aussagen der Schüler.	Smith & Neale, 1989, 1991; Mellado, 1998; Meyer et al., 1999; Tillema, 2000; Haney & McArthur, 2002; Bryan, 2003; Haefner & Zembal-Saul, 2004; Hubbard & Abell, 2005; So & Watkins, 2005; Yerrick, Parke & Nugent, 1997; Pórlan & Martin del Pozo, 2004; Heran-Dörr, 2006

Bezeichnung der Vorstellung <i>und weitgehend gleichbedeutende Bezeichnungen</i>	Beschreibung der Vorstellung <i>ggf. mit verschiedenen Facetten</i>	Studien, <i>die diese Vorstellungen fanden</i>
'Motiviertes Lernen'	Es wird betont, dass motiviertes Lernen eine Voraussetzung für verstehendes Lernen sei. Schüler müssten motiviert sein, sich mit den Inhalten auseinander zu setzen. Z.T. wird hervorgehoben, dass geistiges Engagement (im Sinne kognitiver Aktivität) für erfolgreiches Lernen erforderlich sei.	Mellado, 1998; King, Shumow & Lietz, 2001; Levitt, 2002; Jarvis & Pell, 2004
'Anwendungsbezogenes Lernen'	Es wird betont, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht Bezüge zum 'Alltag' bzw. zur 'Lebenswelt' der Schüler hergestellt werden sollten. Die Schüler müssten Möglichkeiten bekommen, ihr Wissen anzuwenden.	Levitt, 2002; Heran-Dörr, 2006
'Entwickeln eigener Deutungen'	Schüler sollten im naturwissenschaftlichen Unterricht eigene Ansätze ('Ideen') zur Deutung von Naturphänomenen bzw. eigene Erklärungsansätze zu naturwissenschaftlichen Problemstellungen entwickeln. Z.T. wird betont, dass dies dem Geben früher Erklärungen oder Hilfestellungen durch die Lehrkraft vorzuziehen sei. Zur Beschreibung der Deutungen und Erklärungsansätze sollten Schüler 'eigene Formulierungen' verwenden dürfen.	Mellado, 1998; Meyer et al., 1999; Tillema, 2000; Haefner & Zembal-Saul, 2004; Hubbard & Abell, 2005; So & Watkins, 2005; Smith & Neale, 1989; 1991; King, Shumow & Lietz, 2001; Jarvis & Pell, 2004
'Angeleitetes Lernen' 'Scaffolding', 'Guided learning'	Betonung der Notwendigkeit der Anleitung und Unterstützung von Lernprozessen der Schüler, z.B. durch Hilfen bei der Umsetzung von Vorschlägen der Schüler für Experimente	Mellado, 1998; So & Watkins, 2005
'Conceptual Change'	<p><i>verschiedene Facetten:</i></p> <p>Naturwissenschaftliches Lernen als Conceptual Change Naturwissenschaftliches Lernen erfordere aktive Umstrukturierungsprozesse seitens der Schüler. Der Erwerb angemessener Vorstellungen bedürfe z.T. viel Zeit und es könnten angemessene und 'naive' Vorstellungen parallel existieren. Das Lehren zielt auf die Veränderung vorhandener Vorstellungen ab. Z.T. wird eine Konfliktstrategie zur Begünstigung von Conceptual Change favorisiert.</p> <p>Schüler mit Vorstellungen über Naturphänomene Schülervorstellungen werden als Präkonzepte verstanden, die oft den wissenschaftlichen Vorstellungen entgegenstehen, z.T. tief in Alltagserfahrungen verwurzelt und veränderungsresistent sind. Schülervorstellungen werden als mögliche Ursache für Lernschwierigkeiten gesehen.</p>	<p>Smith & Neale, 1989, 1991; Mellado, 1998; Meyer et al., 1999; Skamp & Müller, 2001; Hubbard & Abell, 2005; So & Watkins, 2005; Yerrick, Parke & Nugent, 1997; Pórlan & Martin del Pozo, 2004</p> <p>Smith & Neale, 1989; 1991; Gustafson & Rowell, 1995; Meyer et al., 1999; Skamp & Müller, 2001; So & Watkins, 2005; Yerrick, Parke & Nugent, 1997</p>
'Diskussion von Schülervorstellungen'	Schüler sollten angeregt werden, ihre Vorstellungen zu einem Naturphänomen zu diskutieren. Die Diskussion der Vorstellungen soll die Schüler anregen, ihre Vorstellungen zu überprüfen.	Smith & Neale, 1989; 1991; Gustafson & Rowell, 1995; Haney & McArthur, 2002; Hubbard & Abell, 2005; Yerrick, Parke & Nugent, 1997
'Praktisches Handeln'	<p><i>verschiedene Facetten:</i></p> <p>Betonung der Bedeutung praktischen Handelns Handlungserfahrungen an konkretem Material werden als wichtig für das naturwissenschaftliche Lernen von Grundschulkindern erachtet Z.T. wird dies damit begründet, dass das praktische Handeln Interesse fördere oder das Engagement der Schüler im Unterricht erhöhe. Einer als 'Discovery' bezeichneten Vorstellung zufolge sollten im naturwissenschaftlichen Unterricht Materialien und interessante Aktivitäten organisiert und die Schüler ermutigt werden, etwas auszuprobieren und Fragen zu entwickeln.</p>	<p>Smith & Neale, 1989, 1991; Gustafson & Rowell, 1995; Sotherland & Gess-Newsome, 1999; Skamp & Müller, 2001; Haney & McArthur, 2002; Haefner & Zembal-Saul, 2004; Hubbard & Abell, 2005; King, Shumow & Lietz, 2001; Levitt, 2002; Jarvis & Pell, 2004</p>
	<p>'Praktizismus'; 'Naiver Konstruktivismus' Handlungserfahrungen werden als hinreichende Bedingung für naturwissenschaftliche Lernprozesse erachtet. Lernen und Handeln werden gleichgesetzt: Teachers „equate activity with learning“ (Prawat, 1992, S. 357). Weitere Bezeichnungen: „Activitymania“ (Blank, 2000), „Activity-driven“ conception (Smith & Neale, 1991)</p>	<p>Gustafson & Rowell, 1995; Meyer et al., 1999; Bryan, 2003; Hubbard & Abell, 2005; So & Watkins, 2005; Keys, 2005; Heran-Dörr, 2006</p>

<i>Bezeichnung der Vorstellung und weitgehend gleichbedeutende Bezeichnungen</i>	<i>Beschreibung der Vorstellung ggf. mit verschiedenen Facetten</i>	<i>Studien, die diese Vorstellungen fanden</i>
'Naturwissenschaftliche Verfahren' 'Processes'	Schüler sollen naturwissenschaftliche Verfahren praktizieren und erlernen, die aus der Sicht der Lehrkräfte wichtige Verfahren darstellen: Vermutungen aufstellen, Beobachten, Daten sammeln, Schlussfolgerungen ziehen, Vermutungen prüfen, kontrolliertes Experimentieren. Es bestehen hier Überschneidungen mit Vorstellungen über das Wesen von Naturwissenschaften (nature of science).	Smith & Neale, 1989, 1991; Gustafson & Rowell, 1995; Haefner & Zembal-Saul, 2004; King, Shumow & Lietz, 2001; Jarvis & Pell, 2004
Sonstige Vorstellungen zum Lehren und Lernen, die nur in einzelnen Studien genannt werden	Betonung der Notwendigkeit des Einräumens von Zeit zum Nachdenken; Präferenzen für den Einsatz 'neuerer' Medien	McGinnis, Kramer, Shama, Graeber, Parker und Watanabe, 2002

Zu beachten ist bei dieser Übersicht, dass bei mehreren Studien Vorstellungen von Lehrkräften berücksichtigt wurden, die vorher an spezifischen fachdidaktischen Aus- und Fortbildungsmaßnahmen teilgenommen haben. Da die Probanden der vorliegenden Arbeit ebenfalls solche spezifisch fortgebildeten Lehrkräfte sind, war es das Ziel, das Spektrum an Vorstellungen zum Lehren und Lernen auch bei solchen Lehrkräften abbilden zu können.

Die Zusammenfassung der inhaltlichen Ausprägung der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften macht deutlich, dass einige der berichteten Vorstellungen in Übereinstimmung mit zentralen Aspekten der in Kapitel 2.2 dargestellten Ansätze zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen zu stehen scheinen. Wegen der Betonung der Notwendigkeit einer aktiven Umstrukturierung vorhandener Vorstellungen seitens der Schüler ('Conceptual Change'; 'Schüler mit Vorstellungen über Naturphänomene'), wegen der Hervorhebung der Bedeutung von Anwendungsbezügen ('Anwendungsbezogenes Lernen'), des Vorhandenseins einer Motivation zur Auseinandersetzung mit einer naturwissenschaftlichen Fragestellung ('Motiviertes Lernen'), eines diskursiven Aushandelns der Vorstellungen der Schüler ('Diskutieren von Schülervorstellungen') und schließlich der Bedeutung der Unterstützung der Lernprozesse der Schüler durch prozessbezogene Hilfestellungen und allgemeine Strukturierungsmaßnahmen ('Angeleitetes Lernen') scheint dies bei den genannten Vorstellungen der Fall zu sein. Vorstellungen von Lehren und Lernen als Conceptual Change und eine Sicht von Schülervorstellungen im Sinne von Präkonzepten scheinen von Grundschullehrkräften eher selten vertreten zu werden. Diese Vorstellungen werden in erster Linie bei spezifisch naturwissenschaftsdidaktisch aus- bzw. fortgebildeten Lehrkräften gefunden.

Insbesondere zwei der berichteten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften scheinen nicht konsistent mit den beschriebenen Ansätzen der naturwissenschaftsbezogenen Lehr-Lern-Forschung. Das betrifft die als 'Transmission' und die als 'Praktizismus' bezeichneten Vorstellungen. Beide Vorstellungen vernachlässigen die für den Erwerb sachlich angemessenerer Vorstellungen seitens der Schüler erforderlichen aktiven Umstrukturierungsprozesse. Gemäß der als 'Praktizismus' bezeichneten Vorstellung wird außerdem die für den Erwerb eines naturwissenschaftlichen konzeptuellen Verständnisses als bedeutsam erachtete Unterstützung der Lernprozesse durch die Lehrkraft (Stichwort 'Scaffolding') nicht in Betracht gezogen bzw. sogar als 'überflüssig' betrachtet. Die-

se Vorstellung wird in den o.g. Studien auch als Ergebnis einer Fehlinterpretation konstruktivistischer Ansätze gedeutet. Die Vorstellungen 'Praktizismus' und 'Transmission' können in Analogie zu Schülervorstellungen, die in Konflikt mit dem Wissen der Fachdisziplin stehen, als 'Misconceptions' bezeichnet werden (vgl. Hewson & Hewson, 1987; Prawat, 1992; Gregoire, 2003; vgl. aber auch die in Kapitel 2.2.3.1 skizzierte Kritik an diesem Begriff). Mellado, Blanco und Ruiz sprechen von Präkonzepten (pre-conceptions) der Lehrkräfte (vgl. 1998). Sowohl die als 'Transmission' als auch die als 'Praktizismus' bezeichnete Vorstellung scheint bei Grundschullehrkräften recht verbreitet zu sein.

Ebenfalls sehr verbreitet ist bei Grundschullehrkräften eine Vorstellung zum Lehren und Lernen, die hier als 'Entwicklung eigener Deutungen' bezeichnet wurde. Dieser Vorstellung zufolge sollten Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht eigene Ansätze ('Ideen') zur Deutung von Naturphänomenen bzw. eigene Erklärungsansätze zu naturwissenschaftlichen Problemstellungen entwickeln. Zwar wird dieser Vorstellung zufolge der individuellen Bedeutungskonstruktionen durch die Schüler eine wichtige Rolle zugesprochen, doch bleibt unklar, wie diese Sinnkonstruktionen der Schüler zu einem konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis entwickelt werden sollen. Schließlich ist davon auszugehen, dass die Deutungen der Schüler auch auf der Basis möglicher Fehlvorstellungen entstehen. Diese Vorstellung scheint somit in einer eher indifferenten Beziehung zu den in Kapitel 2.2 beschriebenen theoretischen Ansätzen und Befunden zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen zu stehen.

Verbreitet scheinen bei Grundschullehrkräften auch Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zu sein, die als 'schülerorientiert' umschrieben werden (vgl. z.B. Levitt, 2002). Auch eine Vorstellung, die die Bedeutung praktischen Handelns der Schüler im Unterricht betont (kein 'Praktizismus') und die z.T. ebenfalls einer allgemeinen Schülerorientierung zugeschrieben wird, wird vielfach berichtet. Diese Vorstellungen scheinen ebenfalls eher in einer indifferenten Beziehung zu den in Kapitel 2.2 geschilderten theoretischen Ansätzen und Befunden zu stehen. Die Rolle, die diese Vorstellungen für den Erwerb konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnisses seitens der Schüler spielen könnten, scheint unklar zu sein.

Inwiefern die Befunde der Studien aus dem Ausland auf die deutsche Situation übertragbar sind, ist die Frage, ob und inwieweit fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen kulturspezifisch variieren. Dies wäre schon vor dem Hintergrund verschiedener Schulsysteme, die Einfluss auf die schulischen Lernerfahrungen der (späteren) Lehrkräfte nehmen, und der verschiedenen Lehrerausbildungssysteme zumindest plausibel. Kulturvergleichende Studien liegen jedoch bisher kaum vor, so dass diese Frage nur unzureichend zu klären ist. Gao und Watkins (vgl. 2002) fanden allerdings bei chinesischen (Sekundarstufen-)Lehrkräften weitgehend ähnliche Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften wie bei westlichen (europäischen, amerikanischen) Lehrkräften. Nur in einigen Bereichen spiegelten sich kulturelle Besonderheiten Chinas in den Vorstellungen der Lehrkräfte wider. Für eine weitgehende Übertragbarkeit der Ergebnisse aus anderen Ländern auf die deutsche Situation sprechen in gewisser Weise auch die referierten nicht kulturvergleichenden Studien, die aus zahlreichen Ländern mit z.T. sehr unterschiedlichen Schul- und Lehrerausbildungssystemen stammen und trotzdem in vielen Bereichen ähnliche fachspezifische Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen berichten.

2.3.2.4 Untersuchungen zur Dimensionalität von Vorstellungen über das Lehren und Lernen

Die verschiedenen inhaltlichen Ausprägungen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen werden z.T. anhand eines Kontinuums beschrieben, an dessen Polen sog. 'konstruktivistisch geprägte' und 'traditionelle' Vorstellungen der Lehrkräfte liegen (vgl. Fischler, 2004). In anglo-amerikanischen Veröffentlichungen wird auch von einem „deep-surface-continuum“ gesprochen (An, Kulm & Wu, 2004; Prosser & Trigwell, 2006). 'Konstruktivistisch geprägte' Vorstellungen zum Lehren und Lernen betonen die selbstgesteuerte und aktive Konstruktion von Wissen, das vom Lernenden mit bereits vorhandenem Wissen zu verknüpfen ist. Lehren bedeutet in dieser Vorstellung meist, dass Lehrkräfte anregende Lernumgebungen bereitstellen, den Schülern Freiräume für eigenständiges Lernen gewähren und ihnen dabei die notwendige Unterstützung zukommen lassen sollten. In der 'traditionellen' Sichtweise ist Lernen ein Prozess, in dem Schüler die vom Lehrer dargestellten Inhalte eher passiv aufnehmen. Lehren besteht demnach eher im Darbieten oder 'Erklären' von Inhalten als in der Bereitstellung problemhaltiger Lernumgebungen (vgl. Fischler, 2004). Diesem Ansatz eines Kontinuums zwischen den Polen 'konstruktivistisch' und 'traditionell' zufolge können die verschiedenen inhaltlichen Ausprägungen der Lehrervorstellungen auf einer Dimension angeordnet werden.

Gegen diese Annahme spricht jedoch eine Reihe empirischer Befunde. In Kapitel 2.3.2.2 wurde bereits darauf eingegangen, dass Lehrkräfte parallel vermeintlich widersprüchliche Vorstellungen über das Lehren und Lernen haben können. Dieser Befund trifft, wie bspw. Smith und Neale (vgl. 1991), Haefner und Zembal-Saul (vgl. 2004) oder Heran-Dörr (vgl. 2006) zeigen, auch auf solche Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zu, die den genannten Polen 'konstruktivistisch' versus 'traditionell' zugeschrieben werden können. Zeigen sich bei Lehrkräften parallel sowohl 'traditionelle' als auch 'konstruktivistische' Vorstellungen, so spricht dies gegen eine eindimensionale Anordnung der verschiedenen inhaltlichen Ausprägungen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen.

Weitere Evidenz, die gegen ein eindimensionales Verständnis der inhaltlichen Ausprägungen der untersuchten Lehrervorstellungen spricht, findet sich in Studien, die mit faktorenanalytischen Verfahren die Dimensionalität von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen aufzuklären versuchen. Die m.E. einzige Studie mit Grundschullehrkräften im Bereich Naturwissenschaften ist die von Porlán und Martín del Pozo (vgl. 2004). Sie untersuchten in ihrer Studie an einer größeren Stichprobe von praktizierenden und angehenden Lehrkräften in zwei Fragebogenteilen Vorstellungen zum Lehren und zum Lernen von Naturwissenschaften. Die Items zum Lehren und die zum Lernen wurden getrennt faktorenanalytisch untersucht und je drei Faktoren extrahiert. Bei den Vorstellungen zum Lehren wurden die Faktoren als „traditional model“, „technical model“ und „alternative model“ interpretiert. Bei den Vorstellungen zum Lernen fanden sich die Faktoren „appropriation of meanings“, „assimilation of meanings“ und „construction of meanings“ (vgl. S. 52-55, Beschreibung der Faktoren: s. Kapitel 2.3.2.3). Leider wurden keine Faktorenanalysen über alle Items durchgeführt bzw. berichtet. Auf diese Weise hätten Aussagen über die empirische Unterscheidbarkeit von Vorstellungen zum Lehren und Lernen gemacht werden können. Nicht ganz überzeugen kann das Vorgehen, erst für die Subgruppen von Studierenden und praktizierenden Lehrkräften getrennte Faktorenanalysen durchzuführen, dann aber trotz

unterschiedlicher Ergebnisse gemeinsame Faktoren zu interpretieren. So setzen sich die berichteten Vorstellungen „technical model“ und „appropriation of meanings“ bei den Studenten aus je zwei (orthogonalen!) Faktoren zusammen. Deutlich ist jedoch, dass zumindest 'traditionelle' und 'alternative, konstruktivistische' Vorstellungen separate Dimensionen bilden und dass eine 'eindimensionale' Beschreibung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zu kurz greift.

Zieht man zusätzlich Studien aus dem Bereich Mathematik und Studien mit Sekundarstufen-Lehrkräften hinzu, so finden sich weitere Hinweise auf eine zumindest zweidimensionale Struktur der inhaltlichen Ausprägung fachspezifischer Vorstellungen zum Lehren und Lernen. So identifizieren Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner und Baumert (vgl. eingereicht) im Rahmen der COACTIV-Studie (vgl. auch Brunner et al., 2006) zwei Faktoren, die als „transmission view“ und „constructivist view“ bezeichnet werden. Die Vorstellungen der Lehrkräfte wurden mit einem Fragebogen-Instrument erfasst, das von Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (vgl. 1989) entwickelt und von Staub und Stern (vgl. 2002) ins Deutsche adaptiert worden war. Seidel und Kollegen (vgl. Seidel et al., 2006) adaptierten diesen Fragebogen für den Bereich Physik der Sekundarstufe und beschreiben ebenfalls zwei Vorstellungen: „Lernen als Wissensaufnahme“ und „Lernen als Wissenskonstruktion“. Prosser und Trigwell (vgl. 2006) konnten mittels konfirmatorischen Faktorenanalysen diese zwei Dimensionen bestätigen. Sie beschreiben sie als „information transmission/teacher-focused“ und „conceptual change/student-focused conception“ (S. 407-409).

Natürlich ist die faktorenanalytische Bestimmung von Dimensionen der inhaltlichen Ausprägung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen, auch wenn diese fachspezifisch auf das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen bezogen betrachtet werden, immer auch von der Anlage und der inhaltlichen Ausrichtung der eingesetzten Instrumente bzw. Items abhängig. Außerdem liegen bisher kaum Studien vor, die die Aufklärung von Dimensionen fachspezifischer Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften gezielt untersuchen. Dennoch sprechen die beschriebenen Befunde für zumindest zwei zentrale Dimensionen, die eine 'traditionelle' bzw. 'transmissive' und eine 'konstruktivistisch geprägte' Vorstellung widerspiegeln. Eine eindimensionale Anordnung von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften auf einem Kontinuum mit den Polen 'transmissiv/traditionell' und 'konstruktivistisch/reformorientiert', wie es mal mehr, mal weniger explizit in einigen Veröffentlichungen zugrunde gelegt wird, scheint zu kurz zu greifen.

2.3.3 Ansätze und Befunde zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit der Unterrichtsgestaltung und dem Lernerfolg von Schülern

Im Vordergrund der vorliegenden Arbeit steht die Untersuchung von Zusammenhängen von fachspezifischen Lehrervorstellungen über das Lehren und Lernen mit Lernfortschritten der Schüler. Um begründete Annahmen über diese Zusammenhänge zu erhalten, werden in diesem Kapitel zunächst Ansätze und Befunde zu der Frage beschrieben, in welcher Beziehung Lehrervorstellungen und unterrichtliches Handeln von Lehrkräften stehen. Dies geschieht vor dem Hintergrund der Annahme, dass die Wirkung professionellen Wissens von Lehrkräften auf Lernergebnisse der Schüler über Unterrichtspro-

zesse vermittelt wird (vgl. Bromme, 1997, S. 200). Empirische Evidenz für die Gültigkeit dieser 'Mediations-Hypothese' liefert die bereits o.g. COACTIV-Studie, in deren Rahmen gezeigt werden konnte, dass das mathematikbezogene fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte signifikante Effekte auf Merkmale der Unterrichtsgestaltung ('kognitive Aktivierung' und 'konstruktive Unterstützung des Lernens') hatte, die wiederum signifikante Effekte auf die (über ein Schuljahr kumulierten) Lernzuwächse der Schüler hatten (vgl. Kunter et al., 2006; Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner & Baumert, eingereicht).

Das intensive Interesse der Forschung der letzten ca. 20 Jahre an Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen ist maßgeblich getragen durch die Annahme, dass derartige Lehrervorstellungen die unterrichtliche Praxis entscheidend beeinflussen (vgl. Nespor, 1987; Pajares, 1992; Richardson, 1996; Bryan & Atwater, 2002). Hinsichtlich der Frage nach Zusammenhängen zwischen Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen und ihren Handlungsweisen im Unterricht finden sich in der Literatur jedoch neben Annahmen, die diesen Lehrervorstellungen handlungsregulative Funktion zusprechen, also eine Konsistenz von Vorstellungen und Handlungsweisen nahe legen, auch Annahmen, die eher von Inkonsistenzen zwischen Vorstellungen und Handlungen ausgehen.

In den folgenden drei Unterkapiteln (2.3.3.1 bis 2.3.3.3) wird zunächst auf Annahmen und Befunde eingegangen, die für Konsistenzen zwischen Lehrervorstellungen und Unterrichtsgestaltung sprechen. Anschließend werden Annahmen und Befunde zu Inkonsistenzen zwischen Vorstellungen und Handlungsweisen von Lehrkräften dargestellt. In Kapitel 2.3.3.5 werden Befunde speziell zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich mit der Unterrichtsgestaltung referiert. Schließlich wird eine Forschungsübersicht über die wenigen vorliegenden Studien gegeben, die Zusammenhänge von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernerfolgsmäßen seitens der Schüler untersucht haben.

2.3.3.1 Anforderungen des unterrichtlichen Handelns

In der Expertise-Forschung, die sich mit der Expertise von Lehrkräften beschäftigt, ist es ein zentraler Ansatz, aus dem Handeln erfolgreicher Lehrkräfte Anforderungen des Unterrichtens zu rekonstruieren. Auf der Grundlage dieser Anforderungen kann dann die handlungsregulative Funktion professionellen Wissens analysiert und beschrieben werden (vgl. Bromme, 1992; 1997). Der Begriff der Anforderungen ist dabei Ansätzen aus der Arbeitspsychologie entlehnt. Mit der Wahl dieses Begriffs soll hervorgehoben werden, dass beim professionellen Handeln von Lehrkräften nicht das Lösen von Problemstellungen im Vordergrund steht, wie sie in der Psychologie des Problemlösens untersucht werden, aus der die Expertise-Forschung entstanden ist. Lehrkräfte stehen, wie im folgenden Abschnitt noch ausgeführt wird, im Unterricht nicht isolierten Problemen gegenüber, zu denen eine und nur eine Lösung gefunden werden muss. Auch kommt es bei den zu bewältigenden Anforderungen i.d.R. nicht auf die Entdeckung von bislang völlig unbekanntem Sachverhalten an. Vielmehr steht die situationsangemessene Anwendung bereits vorhandenen Wissens im Vordergrund (vgl. ausführlicher dazu Bromme, 1992, S. 112-118). Anforderungen des Unterrichtens unterscheiden sich damit auch von den wohldefinierten Problemen, wie sie bspw. in Studien zur Schach- oder Physik-Expertise untersucht wurden (vgl. Gruber &

Mandl, 1996).

Auf der Grundlage der Annahme, dass sich fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen nur vermittelt über die Gestaltung von Lerngelegenheiten im Unterricht in Lernergebnissen der Schüler niederschlagen, wird hier auch nur auf Anforderungen eingegangen, die sich auf das Gestalten von Lerngelegenheiten im Rahmen von Unterricht beziehen. In Veröffentlichungen zu Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen beziehen sich die Annahmen zur handlungsregulativen Funktion dieser Vorstellungen insbesondere auf zwei Bereiche von Anforderungen unterrichtlichen Handelns: (A.) Das Handeln in komplexen und dynamischen Situationen und (B.) die Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht.

A. Handeln in komplexen und dynamischen Unterrichtssituationen

Um die Bedeutung von Lehrervorstellungen für das unterrichtliche Handeln von Lehrkräften zu erklären, wird in der Forschung zu Lehrerkognitionen häufig auf Anforderungen unterrichtlichen Handelns verwiesen, die sich unter der Überschrift 'Handeln in komplexen und dynamischen Situationen' zusammenfassen lassen (vgl. Nespor, 1987; Richardson, 1996). Doyle (1986, S. 394-395) beschreibt folgende Anforderungsaspekte: Unterrichten sei gekennzeichnet durch

- ◆ die große Anzahl von Ereignissen und deren Vernetzung („Multidimensionality“),
- ◆ das gleichzeitige Ablaufen verschiedener Ereignisstränge („Simultaneity“),
- ◆ die schnelle Abfolge von Ereignissen („Immediacy“) sowie
- ◆ die Unvorhersehbarkeit von Ereignissen („Unpredictability“).

Außerdem seien Unterrichtssituationen 'öffentlich', insofern Lehrerhandlungen durch die Schüler beobachtet werden („Publicness“), und durch gemeinsam geteilte Erfahrung in der Schulklasse („History“) gekennzeichnet (Doyle, 1986, S. 394-395; Bromme, 1992, S. 117). Auf die beiden letzten Merkmale wird zur Deutung der handlungsregulativen Funktion von Lehrervorstellungen in Publikationen zu Lehrerkognitionen jedoch kein Bezug genommen.

Wahl hat für das unterrichtliche Handeln von Lehrkräften, das in Situationen, die durch die zuerst genannten vier Merkmale umrissen sind, den Begriff „Handeln unter Druck“ (1991) geprägt. Dieses mache einen bedeutenden Anteil des interaktiven Handelns von Lehrkräften im Unterricht aus (vgl. Dann, 2000). Nespor hebt in teilweiser Überschneidung mit den zuvor genannten Merkmalen hervor, dass Unterrichten den Umgang mit schlecht strukturierten Situationen erfordere, die oft miteinander 'verwobene' Ereignisse und Aufgaben umfassen (vgl. 1987). Diese Situationen seien durch folgende Merkmale gekennzeichnet (vgl. Bromme & Brophy, 1986, S. 107; Nespor, 1987, S. 324 f.; Bromme, 1992, S. 111):

- ◆ Ein Zielzustand ist nur wenig klar definiert. Z.T. sind Ziele, die unvereinbar sind, gegeneinander abzuwägen.
- ◆ Es sind kaum Kriterien verfügbar, um zu entscheiden, ob ein Ziel erreicht wurde. Oft ist auch im Nachhinein nur schwer feststellbar, welche Handlungsweisen zu einem bestimmten Lernerfolg bei-

getragen haben.

- ◆ Es gibt keinen festgelegten Satz von Handlungsanweisungen oder Techniken, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. I.d.R sind Entscheidungen zu treffen, für die es keine konkreten forschungsba- sierten Empfehlungen gibt.
- ◆ Die Bandbreite möglicher Handlungsweisen ist beträchtlich.

In solchen komplexen, schlecht strukturierten Situationen spielen verdichtetes, erfahrungsbasiertes Wissen und Überzeugungssysteme eine wichtige handlungsleitende Rolle (vgl. Nespor, 1987; Wahl, 1991; Pajares, 1992). Je zentraler und integrierter dabei eine Überzeugung in dem Belief-System ist, desto eher wird sie herangezogen (vgl. Pajares, 1992). Vorstellungen zum Lehren und Lernen scheinen insbesondere wegen ihres z.T. engen Bezugs zu persönlichen Lehr- und Lernerfahrungen besonders adaptiv zu sein, um den spezifischen Anforderungen des unterrichtlichen Handelns von Lehrkräften in komplexen, schlecht strukturierten und ambigen Situationen gerecht zu werden. Nespor geht in seinem Übersichtsartikel davon aus, dass Lehrkräfte bei der Ausrichtung ihres unterrichtlichen Handelns oft eher auf ihre zentralen präskriptiven Vorstellungen zurückgreifen als auf in der Ausbildung erworbenes akademisches Wissen (vgl. Nespor, 1987). Bromme weist allerdings darauf hin, dass die Komplexität von Unterrichtssituationen aus der Perspektive von Lehrkräften durch eingespielte soziale Verhaltensmuster, individuelle Routinen u.ä. reduziert ist, wie es z.B. in der oft beobachteten äußeren Gleichförmigkeit ('Monokultur') von Unterricht zum Ausdruck komme (vgl. Bromme, 1992, S. 117).

Während sich die in diesem Abschnitt beschriebenen Annahmen auf die handlungsregulative Funktion von allgemeinen, nicht unbedingt fachspezifischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen beziehen, geht es im folgenden Abschnitt um Annahmen und Befunde zur Bedeutung *fachspezifischer* Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen für die Unterrichtsgestaltung.

B. Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht

Bromme hat Anforderungen des Unterrichtens aus Ergebnissen und Ansätzen der Lehr-Lern-Forschung rekonstruiert und diese drei Bereichen zugeordnet (vgl. 1992, S. 73-91; 1997). Er unterscheidet:

1. *Die Organisation und Aufrechterhaltung einer Struktur von Lehrer- und Schüleraktivitäten:* Insbesondere Forschungen zum Classroom-Management haben gezeigt, dass Lehrkräfte im Unterricht einen organisatorischen Rahmen in Form eines effektiven Unterrichtsablaufes (störungspräventive Klassenführung, schwingvolle Übergänge zwischen Unterrichtsphasen, Monitoring u.ä.) schaffen müssen, der als notwendige Voraussetzung für fachliche Lernprozesse der Schüler angesehen werden kann.
2. *Die Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht:* In diesem Bereich sind fachbezogene Anforderungen des Unterrichtens, die die inhaltliche Gestaltung des Unterrichtsprozesses betreffen, zusammengefasst. Unterrichten wird dabei wiederum als Gestaltung von (fachbezogenen) Lerngelegenheiten verstanden. Lehrkräfte müssen zur Schaffung solcher Lerngelegenheiten bspw. Aktivitäten auswählen und gestalten, die die Schüler kognitiv aktivieren, sie müssen die bereichsspezifischen Vorstellungen der Schüler berücksichtigen und Strukturierungsmaßnahmen vornehmen (vgl. die in Kapitel 2.2 beschriebenen Ansätze und Befunde zur Gestaltung von Lerngelegenheiten im naturwissen-

schaftlichen Unterricht). Lehrkräfte entwickeln auf diese Weise gemeinsam mit den Schülern die fachlichen Inhalte im Unterricht.

3. *Die Organisation von Unterrichtszeit:* Bereits die in Kapitel 2.1.2 angesprochenen Untersuchungen zur Nutzung von Unterrichtszeit als Mediator der Prozess-Produkt-Beziehung haben die große Bedeutung der Zeit im Unterricht gezeigt. Lehrkräfte müssen dem Unterricht eine zeitliche Struktur geben, sind aber bspw. durch curriculare Vorgaben und Stundentafeln auch an zeitliche Rahmenbedingungen gebunden.

Die Anforderungen des Unterrichtens werden zusammenfassend also als Gestaltung einer *organisatorischen, inhaltlichen* und *zeitlichen Struktur* beschrieben. Während sich der im vorigen Teilkapitel beschriebene Anforderungsbereich auf allgemeine und nicht fachbezogene Anforderungen des Unterrichtens bezieht, wird in Veröffentlichungen, die die handlungsregulative Funktion *fachspezifischer* Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen thematisieren, teils implizit, teils explizit Bezug genommen auf Anforderungen im Zusammenhang mit dem zweiten Bereich, den Bromme als Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht beschrieben hat (vgl. Bromme, 1997; Combe & Kolbe, 2004).

Die Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht erfordert zunächst u.a. die Festlegung von Zielsetzungen und die Planung einer Sequenz unterrichtlicher Aktivitäten, wobei bereits Interessen und Vorwissen der Schüler, sachlogische Aspekte und die erwartete Entwicklung des Verständnisses bei den Schülern berücksichtigt werden müssen (pre-active teaching). Während des Unterrichts ist außerdem die Abstimmung dieser Aktivitäten auf situationale Gegebenheiten notwendig (inter-active teaching) (vgl. Clark & Peterson, 1986).

Dass bei der inhaltlichen Gestaltung des Unterrichtsprozesses mehr als die bloße Berücksichtigung einzelner erfolgversprechender Verhaltensweisen der Lehrkraft notwendig ist, haben Ergebnisse der Lehr-Lern-Forschung gezeigt (vgl. Shuell, 1996). Sowohl die dem Unterricht vorausgehenden Planungsprozesse als auch das Handeln während des Unterrichts erfordern vielmehr wie angedeutet eine Abstimmung oder 'Orchestrierung' von Lehrer- und Schüleraktivitäten (vgl. Weinert, 1996; Oser & Baeriswyl, 2001). Für diese inhaltliche Gestaltung des Unterrichtsprozesses wird Vorstellungen zum Lehren und Lernen eine wichtige Rolle zugesprochen (Prawat, 1992; Putnam & Borko, 1997; Magnusson, Krajcik & Borko, 1999). Die Bedeutung dieser Wissenskomponente wird darin gesehen, dass sie als 'conceptual map' bzw. als 'frame' eine integrative Funktion für unterrichtliche Entscheidungen, die Auswahl von Zielsetzungen des Unterrichts, für geeignete Lehrstrategien, die Auswahl und Gestaltung von Schüleraufgaben, die Art und Weise des Gebrauchs von Lehrmaterialien sowie für die Einschätzung und Bewertung des Lernens der Schüler erfüllen (Putnam & Borko, 1997, Shulman, 1987). Magnusson, Krajcik und Borko beschreiben beispielhaft am Unterrichtsthema 'Elektrischer Strom' verschiedene solcher Aktivitätsstrukturen, um daran die Funktion von Vorstellungen zum Lehren und Lernen zu zeigen.

Eine Lehrkraft mit einer Vorstellung von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen im Sinne von Conceptual Change würde vielleicht den Unterricht damit beginnen, die Schüler über ihre Ideen zu elektrischem Strom sprechen zu lassen, damit sie ihrer eigenen Vorstellungen bewusst würden und Un-

terschiede zu den Vorstellungen anderer Schüler feststellen. Die Lehrkraft selbst würde sich dabei einen Eindruck verschaffen, welche Fehlvorstellungen bei den Schülern vorhanden sein könnten. Sie könnte die Schüler dann anleiten, einen speziellen Stromkreis (nach-)zubauen, von dem sie erwartet, dass er die Fehlvorstellungen der Schüler herausfordert. Die Lehrkraft könnte die Schüler anregen, Erklärungen für die Beobachtungen an dem Stromkreis zu entwickeln und die eigenen Deutungen wieder mit denen der Mitschüler zu vergleichen, um Unterschiede festzustellen. Dabei würde die Lehrkraft die Beiträge der Schüler ggf. strukturieren, Unterschiede in den Erklärungen hervorheben und ggf. weitere Beispiele von Stromkreisen vorgeben, die zur Widerlegung bestimmter Schülervorstellungen geeignet sind. Auf diese Weise würde sie versuchen, den Schülern die Erklärungskraft der wissenschaftlichen bzw. der wissenschaftsnäheren Konzepte erfahrbar zu machen. Schließlich würde sie den Schülern Gelegenheit geben, die neuen Konzepte auf weitere Stromkreise zu übertragen und daran zu testen (vgl. Magnusson, Krajcik & Borko, 1999).

Eine Lehrkraft mit einer 'praktizistischen' Vorstellung von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen würde demgegenüber vielleicht zunächst den Schülern Batterien, Glühlampen und Drähte zur Verfügung stellen, damit sie eigenen Fragen nachgehen und ausprobieren können, was mit den Materialien herzustellen ist. Die Lehrkraft würde erwarten, dass die Schüler entdecken, dass es verschiedene Arten von Stromkreisen gibt, und sie würde ggf. nur die entsprechenden Begriffe zu den Stromkreisen anbieten.

Eine Lehrkraft, die von einer 'transmissiven' Vorstellung von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen überzeugt ist, würde den Schülern vielleicht direkt Pläne von Reihen- und Parallelschaltung geben und die Schüler diese ggf. nachbauen lassen. Abschließend würde die Lehrkraft die Schüler vielleicht die unterschiedlichen Wirkungen der beiden Schaltungen auf die Helligkeit der Glühlampen beschreiben lassen und Erklärungen zum wesentlichen Unterschied von Reihen- und Parallelschaltung geben.

Ein Vergleich der Merkmale der skizzierten Unterrichtssequenzen zeigt auch, dass einzelne Handlungsweisen der Lehrkraft bzw. einzelne Lehrstrategien, wie das Ermöglichen von 'hands-on'-Aktivitäten, für mehrere Vorstellungen zum Lehren und Lernen charakteristisch sein können. Alle drei Lehrkräfte würden den Schülern vielleicht Gelegenheit geben, Serien- und Parallelschaltungen 'praktisch' herzustellen. Die handlungsregulative Funktion von Vorstellungen zum Lehren und Lernen sollte sich also nicht in einzelnen, isolierten Lehrstrategien oder Lehrerhandlungen äußern, sondern vielmehr in der gesamten inhaltlichen Gestaltung und Strukturierung des Unterrichtsprozesses.

Eine besondere Rolle für die Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht kommt im naturwissenschaftlichen Unterricht der Auswahl und Gestaltung von *Experimenten* und speziell im Grundschulbereich von *'hands-on'-Aktivitäten* der Schüler zu. Sie sind vergleichbar mit den *Aufgaben* im Mathematikunterricht, die dort eine zentrale Funktion für die inhaltliche Strukturierung des Unterrichts haben (vgl. Bromme, 1992, S. 100 f.; 1997; Duit & Häußler, 1997). Sowohl Aufgaben als auch Experimente oder 'hands-on'-Aktivitäten können sich massiv darin unterscheiden, inwieweit sie z.B. kognitive Aktivität der Schüler unterstützen, vorhandene 'Fehlvorstellungen' der Schüler herausfordern, sachlich angemessenere Konzepte plausibel machen oder durch geeignete Fokussierung eine für die Schüler bewältigbare

Komplexität aufweisen. Es konnte gezeigt werden, dass Lehrkräfte, die herausfordernde und kognitiv aktivierende (Text-)Aufgaben in ihrem Unterricht einsetzen, die außerdem ein strukturelles Verständnis erfordern, höhere Lernzuwächse bei ihren Schülern erreichten (vgl. Renkl & Stern, 1994). Dass sogar gleiche oder ähnliche Aufgaben von Lehrkräften völlig unterschiedlich im Unterricht genutzt werden, so dass sie mitunter ihren problemorientierten, kognitiv aktivierenden Charakter verlieren, hat sich z.B. in der 1995er TIMS-Studie Video gezeigt (vgl. Stigler, Gonzales, Kawanaka, Knoll & Serano, 1999).

Es ist anzunehmen, dass sowohl die Auswahl als auch die Art und Weise der Verwendung und Gestaltung von Aufgaben im Mathematik- bzw. von Experimenten und 'hands-on'-Aktivitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht maßgeblich durch fachspezifische Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen beeinflusst sind. Eine Lehrkraft mit einer 'praktizistischen' Vorstellung von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen wird dieser Annahme zufolge eher Versuche oder Erfahrungsmöglichkeiten für den Unterricht auswählen, die die Schüler zwar zu 'praktischen' ('hands-on-')Aktivitäten, nicht jedoch zum konzeptuellen Durchdringen eines Prinzips o.ä. anregt. Diese Form von Aktivitäten im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht sind als 'hands-on/minds-off'-Aktivitäten bezeichnet worden (vgl. Prawat, 1992). Der Strukturierung oder Fokussierung der Schüleraktivitäten durch die gezielte Auswahl von Versuchsmaterialien, in denen eine solche Fokussierung auf spezifische naturwissenschaftliche Konzepte gewissermaßen enthalten ist, wird diese Lehrkraft vermutlich nicht so viel Bedeutung beimessen. Eine Lehrkraft mit einer Conceptual-Change-orientierten Vorstellung zum Lehren und Lernen wird demgegenüber wahrscheinlich u.a. Wert darauf legen, dass die Vorstellungen der Schüler durch Versuche oder Erfahrungsmöglichkeiten im Unterricht herausgefordert werden. Im Zusammenhang mit dem Unterrichtsthema 'Schwimmen und Sinken' könnte die Lehrkraft bspw. den Kindern Würfel gleichen Volumens, aber mit unterschiedlichem Gewicht zur Verfügung stellen und die Schüler anregen, die Menge des durch die verschiedenen Würfel verdrängten Wassers zu vergleichen. Auf diese Weise könnte im Sinne einer Konfliktstrategie die bei Grundschulkindern verbreitete Vorstellung, die Verdrängung sei vom Gewicht des ins Wasser getauchten Gegenstandes abhängig, in Frage gestellt werden.

Natürlich erfordert das Erkennen und Nutzen bspw. des kognitiv herausfordernden Potenzials von Aufgaben oder Versuchen über Vorstellungen zum Lehren und Lernen hinaus noch weiteres, insbesondere auf das jeweilige Thema bezogenes fachspezifisch-pädagogisches Wissen. Dennoch sollte, wie beschrieben, bewertendem Wissen in Form von Vorstellungen zum Lehren und Lernen ebenfalls eine zentrale Funktion für die Auswahl und Gestaltung von Versuchen und 'hands-on'-Aktivitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht zukommen.

Diese Annahme wird durch Befunde der Studien von Staub und Stern (vgl. 2002) sowie Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (vgl. 1989) gestützt. Diese Studien konnten im Bereich Mathematik zeigen, dass Lehrkräfte mit einer stärker kognitiv-konstruktivistischen Vorstellung zum Lehren und Lernen eher kognitiv herausfordernde (Text-)Aufgaben für den Unterricht auswählten, deren Lösung ein tieferes Verständnis der Inhalte erfordern. Die Autoren gehen davon aus, dass die in diesen Studien ebenfalls festgestellten Effekte der Lehrervorstellungen auf Lernzuwächse der Schüler u.a. über die Art

und Weise des Einsatzes von Aufgaben vermittelt werden (vgl. Staub & Stern, 2002).

Dass fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen, wie in diesem Abschnitt beschrieben, speziell mit der Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht und weniger der allgemeinen organisatorischen Gestaltung des Unterrichtsprozesses zusammenhängen sollten, scheinen Befunde aus COACTIV (vgl. Brunner et al., 2006) zu unterstützen. Im Rahmen der Studie konnte gezeigt werden, dass die erfassten fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen („transmission view“ und „constructivist view“) zwar mit Unterrichtsmerkmalen wie „kognitive Selbstständigkeit“ (Beispielitem: „Ich lasse unterschiedliche Lösungswege von Aufgaben vergleichen und bewerten“) und „Engführung“ (Beispielitem: „Ich erkläre den Schülerinnen und Schülern immer genau, was sie tun müssen“) korrelierten, nicht jedoch mit Indikatoren einer effektiven Klassenführung (hier: „Disziplin“). Dort ergaben sich Null-Korrelationen (vgl. Brunner et al., 2006). Zu berücksichtigen ist hier allerdings, dass die Unterrichtsmerkmale über Einschätzungen der Lehrkräfte erfasst wurden. Jüngste Ergebnisse aus dem Projekt zeigen, dass Zusammenhänge des „transmission view“ mit Lernfortschritten der Schüler über Merkmale der Unterrichtsgestaltung (hier über klassenweise aggregierte Einschätzungen der Schüler erfasst) vermittelt werden. Als Mediatoren erwiesen sich die auf fachliche Lernprozesse bezogenen Merkmale „kognitive Aktivierung“ und „konstruktive Unterstützung des Lernens“. Das Merkmal „effektive Klassenführung“ fungierte hingegen konsistent mit den zuvor beschriebenen Annahmen nicht als Mediator (Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner & Baumert, eingereicht).

2.3.3.2 Kategoriale Wahrnehmung von Unterrichtssituationen und andere mittelbare Effekte von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen auf das unterrichtliche Handeln

Befunde aus dem Experten-Paradigma zeigen, dass das professionelle Wissen die kategoriale Wahrnehmung von Unterrichtssituationen beeinflusst und damit die grundlegenden Geschehenseinheiten formt, mit denen Unterrichtssituationen perzeptiv strukturiert und damit auch interpretiert werden (vgl. Bromme, 1997). Auch in der Forschung zu Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen ist recht gut belegt, dass vorhandene Vorstellungen in Unterrichtssituationen zur frühen Bildung von Inferenzen führen, die die Interpretation der Situation durch die Lehrkraft beeinflussen und auch 'verzerrern' können (vgl. Pajares, 1992; Thompson, 1992; Richardson, 1996). Da das interaktive unterrichtliche Handeln von Lehrkräften als eine Sequenz von Situationsauffassung, Handlungsausführung und Handlungsergebnisauffassung beschrieben werden kann (vgl. Dann, 2000), ist davon auszugehen, dass vermittelt über eine durch Vorstellungen der Lehrkraft 'gefilterte' Wahrnehmung von Unterrichtssituationen auch das unterrichtliche Handeln von Lehrkräften beeinflusst wird.

Wie Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften die kategoriale Wahrnehmung von Unterrichtssituationen und das unterrichtliche Handeln beeinflussen können, zeigt eine Experten-Novizen-Studie von Meyer (vgl. 2004). Die Autorin untersuchte das Zusammenspiel von Lehrervorstellungen zur generellen Beschaffenheit des Vorwissens der Schüler und zu Strategien zum Umgang mit Schülervorstellungen mit fachspezifisch-pädagogischem Wissen über die konkrete inhaltliche Ausprägung von Schülervorstellungen und mit dem unterrichtlichen Handeln der Lehrkräfte. Die Novizen-Lehrkräfte zeigten nur 'oberflächliche' (superficial) Vorstellungen vom Vorwissen der Schüler. Sie

diskutierten dieses Wissen, als bestehe es aus statischen Objekten und als sei Lernen eine Akkumulation von zusätzlichen Informationseinheiten. Wenn die Lehrkräfte über konkretes Vorwissen sprachen, das Schüler im Unterricht äußerten, wurde es durch diese eingeschränkte Perspektive wahrgenommen. Dies schlug sich wiederum in unterrichtlichen Handlungen nieder, die darin bestanden, die den Schülern bereits bekannten Informationen zu eruieren, festzustellen, welche 'Wissenslücken' zu füllen sind, und schließlich die nötigen 'Informationen' bereit zu stellen. Durch die auch in dieser Studie befundenen einfachen Fragestrategien zur Erfassung des Vorwissens gelang es den Lehrkräften nicht, tiefere Erklärungen bzw. Präkonzepte der Schüler aufzudecken. Meyer folgert, dass sich den Lehrkräften dadurch wiederum gar nicht erst die Möglichkeit eröffnet, die Bedeutung der Präkonzepte der Kinder für deren Lernen selbst erfahren zu können und infolge dessen die eigenen Vorstellungen über das Vorwissen der Schüler zu ändern (vgl. S. 981). Das Wissen der erfahrenen Experten-Lehrkräfte über das Vorwissen der Schüler war ganz im Einklang mit den Befunden aus Experten-Novizen-Studien anderer Domänen wesentlich komplexer organisiert und differenzierter. Dies betraf sowohl das Wissen über die Präkonzepte der Schüler zu konkreten naturwissenschaftlichen Themen als auch die Vorstellungen der Lehrkräfte zur generellen Beschaffenheit und Bedeutung von Präkonzepten. Den Experten-Lehrkräften war es daher möglich, u.a. auf der Basis dieses Wissens Schülervorstellungen adäquater wahrzunehmen und flexibel darauf zu reagieren (vgl. Meyer, 2004, S. 981).

In Kapitel 2.3.1.2 wurde beschrieben, dass auf ein Unterrichtsfach bezogene Vorstellungen über das Lehren und Lernen auch als 'conceptual map' oder 'frame' für andere Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens dienen (Putnam & Borko, 1997; Magnusson, Krajcik & Borko, 1999). Sie stellen in diesem Sinne ein wichtiges und integrierendes Element dieses Wissens dar und beeinflussen auch den Wissenserwerb in diesem Bereich. Auf diese Weise sind ebenfalls mittelbare, über andere Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens wirksame Effekte auf die unterrichtliche Praxis von Lehrkräften anzunehmen. Das betrifft bspw. die Auswahl von Zielsetzungen und geeigneten Lehrstrategien, die Auswahl und Gestaltung von Schüleraufgaben, die Art und Weise des Gebrauchs von Lehrmaterialien sowie die Einschätzung und Bewertung des Lernens der Schüler (vgl. Putnam & Borko, 1997). Hinweise darauf liefert die o.g. Studie von Meyer, da hier die handlungsregulative Funktion der Vorstellungen der Lehrkräfte über die generelle Beschaffenheit des Vorwissens der Schüler u.a. über das Wissen über konkrete inhaltliche Ausprägungen der Schülervorstellungen vermittelt wurde (vgl. Meyer, 2004). Laplante zeigte, dass Vorstellungen zum Lehren und Lernen die Umsetzung von Vorstellungen zum Wesen von Naturwissenschaften in entsprechende unterrichtliche Handlungsweisen von Lehrkräften im Sinne eines Moderatoreffekts beeinflussen können (vgl. 1997).

2.3.3.3 Annahmen und Befunde zur handlungsregulativen Funktion von Vorstellungen (Beliefs) aus der sozialpsychologischen Forschungstradition

Umfangreiche Forschung zu Zusammenhängen von normativ geprägten Vorstellungen mit Verhaltensweisen findet sich in der sozialpsychologischen Forschungstradition zu Beliefs und Einstellungen. Beliefs werden in dieser Tradition i.d.R. als kognitive Komponente von Einstellungen gesehen (vgl. Furinghetti & Pehkonen, 2002). Eine prominente Theorie zur handlungsregulativen Funktion von Überzeugungen ist die Theorie der Planned Behavior von Ajzen (vgl. 1985). Diese Theorie wurde auch in

der Forschung zu Lehrervorstellungen aufgegriffen (vgl. Beck, Czerniak & Lumpe, 2000; Haney & McArthur, 2002) und soll im Folgenden kurz skizziert werden. Nach dieser Theorie können sowohl Handlungsabsichten als auch die Wahrscheinlichkeit von Handlungen mit Hilfe dreier Konstrukte vorhergesagt werden: (1.) Die Einstellung gegenüber dem Verhalten, (2.) sog. subjektive Normen und (3.) die wahrgenommenen Möglichkeiten der Handlungsregulation. Die Einstellung zum Verhalten ist wiederum von Vorstellungen (Beliefs) der Person abhängig, dass das Verhalten bestimmte Wirkungen erzielt, und von Bewertungen dieser Wirkungen. Der Prädiktor 'subjektive Normen' beinhaltet die spezifisch 'sozialpsychologische Komponente' des Modells und bezieht sich auf Überzeugungen der Person, dass andere bedeutsame Personen oder Gruppen denken, dass sie (die Person) das Verhalten zeigen sollte oder nicht, sowie auf die Motivation, diesen Personen zu entsprechen. Der dritte Prädiktor im Modell, die 'wahrgenommenen Möglichkeiten der Handlungsregulation', postuliert, dass Personen erwägen, ob sie über erforderliche Ressourcen und Möglichkeiten verfügen, eine Handlung durchzuführen. Es wird deutlich, dass die Theorie der Planned Behavior motivationalen Theorien, insbesondere den Erwartung-mal-Wert-Ansätzen, die es entscheidend mitgeprägt hat, sehr nahe steht. Sie geht dabei von der Annahme aus, dass das in Betracht stehende Verhalten unter volitionaler Kontrolle der Person steht und dass diese in einem reflexiven Prozess 'Kosten' und 'Nutzen' der Handlung abwägt (vgl. Fazio, 1990). Außerdem erhebt sie den Anspruch, alle Determinanten der Verhaltensabsicht (s.o.) zu erfassen. Andere Faktoren wie Fähigkeiten oder Persönlichkeitsmerkmale der Person können das Verhalten demnach höchstens mittelbar über die drei im Modell enthaltenen Prädiktoren beeinflussen.

Beck, Czerniak und Lumpe (vgl. 2000) untersuchten auf der Grundlage der Theorie der Planned Behavior Zusammenhänge zwischen Vorstellungen zur Wirksamkeit konstruktivistisch orientierten Unterrichts mit Blick auf die Erreichung von Zielkriterien und entsprechenden Handlungsweisen der Lehrkräfte. Es zeigte sich, dass die erfassten Vorstellungen signifikante Prädiktoren des Lehrerhandelns waren (vgl. Beck, Czerniak & Lumpe, 2000, S. 332; 334-337). Die Validität dieses Befundes ist allerdings dadurch eingeschränkt, dass die Unterrichtspraxis nur über Selbstauskünfte der Lehrkräfte erfasst wurde. Auch die wahrgenommene Möglichkeit der Handlungsregulation (perceived behavioral control) zeigte sich z.T. als signifikanter Prädiktor von Handlungsabsichten („Persönliche Relevanz des Lerngegenstandes“ und „Kritische Haltung der Schüler gegenüber der Lehrkraft und der Instruktion“) sowie im Falle der Skala „Persönliche Relevanz“ auch als bedeutsamer Prädiktor der von den Probanden selbstberichteten Unterrichtspraxis (S. 332, 334-337).

Entscheidend für die Frage von Zusammenhängen zwischen Lehrervorstellungen und -handlungsweisen scheinen die Annahmen der Theorie der Planned Behavior, dass Handlungsweisen und -absichten auch davon abhängen, inwieweit Personen vor dem Hintergrund persönlicher und anderer Ressourcen überhaupt die Möglichkeit gegeben sehen, diese Handlungen durchzuführen, und dass auch soziale Prozesse eine Rolle spielen. Auf diese Fragen wird im folgenden Teilkapitel noch etwas genauer eingegangen. Die Übertragbarkeit der Theorie der Planned Behavior auf das unterrichtliche Handeln von Lehrkräften scheint jedoch deutlich eingeschränkt. Das Handeln von Lehrkräften während des Unterrichts ist nur zu einem Teil geplantes Verhalten, das Abwägungsprozesse, wie sie in der Theorie der Planned Behavior angenommen werden, umfasst (vgl. Nespor, 1987; Dann, 2000). Eventuell könnte

die Theorie in der Anwendung auf die vor dem Unterricht stattfindenden Planungsprozesse von Lehrkräften sinnvoller sein.

2.3.3.4 Annahmen und Befunde zu Inkonsistenzen zwischen Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen und der unterrichtlichen Praxis

Neben den im vorigen Kapitel beschriebenen Annahmen, die dafür sprechen, dass Vorstellungen über das Lehren und Lernen eine bedeutsame Funktion für das unterrichtliche Handeln von Lehrkräften und damit für die Gestaltung von Lerngelegenheiten für Schüler haben, finden sich jedoch auch Hinweise auf Inkonsistenzen zwischen Vorstellungen und Verhaltensweisen von Lehrkräften. Fünf wesentliche Annahmen zum Zustandekommen solcher Inkonsistenzen betreffen kontextbezogene Gründe, die Fähigkeit zur Handlungsausführung, Merkmale der Lehrervorstellungen selbst sowie methodische Gründe.

Kontextbezogene Gründe: Constraints and Opportunities

Mehrere Studien zur Frage von Zusammenhängen zwischen Vorstellungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen und der unterrichtlichen Praxis dieser Lehrkräfte weisen darauf hin, dass diese Beziehung offensichtlich nicht als einfache Ursache-Wirkungs-Beziehung aufgefasst werden kann (vgl. Clark & Peterson, 1986; Richardson, 1996). Statt dessen scheint es angemessener, von z.T. komplexen Wirkmechanismen mit zahlreichen Einflussgrößen auszugehen. Ein 'Bündel' solcher wichtigen Einflussgrößen wird unter dem Begriff des Kontextes zusammengefasst. Auf dieses Variablenbündel wurde bereits in dem eingangs dargestellten Angebots-Nutzungs-Modell zum Bedingungsgefüge von Lehren und Lernen hingewiesen. Clark und Peterson sprechen von Einschränkungen und Gelegenheiten („constraints and opportunities“, 1986, S. 258), die die unterrichtliche Praxis beeinflussen (vgl. 1986, S. 258) und damit auch die Beziehung zwischen Lehrervorstellungen und -handlungsweisen moderieren. Wichtige Einflussgrößen des Kontextes sind u.a. Werte und Erwartungen der Schüler, Eltern, Kollegen und der Schuladministration, curriculare Vorgaben und zeitliche Rahmenbedingungen (z.B. zur Verfügung stehende Unterrichtszeit), die materiale Ausstattung der Klasse und der Schule, die Zusammensetzung der Schülerschaft und das sozio-ökonomische Umfeld der Schule. Aber auch situative Gegebenheiten können unterrichtliche Handlungsmöglichkeiten der Lehrkräfte einschränken und ggf. bestimmte Verhaltensweisen verhindern oder aber der Lehrkraft gerade erst die Gelegenheit für bestimmte Handlungsweisen eröffnen (vgl. Clark & Peterson, 1986). Fung und Chow (vgl. 2002) fanden, dass Kontextbedingungen nicht nur 'von außen betrachtet' die Beziehung von Lehrervorstellungen und -handlungsweisen beeinflussen, sondern dass es Lehrkräfte selbst als schwierige Anforderung ansehen, ihre Vorstellungen und ihr Handeln in Übereinstimmung zu bringen.

Wissen, Kompetenzen und selbstbezogene Merkmale der Lehrkräfte

Die im vorigen Abschnitt beschriebene Annahme einer eher komplexen Beziehung zwischen Lehrervorstellungen und der Gestaltung von Lerngelegenheiten mit zahlreichen weiteren wirksamen Einflussgrößen scheint nicht nur auf Variablen des Kontextes zuzutreffen, sondern auch auf weitere Aspekte des Wissens und Könnens der Lehrkräfte. Nur wenn Lehrkräfte über das nötige weitere Wissen und

Können verfügen, ist es ihnen demnach möglich, die eigenen Vorstellungen über das Lehren und Lernen auch in unterrichtliche Lerngelegenheiten für die Schüler umzusetzen. Dies soll an zwei Beispielen verdeutlicht werden.

Ist eine Lehrkraft der Ansicht, dass naturwissenschaftliches Lernen auf der Basis vorhandener Vorstellungen der Schüler stattfindet und dass z.T. regelrechte Konzeptwechsel für den Erwerb sachlich adäquater Vorstellungen bei den Schülern notwendig sind, wird eine solche Vorstellung nur dann handlungsregulativ wirksam werden, wenn die Lehrkraft auch z.B. über Wissen zu typischen Fehlvorstellungen der Schüler bei einem Unterrichtsthema oder geeignete Methoden zur Erfassung der Präkonzepte verfügt sowie außerdem Lehrstrategien kennt, anhand derer konzeptuelle Veränderungen bei den Schülern begünstigt werden können. Es ist in diesem Fall also weiteres fachspezifisch-pädagogisches Wissen notwendig, damit die genannte Vorstellung der Lehrkraft auch handlungswirksam werden kann.

Ähnliche Beziehungen sind mit fachspezifischem Wissen zu vermuten: Ist eine Lehrkraft der Überzeugung, dass naturwissenschaftlicher Unterricht anwendungsbezogenes Lernen ermöglichen sollte, so sollte für die 'Umsetzung' dieser Vorstellung in unterrichtliche Lerngelegenheiten ein bestimmtes fachspezifisches Wissen erforderlich sein, das das Erkennen von Anwendungsmöglichkeiten, die mit dem jeweiligen Unterrichtsthema verbunden sind, erst möglich macht.

Einige Autoren verwenden das Konstrukt des praktischen Wissens (practical knowledge), das zusätzlich vorhanden sein muss, damit Vorstellungen zum Lehren und Lernen auch handlungsrelevant werden können (vgl. Wallace & Loudon, 1992; Mellado, Blanco & Ruiz, 1998). Greift man eine Annahme aus der o.g. Theorie der planned behavior (vgl. Ajzen, 1985) auf, ist außerdem davon auszugehen, dass nicht nur das 'tatsächlich vorhandene' weitere professionelle Wissen der Lehrkraft relevant ist, sondern auch Selbsteinschätzungen des eigenen Wissens und Könnens, bspw. in Form von fachspezifischen Selbstkonzepten. Auch wenn eine Lehrkraft von einer bestimmten Vorstellung zum Lehren und Lernen überzeugt ist, kann ein niedriges fachspezifisches Selbstkonzept dazu führen, dass die Lehrkraft gewissermaßen vermeidet, entsprechend dieser Vorstellung im Unterricht des jeweiligen Faches zu handeln (vgl. Stipek, Givvin, Salmon & MacGyvers, 2001). Die Annahme, dass Vorstellungen zum Lehren und Lernen nur dann handlungsregulativ wirksam sein können, wenn auch das nötige weitere professionelle Wissen verfügbar ist, steht im Einklang mit Befunden, die zeigen, dass Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen und unterrichtlichen Handlungsweisen bei Novizen i.d.R. geringer ausfallen als bei erfahrenen Lehrkräften (Mellado, Blanco & Ruiz, 1998).

Konfligierende Vorstellungen der Lehrkraft

Wie Fischler aufzeigt, können auch konfligierende Vorstellungen der Lehrkraft zu Inkonsistenzen zwischen Vorstellungen und unterrichtlichem Handeln führen (vgl. 2004). Fischler deutet geringe Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen und -handeln bei Studierenden und Berufseinsteigern als geringe Übereinstimmung von Vorstellungen und in der Unterrichtssituation wirksamen Handlungsorientierungen, die „eher auf den äußeren Ablauf des Unterrichts fokussiert sind und die Lernprozesse der Schüler kaum im Blick haben“ (S. 127). Diese Handlungsorientierungen wurden in erster Linie aus stimulated-recall-Interviews rekonstruiert, in denen die Probanden Videosequenzen aus ihrem eigenen

Unterricht kommentierten und erläuterten. Eine der von Fischler beschriebenen Orientierungen ist die sog. Planungsorientierung: Die Unterrichtsplanung wird hier zur wichtigsten Leitlinie für das unterrichtliche Handeln, wodurch ein erheblicher Teil der Aufmerksamkeit den Schülern und deren Lernprozessen entzogen wird. Eng damit verbunden scheint die sog. Abschlussorientierung, der zufolge Lehrerhandlungen oft bereits ab der Mitte der Unterrichtsstunde vorrangig mit dem Ziel eines erfolgreichen, 'runden' Stundenabschlusses durchgeführt werden (vgl. Fischler, 2004, S. 127). Inwiefern solche oder andere Handlungsorientierungen auch bei erfahrenen Lehrkräften eine Rolle spielen, ist allerdings noch als offene Frage anzusehen.

Wallace und Kang (vgl. 2005) kommen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass sich die erfassten Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften nur z.T. klar in entsprechenden Handlungsweisen widerspiegelten. Es fanden sich auch einander widersprechende Vorstellungen (z.B. problemorientierter Unterricht' vs. 'direkte Wissensvermittlung'), die in ebenso inkonsistenten Handlungsmustern zum Ausdruck kamen. Einige Vorstellungen fanden gar keine Entsprechung im unterrichtlichen Handeln der Lehrkräfte.

Merkmale der Vorstellungen über das Lehren und Lernen

In verschiedenen Studien (vgl. Haney & McArthur, 2002; Veal, 2004; Keys, 2005) hat sich gezeigt, dass nicht alle der erfassten Vorstellungen zum Lehren und Lernen handlungsrelevant sind. Haney und McArthur machen die Übereinstimmung von Vorstellungen und Handlungsweisen zum zentralen Kriterium einer Klassifikation von Lehrervorstellungen. Die Autorinnen unterscheiden core beliefs von peripheral beliefs. Core beliefs sind als die Vorstellungen definiert, die (verbal) zum Ausdruck gebracht werden und sich im Handeln niederschlagen. Peripheral beliefs dagegen werden zwar verbal vertreten, jedoch nicht in Handlungen umgesetzt (vgl. 2002, S. 788 f.). Es handelt sich bei diesen Vorstellungen salopp formuliert um 'Lippenbekenntnisse', die ohne Konsequenz bleiben.

Auch bei Keys (vgl. 2005) wird der Zusammenhang von Vorstellungen und Handlungsweisen zu einem definitorischen Bestandteil einer Klassifikation von Vorstellungen in platonic beliefs, organisational beliefs, associated beliefs und transitional beliefs (s.o.: Kapitel 2.3.2.3). Eine handlungsregulative Wirkung wird hier in erster Linie den transitional beliefs zugesprochen, während platonic beliefs einen Spezialfall der o.g. peripheral beliefs darstellen und sich nicht im unterrichtlichen Handeln niederschlagen. Bei organisational beliefs und bei associated beliefs wird die ausgedrückte Vorstellung höchstens in einer modifizierten Weise in unterrichtliches Handeln umgesetzt. So fand Keys bspw., dass die untersuchten Lehrkräfte die Vorstellung eines konstruktivistischen naturwissenschaftlichen Unterrichts mit der handlungsregulativ wirkenden Vorstellung eines durch praktische Tätigkeiten der Schüler geprägten Unterrichts verbanden (associated belief) (vgl. 2005, S. 506 f.).

Methodische Gründe

Werden in Studien keine Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen und -handlungsweisen gefunden, muss das nicht zwangsläufig bedeuten, dass keine 'wahren' Zusammenhänge bestehen, sondern es können auch methodische Probleme zu einem solchen Befund führen. Zusammenhänge zwischen Vor-

stellungen und Verhaltensweisen können nur dann nachgewiesen werden, wenn das Verhalten wie auch die Vorstellungen der Lehrkraft reliabel und valide erfasst werden. Wie sich bereits in der sozialpsychologischen Forschungstradition, die sich intensiv mit der Frage der Handlungsregulation durch Überzeugungen beschäftigt hat, gezeigt hat, stellt schon die reliable Erfassung des Verhaltens einer Person ein besonderes Problem der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Vorstellungen und Handlungsweisen dar. Wie bereits angedeutet wird das Verhalten einer Person in einer spezifischen Situation von einer Vielzahl von situationsspezifischen und oftmals auch zufälligen Faktoren beeinflusst und stellt damit nicht unbedingt ein reliables Maß einer Verhaltenstendenz dar (vgl. Fishbein & Ajzen, 1975, S. 107-114). In Studien, die das unterrichtliche Handeln von Lehrkräften nur punktuell z.B. in einer einzelnen Unterrichtsstunde erfassen, stellt sich dieses Problem der reliablen Erfassung des Verhaltens. Es existieren zahlreiche und sehr unterschiedliche Verfahren zur Erfassung und Analyse des unterrichtlichen Handelns von Lehrkräften (von Selbstauskünften der Lehrkräfte und Dokumentenanalysen über Paper-and-Pencil-Verfahren zur Beobachtung des Verhaltens durch geschulte Personen bis hin zu Verfahren der Videoanalyse; s. Tabelle 3). Die einzelnen Verfahren haben unterschiedliche Vor- und Nachteile, auf die hier aber nicht weiter eingegangen werden soll. Auf Fragen der Reliabilität und Validität von Maßen für Vorstellungen von Lehrkräften wird in Kapitel 4.4 noch näher eingegangen.

2.3.3.5 Befunde zu Zusammenhängen von fachspezifischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit dem unterrichtlichen Handeln von Lehrkräften

In den vorigen Teilkapiteln wurde beschrieben, inwiefern und auf welche Weise Vorstellungen zum Lehren und Lernen das unterrichtliche Handeln von Lehrkräften beeinflussen und damit auch eine Rolle für die Gestaltung von Gelegenheiten für verständnisvolles Lernen der Schüler spielen können. Es wurde dabei deutlich, dass Annahmen und Befunde, die für eine handlungsregulative Funktion der Lehrervorstellungen sprechen, solchen Annahmen und Befunden gegenüberstehen, die eher Inkonsistenzen zwischen Lehrervorstellungen und -handlungsweisen nahe legen.

In diesem Kapitel wird ein Überblick über Studien gegeben, die Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen zum Lehren und Lernen mit dem unterrichtlichen Handeln von Lehrkräften untersucht haben. Primär werden dabei Studien aus dem naturwissenschaftlichen Bereich in die Forschungsübersicht aufgenommen, es werden aber auch zwei recht aussagekräftige Studien aus dem Bereich Mathematik berücksichtigt, die ähnliche Instrumente zur Erfassung von Lehrervorstellungen wie in der vorliegenden Untersuchung einsetzen (s. Kapitel 4.4) und auch mit erfahrenen Lehrkräften durchgeführt wurden.

Im Gegensatz zur Übersicht der Studien zur inhaltliche Ausprägung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen werden in der folgenden Übersicht auch Studien mit Lehrkräften der Sekundarstufe referiert, da Studien mit Grundschullehrkräften sehr rar sind. Neben Studien mit praktizierenden Lehrkräften werden im Folgenden auch wieder Untersuchungen mit angehenden Lehrkräften (Studierende und Referendare) berücksichtigt. In der Übersicht sind zuerst Studien mit Studierenden und Berufseinsteigern aufgeführt, es folgen Studien mit erfahrenen Lehrkräften. Als zweites Ordnungskriterium wurde die Aktualität der Untersuchungen gewählt.

Tabelle 3

Studien zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen (LV) mit dem unterrichtlichen Handeln (UH) von Lehrkräften; LA bedeutet Lebramt

Studie	Art der Lehrervorstellung	untersuchte Lehrkräfte	Methoden der Erfassung der Lehrervorstellungen/ des Unterrichtshandelns	Zusammenhänge zwischen Vorstellungen und unterrichtlichem Handeln
Fischler, 1994	U.a. Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Physik	2 LA-Studierende, Physik, Sekundarstufe	LV: Halbstrukturiertes Interview, stimulated recall UH: Unterrichtsplanungen u. -beobachtungen	Weitgehende Übereinstimmung von Vorstellungen mit Planung und interaktivem Handeln bei einem der beiden Studierenden; Inkonsistenz im zweiten Fall; Inkonsistenzen werden als Folge konfligierender Handlungsorientierungen interpretiert, die den Vorstellungen zum Lehren und Lernen entgegenstehen.
Mellado, 1998	Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften	4 LA-Studierende kurz vor u. kurz nach dem Abschluss (2 Primarstufe, 2 Sekundarstufe)	LV: Likertskalierte Fragebogenskalen (INPEICIP-Instrument, vgl. Porlán 1989) Interviews (u.a. stimulated recall), Dokumentenanalyse; UH: Unterrichtsplanungen u. -beobachtungen	Unterrichtliches Handeln war traditionellen Ansätzen näher als die geäußerten Vorstellungen der angehenden Lehrkräfte. Insgesamt fanden sich keine klaren Beziehungen zwischen Vorstellungen und Verhaltensweisen.
Lemberger, Hewson & Park, 1999; Hewson, et al., 1999	Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften wurden längsschnittlich während des Studiums erfasst	3 LA-Studierende, Biologie, Sekundarstufe	LV: Interviews: Conceptions of Teaching Science (CTS) UH: Unterrichtsbeobachtungen während Praktika	'Transmissive' Vorstellungen zum Lehren und Lernen zeigten sich als tief verwurzelte Überzeugungen, die sich auch im unterrichtlichen Handeln widerspiegelten. Im Laufe des Studiums integrierten die Studenten Elemente schülerorientierten Lehrens (z.B. Aufgreifen von Interessen) in ihre unterrichtliche Praxis. Transmissive Vorstellungen kamen dennoch weiterhin in Interviews zum Ausdruck.
Simmons et al., 1999	Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften	116 Sekundarstufen-Lehrkräfte, Berufseinsteiger	LV: Interviews (IPPI), likert-skalierte Fragebogenskalen UH: Unterrichtsbeobachtung mit STAM-Instrument	Es fand sich keine Übereinstimmung zwischen geäußerten schülerorientierten Vorstellungen und lehrerzentriertem Unterrichtshandeln.
Tillema, 2000	Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften	36 LA-Studierende, LA Primarstufe	LV: Fragebogen, Vorgabe von Vignetten UH: Unterrichtsbeobachtung während Praktika	Geringe bis gar keine Korrelationen zwischen geäußerten Vorstellungen und Verhaltensweisen wie 'Diagnose des Vorwissens der Schüler', 'Art und Weise der Einführung neuer Inhalte' und 'Wahl von Repräsentationsformen'
Haney & McArthur, 2002	Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften	4 LA-Studierende, ohne Angabe der Schulstufe	LV: Interviews UH: Dokumentenanalyse	Core Beliefs spiegelten sich im unterrichtlichen Handeln wider, Peripheral Beliefs dagegen nicht (s. Kapitel 2.3.3.4).
Veal, 2004	Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Chemie	2 LA-Studierende, Chemie, Sekundarstufe	LV: Strukturierte und halbstrukturierte Interviews, schriftliche Seminar-Reflexionen; UH: Feldnotizen des Forschers (Beobachtungen während Seminar- und Praktikumsphasen)	Nur wenig Übereinstimmung der Vorstellungen der Studierenden zum Lehren und Lernen mit dem unterrichtlichen Handeln (Keine genaueren Ergebnisse berichtet, da Frage von Zusammenhängen zwischen Vorstellungen und Handeln nicht im Zentrum der Studie)
Hashweh, 1996	U.a. wurden konstruktivistische vs. empiristische Vorstellungen zum naturwissenschaftl.	35 Lehrkräfte, unterschiedlicher Schulstufen	LV: Offene Fragen in einem Fragebogen (Vorgabe von critical incidents) UH: Selbstberichtete	Konstruktivistische Lehrkräfte betonten die aktive Rolle des Lernenden bei der Wissenskonstruktion, sie glauben, dass Schüler ihre eigenen Ideen entwickeln, die oft sachlich nicht adäquat sind, und sehen, dass

Studie	Art der Lehrervorstellung	untersuchte Lehrkräfte	Methoden der Erfassung der Lehrervorstellungen/ des Unterrichtshandelns	Zusammenhänge zwischen Vorstellungen und unterrichtlichem Handeln
	Lehren und Lernen erfasst; Bildung von zwei Lehrertypen: 'Konstruktivistische' vs. 'empiristische' Lehrkräfte		Strategien im Umgang mit 'Fehlvorstellungen' der Schüler: Fragebogen mit Vorgabe von kritischen Unterrichtssituationen („critical incidents“: Auftreten von 'Fehlvorstellungen' bei den Schülern) und Beschreibung des präferierten Lehrerhandelns; Bewertung vorgegebener Unterrichtsstrategien	Lernen daher Konzeptveränderungen erfordert. Empiristische Lehrkräfte dagegen verfügen nicht über eine adäquate Vorstellung von Schüler-Präkonzepten und zeigen eher die oben beschriebene transmissive als eine Conceptual-Change-Vorstellung (vgl. S. 49). 'Konstruktivistisch' orientierte Lehrkräfte haben ein reicheres Repertoire an Lehrstrategien, nutzen eher Strategien, die Conceptual Change initiieren können („convince“, „refute“, „restructure“, S. 57), greifen weniger auf einfache Erklärungen zurück und diagnostizieren Schüler-Präkonzepte adäquater.
Laplante, 1997	Sichtweisen der Probanden von sich als Lehrkraft und von Schülern im naturwissenschaftl. Unterricht (Teachers' views of themselves and their students in science)	2 Lehrkräfte, grade 1	LV: Halbstrukturierte Interviews UH: Umfangreiche Unterrichtsbeobachtungen (25 und 15 Stunden bei den beiden Lehrkräften)	Die Sichtweisen, die die Probanden von sich als Lehrkraft und von ihren Schülern im naturwissenschaftlichen Unterricht hatten, beeinflussten bzw. moderierten die Umsetzung von Vorstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften (nature of science) in entsprechende Handlungsweisen.
Beck, Czerniak & Lumpe, 2000	Im Sinne von Fraser, Taylor & White (vgl. 1994) konstruktivistisch orientierte Vorstellungen zum naturwissenschaftl. Lehren und Lernen	203 Lehrkräfte (davon 42% Grundschule, 34% middle grades und 24% high school)	LV: Fragebogen (Semantisches Differential) UH: Selbstberichtete Unterrichtspraxis (erfasst über CLES)	Lehrervorstellungen (beliefs) zeigten sich als z.T. starke Prädiktoren der (allerdings per Selbstauskunft erfassten) Unterrichtspraxis.
Meyer, 2004	Vorstellungen über die generelle Beschaffenheit des Vorwissens der Schüler und über Strategien zum Umgang mit Schülervorstellungen im naturwissenschaftl. Unterricht	4 Novizen (2 LA-Studierende, 2 Berufseinsteiger) und 2 erfahrene, spezifisch fachdidaktisch fortgebildete Lehrkräfte als Experten; alle Sekundarstufe	LV: Teil-strukturierte Interviews UH: Unterrichtsbeobachtung, Analyse von Unterrichtsplanungen und -materialien	'Oberflächliche' Vorstellungen der Novizen vom Vorwissen der Schüler schlugen sich in unterrichtlichen Handlungen nieder (den Schülern bereits bekannte Informationen eruieren; einfache Fragestrategien zur Erfassung des Vorwissens; feststellen, welche 'Wissenslücken' zu füllen sind; nötige Informationen bereitstellen). Bei den Experten spiegelten sich adäquatere Vorstellungen von der Beschaffenheit von Schülervorstellungen in adäquaterer Diagnose der konkreten Präkonzepte und auch in einem flexibleren Umgang damit wider.
Kang & Wallace, 2005; Wallace & Kang, 2004	U.a. Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften (auf den Einsatz von Experimenten fokussiert)	3 erfahrene Sekundarstufen-Lehrkräfte (Kang & Wallace 2005); diese 3 und 3 weitere in Wallace & Kang 2004	LV: Teilstrukturierte Interviews, zwei Fragen in Form von critical incidents; UH: 5-8 videografierte Unterrichtseinheiten je Lehrkraft, interpretative Bildung von Handlungsmustern	Die Vorstellungen spiegelten sich teils klar in entsprechenden Handlungsweisen wider. Z.T. fanden sich „widersprüchliche“ Vorstellungen (z.B. „problemorientierter Unterricht“ vs. „direkte Wissensvermittlung“) in ebenso inkonsistenten Handlungsmustern. Wenige Vorstellungen fanden keine Entsprechung im Handeln.
Vehmeyer, Kleickmann & Möller, 2007	Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften	29 Grundschul-lehrkräfte	LV: Fragebogen (Likert-skalierte Items) UH: Videoanalyse auf der Grundlage hoch-inferenter Beurteilungen	s. unten
Staub & Stern, 2002	Vorstellungen (beliefs) zum Lehren und Lernen von Mathematik in der	27 Grundschul-lehrkräfte; bei 22 lagen sowohl Unterrichts-	LV: Eine Likertskalierte Fragebogenskala (deutsche Adaption von Peterson et al., 1989)	Eine konstruktivistisch orientierte Vorstellung vom Mathematiklehren und -lernen korrelierte signifikant positiv ($r = .44$) mit dem Einsatz von anspruchsvollen Struktur-

<i>Studie</i>	<i>Art der Lehrervorstellung</i>	<i>untersuchte Lehrkräfte</i>	<i>Methoden der Erfassung der Lehrervorstellungen/ des Unterrichtshandelns</i>	<i>Zusammenhänge zwischen Vorstellungen und unterrichtlichem Handeln</i>
	Grundschule (kognitiv-konstruktivistischer vs. transmissiver Ansatz)	beobachtungen als auch Daten zu Vorstellungen zum Lehren und Lernen vor	UH: Unterrichtsbeobachtung	und Verständnis-orientierten Aufgaben im Unterricht.
Stipek, Givvin, Salmon & MacGyvers, 2001	Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Mathematik	21 Grundschul-lehrkräfte (grade 4 through 6)	LV: Likert-skalierte Fragebogenskalen UH: Videobasierte Unterrichtsbeobachtung; Beurteilung des unterrichtlichen Handelns mittels hochinferenter Ratings	Fast durchgängig erwartungskonforme Zusammenhänge: Bspw. korrelierte eine Vorstellung, dass Schüler auch eigene mathematische Probleme entwickeln sollten, mit einem eher verstehensorientierten und weniger leistungs- als lernorientierten Handeln der Lehrkräfte. Lehrkräfte mit eher 'traditionellen' Vorstellungen erzeugten in stärkerem Maße ein Unterrichtsklima der Fehlervermeidung und sie gaben ihren Schülern weniger Freiräume für selbstbestimmtes Lernen.

Auch im Rahmen des BiQua-Projekts, in das diese Arbeit eingebunden ist, liegen bereits erste Ergebnisse zu Zusammenhängen der erfassten Vorstellungen zum Lehren und Lernen mit dem unterrichtlichen Handeln der Lehrkräfte vor (vgl. Vehmeyer, Kleickmann & Möller, 2007). Die Befunde sprechen weitgehend für eine Konsistenz zwischen Lehrervorstellungen und per Video-Analyse erfassten Handlungsweisen. Besonders deutlich sind die Zusammenhänge bei den Subskalen 'Conceptual Change' und 'Präkonzepte' mit entsprechenden Skalen des Video-Ratings ausgeprägt. Vorstellungen, die als 'Praktizismus' und 'Laisser-faire' (Betonung selbstgesteuerten Lernens und Ablehnung von Strukturierungsmaßnahmen durch die Lehrkraft) bezeichnet wurden, korrelierten substanziell und erwartungsgemäß negativ mit Handlungsweisen der Lehrkräfte, die als Scaffolding beurteilt wurden. Keine substanziellen Korrelationen fanden sich zwischen der Subskala 'Deutungen der Schüler im Unterricht diskutieren lassen' mit entsprechenden Handlungsweisen der Lehrkräfte (vgl. Vehmeyer, Kleickmann & Möller, 2007).

In der Gesamtübersicht der Befunde finden sich zunächst sowohl Belege für die Annahme von Konsistenzen zwischen fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen und unterrichtlichem Handeln von Lehrkräften als auch Belege für die Annahme von Divergenzen. Eine ähnliche, zunächst uneinheitliche Befundlage wie die hier berichtete zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen findet sich auch im Bereich des Sprachenlernens (vgl. Graham, Harris, MacArthur & Fink, 2002; Fresch, 2003; Basturkmen, Loewen & Ellis, 2004; Übersicht bei Fang, 1996).

Dennoch sind einige Tendenzen zu erkennen, wenn man z.B. zwischen Studien mit Novizen und solchen mit erfahreneren Lehrkräften unterscheidet und wenn man noch Befunde zu nicht fachspezifisch erfassten Vorstellungen zum Lehren und Lernen hinzuzieht.

1. Konsistenzen zwischen fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen und dem unterrichtlichen Handeln sind bei Novizen i.d.R. recht gering ausgeprägt oder gar nicht vorhanden. Bei erfahrenen, praktizierenden Lehrkräften deuten die Befunde jedoch darauf hin, dass hier von z.T. auch engen Zusammenhängen zwischen Vorstellungen und Unterrichtsgestaltung durch die Lehr-

kräfte ausgegangen werden kann. Dies steht im Einklang mit der Annahme, dass über fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen hinaus vermutlich noch weiteres professionelles Wissen und Können erforderlich ist, damit Lehrkräfte auch gemäß ihrer Vorstellungen handeln können.

2. Im Vergleich zu allgemeinen, nicht auf ein konkretes Fach bezogenen Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen finden sich bei fachspezifischen Vorstellungen i.d.R. stärkere Zusammenhänge zwischen Vorstellungen und Handlungsweisen (vgl. die Forschungsübersicht bei Kagan, 1992). Insbesondere Studien, die 'reformorientierte', meist nicht fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen erfassen, also solche Vorstellungen, die z.B. mit neuen Curricula in Einklang stehen, bestätigen eher die Inkonsistenz-Annahme: Vielfach wird gefunden, dass Lehrkräfte (sowohl Novizen als auch erfahrene Lehrkräfte), obwohl sie reformorientierte Vorstellungen zum Lehren und Lernen äußern, keine entsprechende Umsetzung in ihrer unterrichtlichen Praxis zeigen (vgl. Hiebert & Stigler, 2000; Gregoire, 2003). Demgegenüber liefern Studien zu fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen, die außerdem bei erfahrenen Lehrkräften erhoben wurden (s.o.), recht deutliche Hinweise auf Zusammenhänge zwischen Vorstellungen und Handlungsweisen.
3. Auch die in der Übersicht berichteten Befunde deuten darauf hin, dass – konsistent mit der zuvor beschriebenen Annahme – fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen insbesondere mit Handlungsweisen in Zusammenhang stehen, die der Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht dienen. So werden u.a. Zusammenhänge mit dem Einsatz von Conceptual-Change-Strategien, mit der Art und Weise der Diagnose von Schülervorstellungen, mit Maßnahmen des Scaffolding sowie mit dem Einsatz eher verstehensorientierter Aufgaben berichtet (vgl. Hashweh, 1996; Meyer, 2004; Staub & Stern, 2002; Stipek, Givvin, Salmon & MacGyver, 2001; Vehmeyer, Kleickmann & Möller, 2007). Zusammenhänge mit Handlungsweisen, die der Aufrechterhaltung eines allgemeinen organisatorischen Rahmens in Form einer effektiven, störungspräventiven Klassenführung dienen, wurden in den dargestellten Studien allerdings nicht untersucht. Die in Kapitel 2.3.3 wiedergegebenen Befunde aus COACTIV deuten jedoch an, dass fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen mit diesem Bereich nicht in Beziehung stehen.

Betrachtet man die eingesetzten Methoden zur Erfassung der fachspezifischen Vorstellungen der Lehrkräfte, so zeigt sich zunächst wieder die bereits oben genannte Vielfalt der Ansätze. Offensichtlich werden auch mit eher psychometrisch ausgerichteten Verfahren, die auf geschlossenen Antwortformaten basieren, Vorstellungen zum Lehren und Lernen erfasst, die im Zusammenhang mit der Unterrichtsgestaltung der Lehrkräfte stehen (vgl. Staub & Stern, 2002; Stipek, Givvin, Salmon & MacGyver, 2001; Beck, Czerniak & Lumpe, 2000; Hashweh, 1996).

2.3.3.6 Befunde zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernergebnissen seitens der Schüler

Den recht zahlreichen Studien zur Ausprägung von Lehrervorstellungen über das Lehren und Lernen sowie zu deren handlungsregulativer Funktion stehen nur wenige Studien gegenüber, die Zusammen-

hänge von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Maßen des Lernerfolgs seitens der Schüler untersucht haben. In die folgende Forschungsübersicht wurden neben Studien zum Zusammenhang von fachspezifischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernergebnissen der Schüler auch solche Studien mit eingeschlossen, die nicht fachlich spezifizierte Lehrervorstellungen als 'unabhängige Variablen' untersucht haben. Befunde zu fachspezifischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen liefern die Studien von Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (vgl. 1989), Staub und Stern (vgl. 2002), Müller (vgl. 2004), Seidel et al. (2006) sowie Dubberke et al. (eingereicht). Befunde zu nicht fachspezifischen Lehrervorstellungen finden sich in der Studie von Kage, Uebuchi und Oie (vgl. 1997). Die folgende Tabelle gibt zunächst eine Übersicht über die genannten Studien und ihre methodischen Eckdaten. Anschließend werden die Befunde beschrieben.

Tabelle 4

Studien zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernerfolgsmaßen seitens der Schüler

Studie	Art der Lehrervorstellung/ des Zielkriteriums	untersuchte Lehrkräfte/ Schüler	Erfassung der Lehrervorstellungen
Peterson, Fennema, Carpenter & Loef, 1989 (vgl. auch mit etwas anderem Analysefokus: Carpenter, Fennema, Peterson & Carey, 1988, Peterson, Carpenter & Fennema, 1989)	Kognitiv konstruktivistische vs. direkt transmissive Vorstellungen über das Lehren und Lernen von Mathematik; mathematisches Problemlösen (Textaufgaben) und numerisches Faktenwissen (beides klassenweise aggregiert)	39 Grundschullehrkräfte und deren Schüler (N nicht angegeben, vermutl. wegen der klassenweise aggregierten Werte)	eine likertskalierte Fragebogenskala bestehend aus 4 Subskalen, zu denen jedoch keine Zusammenhänge mit Schülerleistungen berichtet werden; teilstrukturierte Interviews
Kage, Uebuchi & Oie, 1997	Vorstellungen (beliefs) über autonomieunterstützende vs. kontrollierende Unterrichtsmethoden (kein Fachbezug); wahrgenommene Kompetenz der Schüler, intrinsische Motivation	20 Grundschullehrkräfte, 659 Schüler	Likertskalierte Fragebogenskalen
Staub & Stern, 2002	Kognitiv konstruktivistische vs. direkt transmissive Vorstellungen über das Lehren und Lernen von Mathematik; Lernzuwächse Mathematik über ein Schuljahr (anspruchsvolle Textaufgaben, reproduktive Aufgaben)	27 Grundschullehrkräfte, 496 Schüler	Eine likertskalierte Fragebogenskala
Müller, 2004	Subjektive Theorien zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften; Lernleistung Physik (Elektrizitätslehre und Mechanik), Interesse, Kompetenzzempfinden und physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept	14 Physiklehrkräfte (Sekundarstufe) und deren Schüler (N nicht angegeben, vermutl. wegen der klassenweise aggregierten Werte)	Strukturierte Interviews; ein Teil des Interviews besteht aus stimulated recall-Fragen
Seidel et al., 2006	Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Physik: Lernen als Wissensaufnahme und Lernen als Wissenskonstruktion; Lernzuwächse Physik über ein Schuljahr	50 Physiklehrkräfte (Sekundarstufe), Zahl der untersuchten Schüler nicht angegeben	Zwei likertskalierte Fragebogenskalen; auf den Bereich Physik adaptiert aus Peterson et al. (vgl. 1989) bzw. Staub & Stern (vgl. 2002)
Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner & Baumert, eingereicht	Vorstellung zum Lehren und Lernen von Mathematik: Transmission-View; Lernzuwächse Mathematik über ein Schuljahr (PISA-Längsschnitt-Erweiterung)	155 Mathematik-Lehrkräfte (Sekundarstufe); 3483 Schüler	„Transmission view“ erfasst über vier Subskalen, davon drei in Anlehnung an Staub & Stern (2002) und eine zu epistemologischen Beliefs (Mathematics as a tool-box)

Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (vgl. 1989) untersuchten im Bereich Mathematik in der Grundschule Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen (pedagogical content beliefs) und Schülerleistungen. Sie entwickelten ein Fragebogeninstrument, das Lehrervorstellungen anhand von vier Konstrukten erfassen sollte: (1) Kinder konstruieren Wissen vs. Kinder nehmen Wissen auf, (2) mathematische Fertigkeiten (skills) sollten isoliert vs. im Zusammenhang mit Problemlösen unterrichtet werden, (3) die unterrichtliche Struktur sollte auf den Ideen der Kinder vs. der mathematischen Struktur aufbauen und (4) das Lehren sollte Wissenskonstruktionen der Kinder erleichtern vs. die Lehrkraft sollte mathematisches Wissen präsentieren (vgl. S. 6-8). Da diese Skalen jedoch stark untereinander korrelierten, wurden sie für die Analyse der Zusammenhänge mit den Schülerleistungen zu einer Skala, die eine kognitiv-konstruktivistische vs. eine transmissive Vorstellung misst, zusammengefasst. Es zeigte sich, dass Schüler von Lehrkräften mit einer stärker kognitiv konstruktivistischen Vorstellung vom Mathematik-Lehren und -Lernen bei anspruchsvollen Textaufgaben bessere Leistungen zeigen. Die Korrelation der Lehrervorstellungen mit den auf Klassenebene gemittelten Schülerleistungen betrug $r=.42$ ($p<.05$). Bei Aufgaben, die numerisches Faktenwissen (bei Addition und Subtraktion) erfassten, zeigte sich kein Zusammenhang mit den erfassten Lehrervorstellungen ($r=.10$, n.s.) (vgl. S. 26 f.). Da in dieser Studie jedoch keine Eingangswerte zu den Schülerleistungen vorlagen, ist eine Konfundierung mit den Lehrervorstellungen möglich.

Kage, Uebuchi und Oie (vgl. 1997) untersuchten Zusammenhänge von Lehrervorstellungen (beliefs) über autonomieunterstützende vs. kontrollierende Unterrichtsmethoden mit Schülervariablen. Dabei zeigte sich bei Schülern von stärker autonomieorientierten Lehrkräften eine höhere wahrgenommene Kompetenz (und auch eine stärkere intrinsische Motivation). Die Studie ist für diese Übersicht insofern nur von eingeschränkter Aussagekraft, als die Lehrervorstellungen nicht fachspezifisch erfasst wurden und die Lernleistungen der Schüler nicht direkt, sondern lediglich über Selbsteinschätzungen der Schüler erfasst wurden.

Staub und Stern (vgl. 2002) übersetzten für ihre in die SCHOLASTIK-Studie (vgl. Weinert & Helmke, 1997) eingebettete Untersuchung drei von vier Subskalen des von Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (vgl. 1989) entwickelten Fragebogeninstruments ins Deutsche und ergänzten eine ebenfalls übersetzte Subskala von Cobb et al. (vgl. 1991). Staub und Stern werteten jedoch auf der Grundlage von Skalenanalysen nur die sich aus den vier Subskalen zusammensetzende Gesamtskala aus, die eine kognitiv konstruktivistische vs. eine transmissiv orientierte Vorstellung vom Mathematik-Lehren und -Lernen misst (vgl. S. 347 f.). Im Gegensatz zur Untersuchung von Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (vgl. 1989) konnten Staub und Stern auf längsschnittliche Daten zu über ein Schuljahr kumulierten Lernfortschritten der Schüler zurückgreifen. Die Autoren fanden, dass Schüler von Lehrkräften mit einer stärker kognitiv konstruktivistischen Vorstellung bei anspruchsvollen Textaufgaben höhere Lernzuwächse aufweisen. Staub und Stern geben an, dass beträchtliche 27% (bei Additions- und Subtraktions-Textaufgaben) bzw. sogar 50% (bei Multiplikations- und Divisions-Textaufgaben) der zwischen den Klassen liegenden Varianz der Lernzuwächse durch die erfasste Vorstellung der Lehrkräfte aufgeklärt werden können (vgl. S. 353). Bei Aufgaben, die numerisches Faktenwissen in den vier Grundrechenarten erfassten, fand sich in Übereinstimmung mit den Befunden von Peterson, Fennema,

Carpenter und Loef (vgl. 1989) kein negativer Effekt der erfassten Lehrervorstellungen, wie Staub und Stern theoretisch angenommen hatten (vgl. 2002).

Müller (vgl. 2004) bildete in seiner Studie mittels Clusteranalysen vier Typen von Lehrkräften mit unterschiedlichen Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Physik. Diese vier Typen wurden auf zwei Dimensionen verortet, wobei die erste durch die Pole „Vorstellung vom Lernen als Konzeptwechsel“ und „Vermittlung von fachlichen Strukturen“ aufgespannt wird und die zweite durch die Pole „Wahrnehmung und Nicht-Wahrnehmung von Fehlern als Lerngelegenheiten“ (S. 224). Die vier Typen von Lehrkräften korrelierten signifikant mit $r=.697$ (Lernfortschritte als Differenzwerte von im Rasch-Modell berechneten Personparametern aus Vor- und Nachtest) bzw. $r=.755$ (Lernfortschritte als Residuen aus der Regression der Nach- auf die Vortestleistung) mit den auf Klassenebene ermittelten Lernfortschritten. Vorteile zeigten sich dabei für die Pole „Lernen als Konzeptwechsel“ und „Wahrnehmung von Fehlern als Lerngelegenheiten“. Keine signifikanten Korrelationen, aber „dennoch zum Teil deutliche Unterschiede“ (S. 210) zwischen den Lehrertypen ergaben sich beim Interesse, beim fachspezifischen Selbstkonzept und beim Kompetenzerleben (vgl. S. 201-204, 210). Da sich zwei der Lehrertypen nur aus Gymnasiallehrkräften, eines nur aus Realschullehrkräften und das vierte Cluster aus Realschul- und Gymnasiallehrkräften zusammensetzt, sind jedoch insbesondere die Ergebnisse zu den Lernleistungen der Schüler durch eine Konfundierung der Lehrertypen mit der Schulform von eingeschränkter Aussagekraft. Da die Ergebnisse außerdem auf Korrelationen mit einem N von 14 Lehrkräften und den zugehörigen Klassen beruhen, sind die Befunde eher als explorativ anzusehen, wie auch Müller anmerkt (vgl. S. 203).

Auch im Rahmen der sog. IPN-Videostudie (vgl. Seidel & Prenzel, 2004) wurden Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen erfasst. Verwendet wurden zwei Skalen, die ähnlich wie in COACTIV in Anlehnung an die Items von Staub und Stern (vgl. 2002) konstruiert, hier jedoch auf den Bereich Physik adaptiert wurden: Eine Skala erfasst eine Vorstellung von „Lernen als Wissensaufnahme“ (Seidel et al. 2006, S. 815), die zweite Skala eine Vorstellung von „Lernen als Wissenskonstruktion“ (S. 815). Bei den untersuchten Physiklehrkräften (Sekundarstufe) zeigten sich keine Zusammenhänge der Lehrervorstellungen mit den über ein Schuljahr kumulierten physikbezogenen Lernzuwächsen der Schüler (vgl. Seidel et al., 2006).

Im Rahmen der bereits o.g. PISA-Vertiefungs-Studie COACTIV wurden ebenfalls Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen (im Bereich Mathematik) erhoben. Im Gegensatz zu der Studie von Staub und Stern (vgl. 2002) wurden allerdings ein „Transmission view“ und ein „Constructivist view“ (Brunner et al., 2006) als zwei unabhängige Dimensionen und nicht als Pole einer Dimension erfasst. Dubberke et al. berichten Zusammenhänge des „Transmission view“ mit Lernfortschritten der Schüler vom 9. zum 10. Schuljahr. Der „Transmission view“ wurde über vier Subskalen erfasst. Drei davon („Receptive learning“, „Automatisation“, „Clarity of solution procedure“) basieren auf Items, die den Studien von Peterson, Fennema, Carpenter & Loef (vgl. 1989) und Staub und Stern (vgl. 2002) entlehnt wurden. Die vierte Subskala erfasst mathematikspezifische epistemologische Überzeugungen („Mathematics as a toolbox“). Der „Transmission View“ umfasst also neben Vorstellungen zum Lehren und Lernen, wie sie in der vorliegenden Arbeit verstanden werden, auch fachspezifische epistemo-

logische Überzeugungen. Es zeigte sich, dass der „Transmission view“ signifikant mit den Schülerleistungen in Klasse 10 kovariiert. Die Leistungen der Schüler in Klasse 10 wurden dabei u.a. um die Leistungen in Klasse 9, das Leseverständnis und allgemeine kognitive Fähigkeiten der Schüler adjustiert. Die Effekte des „Transmission view“ auf die adjustierten Schülerleistungen scheinen allerdings nicht so groß zu sein, wie dies in der Studie von Staub und Stern (vgl. 2002) der Fall ist (Dubberke nach mündlicher Auskunft). Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass die Zusammenhänge des „Transmission view“ mit den Lernfortschritten über Merkmale der Unterrichtsgestaltung (klassenweise aggregierte Einschätzungen der Schüler) vermittelt werden. Als Mediatoren erwiesen sich die Merkmale „kognitive Aktivierung“ und „konstruktive Unterstützung des Lernens“. Die Klassenführung fungierte hingegen nicht als Mediator (Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner & Baumert, eingereicht).

Mit Ausnahme der Studie von Seidel et al. (vgl. 2006) berichten somit alle beschriebenen Studien von bedeutsamen Zusammenhängen der erfassten Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Maßen des Lernerfolgs seitens der Schüler. Die gefundenen Effekte sind z.T. beträchtlich (vgl. Staub & Stern, 2002). Seidel et al. (vgl. 2006) führen das Fehlen eines Zusammenhanges in ihrer Studie auf mögliche Validitätsprobleme bei der Erfassung der Lehrervorstellungen zurück.

2.3.4 Zusammenfassung der Ansätze und Befunde zu Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen sowie offene Forschungsfragen

Fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen werden in der vorliegenden Arbeit verstanden als Teil des professionellen und speziell des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften. Der Vorstellungsbegriff wird dabei in einem weiten Sinne verwendet. Er umfasst sowohl subjektive Überzeugungen als auch epistemologisch stärker validiertes Wissen. Der Gegenstandsbereich der in dieser Arbeit untersuchten Vorstellungen von Grundschullehrkräften ist das Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Lernbereich der Grundschule (primary science). Diese Vorstellungen können auch als fachspezifisch-pädagogische Philosophie von Lehrkräften verstanden werden. Es handelt sich um weitgehend situationsübergreifende, mehr oder weniger zeitlich stabile, 'prototypische' und oft sozial geteilte Kognitionen, die aus verbalen Äußerungen von Lehrkräften über das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften erschlossen werden. Es wird angenommen, dass solche Vorstellungen als 'conceptual map' eine organisierende Funktion für das fachspezifisch-pädagogische Wissen haben.

Es ist davon auszugehen, dass derartige Vorstellungen zum Lehren und Lernen auf der Basis unterschiedlicher Erfahrungsquellen entstehen. Erfahrungen im Rahmen der eigenen Schulzeit scheinen eine besondere Rolle zu spielen. In den Vorstellungen praktizierender Lehrkräfte zum Lehren und Lernen sind solche persönlichen Erfahrungen als Schüler, aber auch mehr oder weniger reflektierte Erfahrungen eigenen Unterrichtens sowie auch Elemente formalen, disziplinären Wissens, wie es Pädagogik, allgemeine und Fachdidaktik bereitstellen, integriert.

Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen können in Vorstellungsklustern organisiert sein. Die Vorstellungen eines Clusters können dabei mit unterschiedlichem Grad an Überzeugung vertreten werden und in Form von Begründungen, Schlussfolgerungen u.ä. aufeinander bezogen sein. Gut belegt ist, dass oft vermeintlich widersprüchliche Vorstellungen vertreten werden, so dass auch

von einer Quasi-Logik der Vorstellungen von Lehrkräften gesprochen wird. Fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen scheinen in z.T. enger Beziehung mit anderen Facetten des professionellen Wissens zu stehen: Neben den beschriebenen Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens auch mit fachspezifischem Wissen, der Philosophie des Schulfaches und mit epistemologischen Überzeugungen.

Die Befunde zur inhaltlichen Ausprägung der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zeigen, dass einige der berichteten Vorstellungen ('Conceptual Change', 'Schülvorstellungen', 'Motiviertes Lernen', 'Anwendungsbezogenes Lernen', 'Diskutieren von Schülvorstellungen' und 'Angeleitetes Lernen') in weitgehender Übereinstimmung mit den in Kapitel 2.2 referierten Ansätzen und Befunden zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen zu stehen scheinen. Es finden sich aber auch Vorstellungen, die zumindest in wichtigen Aspekten im Kontrast zu diesen Ansätzen und Befunden stehen ('Transmission' und 'Praktizismus'). Sog. 'Schüler-orientierte' Vorstellungen und eine als 'Eigene Deutungen entwickeln' bezeichnete Vorstellung sind in dieser Hinsicht eher als indifferent zu beurteilen.

Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften scheinen nicht allein auf einer latenten Dimension (z.B. mit den Polen 'konstruktivistisch' und 'traditionell') anordenbar zu sein. Vielmehr scheinen zumindest zwei, ggf. auch mehrere Dimensionen von Vorstellungen zugrunde zu liegen.

Die beschriebenen Annahmen und Befunde zu Zusammenhängen fachspezifischer Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen mit der Unterrichtsgestaltung weisen auf die recht komplexen und oft über andere Wissenskomponenten vermittelten Beziehungen zwischen Lehrervorstellungen und -handlungsweisen hin. Fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen scheinen insbesondere für die 'Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht', die von Bromme als eine zentrale Anforderung unterrichtlichen Handelns beschrieben wurde, eine wichtige Rolle zu spielen. So dürften fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen mit der Qualität der inhaltlichen Strukturierung von Unterrichtseinheiten insgesamt und von Unterrichtsgesprächen wie auch mit der Auswahl und der Qualität von Schüleraktivitäten in Beziehung stehen. Auch scheinen derartige Vorstellungen von Lehrkräften, vermittelt über deren Wahrnehmung von Unterrichtssituationen, das unterrichtliche Handeln mit zu beeinflussen. Neben Annahmen und Befunden, die für eine Konsistenz von Vorstellungen und Handlungsweisen sprechen, wurden aber auch Annahmen und Befunde beschrieben, die Disparitäten zwischen diesen beiden Bereichen nahe legen. Inkonsistenzen zwischen Vorstellungen und Handlungsweisen von Lehrkräften können u.a. durch Merkmale des Kontexts, durch mangelndes weiteres professionelles Wissen sowie durch Merkmale der Lehrervorstellungen selbst bedingt sein. In der Befundlage zu Zusammenhängen zwischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich und dem unterrichtlichen Handeln von Lehrkräften lassen sich folgende Tendenzen erkennen:

- ◆ Die Kongruenz von Vorstellungen zum Lehren und Lernen und unterrichtlichen Handlungsweisen von Lehrkräften scheint bei erfahrenen Lehrkräften stärker ausgeprägt als bei Novizen wie Lehramtsstudierenden, Lehramtsanwärtern oder Berufseinsteigern. Novizen scheinen erforderliches

weiteres professionelles Wissen noch nicht ausreichend entwickelt zu haben, so dass es ihnen oft nicht gelingt, entsprechend ihrer Vorstellungen zum Lehren und Lernen im Unterricht zu handeln.

- ◆ Eine weitere Tendenz besteht darin, dass sich fachbezogene Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen eher in korrespondierenden Verhaltensweisen im Unterricht widerspiegeln als dies bei nicht fachspezifischen, 'allgemeinen' Vorstellungen über das Lehren und Lernen der Fall zu sein scheint.
- ◆ Die in der Übersicht berichteten Befunde deuten darauf hin, dass fachspezifische Vorstellungen zum Lehren und Lernen tatsächlich insbesondere mit Handlungsweisen in Zusammenhang stehen, die der Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht dienen. So werden u.a. Zusammenhänge mit dem Einsatz von Conceptual-Change-Strategien, mit der Art und Weise der Diagnose von Schüler-
vorstellungen, mit Maßnahmen des Scaffolding sowie mit dem Einsatz eher verstehensorientierter Aufgaben berichtet.

Studien, die Zusammenhänge von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernergebnissen der Schüler direkt untersucht haben, sind im Vergleich zu Untersuchungen von Zusammenhängen von Lehrervorstellungen und -handlungsweisen noch rar. Die wenigen vorliegenden Studien berichten allerdings fast durchgängig von der Relevanz fachspezifischer Lehrervorstellungen für Maße des Lernerfolgs seitens der Schüler. Einzige Ausnahme ist die Studie von Seidel und Kollegen (vgl. 2006), die den nicht gefundenen Zusammenhang mit Schülerleistungen auf Validitätsprobleme des Instrumentes zur Erfassung der Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen zurückführt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studien deuten also darauf hin, dass die Ausprägung fachspezifischer Vorstellungen zum Lehren und Lernen ein für den Lernerfolg von Schülern bedeutsames Merkmal der Lehrerpersönlichkeit darstellt.

Offene Forschungsfragen/Forschungsbedarf

Wie bereits angedeutet sind Studien zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernergebnissen der Schüler noch sehr rar. Studien, die die Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen dabei fachspezifisch und speziell für den Bereich Naturwissenschaften erfasst haben, sind noch seltener. M.E. liegen nur die Studien von Müller (2004) und Seidel et al. (2006) aus der Sekundarstufe vor, wobei die Studie von Müller hinsichtlich der Zusammenhänge der Lehrervorstellungen mit den Lernfortschritten der Schüler eher als explorative Studie anzusehen ist (s. Kapitel 2.3.3.6). Für den naturwissenschaftlichen Lernbereich in der Grundschule existiert derzeit m.E. noch keine Studie.

Die Übersicht zum Stand der Forschung zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen über das Lehren und Lernen mit Lernerfolgsmäßen seitens der Schüler zeigt, dass bisher noch keine Studie vorliegt, die die Bedeutung von Conceptual-Change-orientierten Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen für die Erreichung von Zielkriterien untersucht hat. Damit sind Lehrervorstellungen gemeint, die naturwissenschaftliches Lehren und Lernen als Veränderung bereits vorunterrichtlich vorliegender Schülervorstellungen verstehen. Dem referierten Stand der Forschung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen zufolge könnten derartige Lehrervorstellungen jedoch eine wichtige

Rolle für die Zielerreichung von Schülern spielen (s. auch das in der Einleitung wiedergegebene Zitat Shulmans).

Vorstellungen zum Lehren und Lernen werden in den vorliegenden Studien, die Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler untersucht haben, in der Regel anhand nur weniger Dimensionen, z.T. auch nur einer Dimension, z.B. anhand eines sog. 'transmission-constructivist' Kontinuums, erfasst. In der einzigen größer angelegten Studie aus dem Bereich Naturwissenschaften von Seidel et al. (vgl. 2006) werden die Vorstellungen der Lehrkräfte anhand zweier Skalen (transmission view und constructivist view) erfasst, die auf adaptierten Items des von Staub und Stern (vgl. 2002) eingesetzten Instruments aus dem Bereich Mathematik basieren. Die in Kapitel 2.3.2.3 dargestellten Befunde der mehrheitlich qualitativ orientierten Studien zur inhaltlichen Ausprägung der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften weisen eine Bandbreite an Vorstellungen auf, die vermutlich nicht allein auf einer und vermutlich auch nicht auf zwei latenten Dimensionen repräsentiert sind. Ergebnisse von Studien, die die Struktur fachspezifischer Vorstellungen zum Lehren und Lernen faktorenanalytisch untersucht haben, deuten ebenfalls in diese Richtung (s. Kapitel 2.3.2.4). Es scheint daher sinnvoll, die Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften differenzierter, entlang mehrerer Dimensionen zu erfassen und zu prüfen, inwieweit die einzelnen Vorstellungen der Lehrkräfte prädiktiv sind für Lernfortschritte der Schüler.

In der Unterrichtsforschung hat die Untersuchung differenzieller Wirkungen von Merkmalen der Unterrichtsgestaltung in Abhängigkeit von individuellen (Lern-)Voraussetzungen wie dem Vorwissen der Schüler zunehmend an Bedeutung gewonnen. Auch für den Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule liegen bereits Befunde vor, die darauf hinweisen, dass Schülergruppen mit unterschiedlichen (Lern-)Voraussetzungen in unterschiedlichem Maße von bestimmten Charakteristika der geschaffenen Lerngelegenheiten im Unterricht profitieren (s. Kapitel 2.2.4.3). Die Frage, ob auch bestimmte Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen differenzielle Effekte auf Lernfortschritte bei Schülern in Abhängigkeit derer (Lern-)Voraussetzungen zeigen, ist bislang kaum untersucht. Die m.E. bisher einzige Studie, die dieser Frage nachging, ist die Untersuchung von Staub und Stern (vgl. 2002), die allerdings im Bereich Mathematik angesiedelt ist.

3 Zielsetzung, Fragestellungen und Hypothesen

Zielsetzungen und Fragestellungen

Vor dem Hintergrund der skizzierten offenen Forschungsfragen ist es das zentrale Anliegen der vorliegenden Arbeit (**Zielsetzung 1**), Zusammenhänge zwischen Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften und Lernfortschritten der Schüler zu untersuchen. Wendet man das in Kapitel 2.1.5 skizzierte Angebots-Nutzungs-Modell der Wirkungsweise von Unterricht auf diese Zielsetzung an, so liegt der Studie somit eine Art 'Black-box-Modell' zugrunde: Es wer-

den Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Lehrkräfte und Lernerfolgsmaßen seitens der Schüler untersucht, wobei vermittelnde Unterrichtsprozesse sowie die bspw. im Rahmen von Erweiterungen der Prozess-Produkt-Studien untersuchten Mediationsprozesse ausgeblendet werden.

Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften werden, wie bereits im vorigen Abschnitt zusammenfassend dargestellt, als fachspezifisch-pädagogische Philosophie von Lehrkräften verstanden. Es handelt sich um weitgehend situationsübergreifende Kognitionen, die als Bestandteil des fachspezifisch-pädagogischen Wissens angesehen werden können.

Als Kriterium für den Lernerfolg von Schülern wird das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte zugrunde gelegt (s. Kapitel 2.2.1). Prozessbezogene Kompetenzen bzgl. naturwissenschaftlicher Verfahren oder Wissen über Naturwissenschaften als Wissenschaftsdisziplin werden also nicht untersucht. Wegen der besonderen Bedeutung des Vorwissens der Schüler für spätere Lernergebnisse im entsprechenden Inhaltsbereich soll das konzeptuelle Verständnis der Schüler längsschnittlich als Lernfortschritt erfasst werden.

Die vorliegende Arbeit geht somit der übergeordneten Frage nach, inwieweit fachspezifische Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit Fortschritten der Schüler im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte zusammenhängen. Als Inhaltsbereich, in dem das konzeptuelle Verständnis der Schüler erfasst wird, wird das Schwimmen und Sinken von Gegenständen gewählt. Der Hintergrund für diese Fokussierung wird im folgenden Kapitel noch näher beschrieben.

Wie im vorigen Abschnitt zu offenen Forschungsfragen beschrieben, scheint es sinnvoll, Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften nicht nur entlang einer oder zwei Dimensionen wie in den bisher vorliegenden Studien zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen mit Schülerleistungen zu erfassen, sondern entlang mehrerer Dimensionen, und dann zu prüfen, inwieweit die einzelnen Vorstellungen der Lehrkräfte prädiktiv sind für Lernfortschritte der Schüler.

Die Bestimmung von Konstrukten, die den Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zugrunde liegen und im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden sollen, geschieht auf der Grundlage von Ansätzen und Befunden aus zwei Forschungsbereichen: Zum einen den in Kapitel 2.3.2.3 dargestellten Befunden zur inhaltlichen Ausprägung der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften und zum anderen den in Kapitel 2.2 beschriebenen Ansätzen und Befunden zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen. Auf dieser Basis lassen sich drei Gruppen von Lehrervorstellungen unterscheiden.

1. Wie einleitend angedeutet sind insbesondere solche Vorstellungen der Grundschullehrkräfte von Interesse, die weitgehende Übereinstimmungen mit den durch konstruktivistische Sichtweisen (mit-)geprägten Ansätzen zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen, insbesondere mit Conceptual-Change-Ansätzen, zeigen. Als solche wurden die Vorstellungen 'Motiviertes Lernen', 'Anwendungsbezogenes Lernen', 'Conceptual Change' (mit zwei Facetten: 'Naturwiss. Lehren und Lernen als Conceptual Change' und 'Schüler mit Vorstellungen über Naturphänomene'), 'Diskussion

von Schülervorstellungen' und 'Angeleitetes Lernen' identifiziert (s. Kapitel 2.3.2.3).

2. Des Weiteren sollen aber auch solche Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften erfasst werden, die sich als sehr verbreitet bei Grundschullehrkräften gezeigt haben und die aber in zumindest gewissem Kontrast zu den in Kapitel 2.2 beschriebenen Ansätzen zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen stehen. Diese Vorstellungen wurden in Anlehnung an die Literatur zu Schülervorstellungen auch als (fachspezifisch-pädagogische) 'Misconceptions' von Lehrkräften bezeichnet. Aus dieser Gruppe sollen die mit den Etiketten 'Praktizismus' und 'Transmission' bezeichneten Vorstellungen erfasst werden.
3. Schließlich lassen sich Vorstellungen identifizieren, die von vielen Grundschullehrkräften in starkem Ausmaß vertreten werden und die zu den beschriebenen konstruktivistisch geprägten und insbesondere zu den Conceptual-Change-Ansätzen in einem indifferenten Verhältnis stehen. Es lassen sich zwar Überschneidungen feststellen, doch scheinen auch gewisse Widersprüche zu den Ansätzen der naturwissenschaftsbezogenen Lehr-Lern-Forschung zu bestehen. Aus dieser Gruppe soll die als 'Eigene Deutungen entwickeln' bezeichnete Vorstellung erfasst werden.

Die o.g. allgemeine Fragestellung der Arbeit lässt sich also weiter konkretisieren: In welchem Zusammenhang mit Fortschritten der Schüler im konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' stehen solche Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, die

- A. in weitgehender Übereinstimmung mit konstruktivistisch geprägten, insbesondere mit Conceptual-Change-Ansätzen zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen stehen,
- B. in wichtigen Aspekten Widersprüche zu diesen Ansätzen aufweisen und
- C. in einem eher indifferenten Verhältnis zu diesen Ansätzen stehen?

Die als 'schülerorientiert' überschriebenen Vorstellungen zum Lehren und Lernen werden in dieser Arbeit also nicht berücksichtigt. Auch die als 'Naturwissenschaftliche Verfahren' bezeichnete Vorstellung wird nicht untersucht. Sie scheint sehr enge Bezüge zu Vorstellungen über das Wesen der Naturwissenschaften zu haben.

In der Zusammenstellung offener Forschungsfragen im vorigen Abschnitt wurde bereits darauf hingewiesen, dass die Frage nach differenziellen Effekten von Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen auf Lernfortschritte bei Schülern in Abhängigkeit derer (Lern-)Voraussetzungen bislang kaum untersucht ist. Solche differenziellen Effekte scheinen zumindest plausibel, wenn man die theoretischen Ansätze und Befunde zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen heranzieht. Die theoretische Überlegung, dass situierte Lernumgebungen, die durch eine relativ hohe Komplexität gekennzeichnet sind und hohe Anforderungen an die Selbststeuerungsfähigkeiten der Schüler stellen, zu einer Überforderung insbesondere von Schülern mit ungünstigen Lernvoraussetzungen führen, findet eine Entsprechung in Befunden, die differenzielle Effekte für den Grad der Strukturierung von Lernumgebungen und das Ausmaß von Scaffolding durch die Lehrkraft zeigen (s. Kapitel 2.2.4.3). Es wäre daher plausibel, dass bspw. das Ausmaß, in dem Lehrkräfte der Anleitung bzw. Unterstützung von Lernpro-

zessen Bedeutung beimessen, einen differenziellen Effekt auf Lernergebnisse der Schüler hat, in Abhängigkeit derer Lernvoraussetzungen.

Als m.E. bisher einzige Studie, die differenzielle Effekte von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen untersucht hat, konnte die Studie von Staub und Stern (vgl. 2002) allerdings keine solchen differenziellen Effekte nachweisen. Die Untersuchung stammt jedoch aus dem Bereich Mathematik und es wurde nur eine als 'transmission vs. cognitive constructive' bezeichnete Vorstellung der Lehrkräfte erfasst.

D. In der vorliegenden Studie soll vor dem Hintergrund dieser unbefriedigenden Befundlage der Frage nachgegangen werden, ob die o.g. Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen einen differenziellen Effekt auf Lernfortschritte der Schüler in Abhängigkeit von individuellen (Lern-)Voraussetzungen haben.

Da bisher kein Instrument zur Erfassung der o.g. Lehrervorstellungen existiert, das außerdem auch bei größeren Stichproben eingesetzt werden kann, stellt es ein weiteres Ziel (**Zielsetzung 2**) dieser Arbeit dar, ein solches Instrument zu entwickeln. Dabei kann jedoch z.T. auf vorliegende Instrumente zurückgegriffen werden (s. das noch folgende Kapitel 4.4.1). Im Rahmen der Testkonstruktion stellt sich neben der Frage klassischer Gütekriterien des Instruments (insb. Reliabilität, Validität) auch die Frage, inwieweit die oben beschriebenen Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften auch empirisch auf der Basis des entwickelten Instruments rekonstruiert werden können. Die Hauptfragestellung dieser Arbeit nach Zusammenhängen von Lehrervorstellungen mit Lernfortschritten der Schüler kann unter der Perspektive der Testentwicklung und -analyse dann auch als Frage der prädiktiven und im Sinne einer Definition von Kagan auch der ökologischen Validität der erfassten Lehrervorstellungen gesehen werden. Kagan definiert ökologische Validität als:

[...] 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, zit. n. Baxter & Lederman, 1999)

Baxter und Lederman (vgl. 1999) empfehlen diese Definition von ökologischer Validität zur Bewertung der Validität von Maßen des fachspezifisch-pädagogischen Wissens von Lehrkräften.

Hypothesen

Hypothesen zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit Lernfortschritten bei Schülern aufzustellen, ist mit dem Problem behaftet, dass es sich um recht distale Variablen handelt, deren Zusammenhänge nur über vermittelnde Prozesse zu verstehen sind. Relevante Ergebnisse der Forschung, die zum Aufstellen von Hypothesen zu den hier interessierenden Zusammenhängen herangezogen werden können, sind insbesondere theoretische Ansätze und Befunde zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen (s. Kapitel 2.2) sowie Befunde, die direkt etwas über Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen und Lernfortschritten der Schüler aussagen. Werden Hypothesen wie im ersteren Fall aus Ansätzen und Befunden der naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung abgeleitet, so ist dies bedingt durch die o.g. 'Black-Box-Struktur' dieser Zusammenhänge mit dem Problem behaftet, dass nicht klar ist, ob die interessierende Vorstellung zum Leh-

ren und Lernen auch mit der Gestaltung entsprechenden Unterrichts (als Teil der 'Black-Box') durch die Lehrkräfte einhergeht. Bei unerfahrenen Lehrkräften wäre bspw. die Hypothese, dass Lehrkräfte mit einer 'Conceptual Change'-Vorstellung von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen höhere Lernzuwächse bei ihren Schülern erreichen, wenig plausibel, da hier zahlreiche Befunde auf Inkonsistenzen zwischen Vorstellungen und Handlungsweisen im Unterricht hindeuten.

Die in Kapitel 2.3.3 dargestellten theoretischen Überlegungen und Befunde zur Frage von Zusammenhängen von Vorstellungen der Lehrkräfte mit deren Gestaltung von Unterricht geben jedoch einige Hinweise darauf, dass in der vorliegenden Untersuchung die Annahme solcher Zusammenhänge nicht ganz unbegründet ist. Zunächst handelt es sich bei den teilnehmenden Lehrkräften um praktizierende, erfahrenere Lehrkräfte und es werden auch fachspezifisch erfasste Vorstellungen zum Lehren und Lernen untersucht. Im Rahmen des BiQua-Projektes, in das diese Arbeit eingebunden ist, konnte mittlerweile gezeigt werden, dass die erfassten fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in mehreren der erfassten Dimensionen mit entsprechendem unterrichtlichen Handeln der Lehrkräfte zusammenhängen (s. Kapitel 2.3.3.5). Es kann daher angenommen werden, dass diese Vorstellungen zum Lehren und Lernen auch mit dem unterrichtlichen Handeln der Lehrkräfte und speziell mit dem in Beziehung stehen, was Bromme als Entwicklung fachlicher Inhalte bezeichnet hat.

Bei den im vorigen Abschnitt beschriebenen Fragestellungen wurden Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in drei Gruppen gegliedert. Bei der ersten Gruppe von Vorstellungen ('Motiviertes Lernen', 'Anwendungsbezogenes Lernen', 'Diskussion von Schülervorstellungen', 'Conceptual Change' (zwei Facetten) und 'Angeleitetes Lernen') handelt es sich um Vorstellungen, die weitgehende Übereinstimmungen mit konstruktivistisch und insbesondere Conceptual Change orientierten Ansätzen, wie sie in Kapitel 2.2 beschrieben wurden, zeigen.

Befunde der in Kapitel 2.3.3.5 zusammengefassten Studien deuten darauf hin, dass Lehrkräfte mit stärker konstruktivistisch orientierten Vorstellungen zum Lehren und Lernen eher Lehrstrategien anwenden, die Conceptual Change initiieren können, weniger auf einfache Erklärungen zurückgreifen und Schülervorstellungen adäquater diagnostizieren. Auch setzen diese Lehrkräfte (zumindest im Bereich Mathematik) offenbar eher verstehensorientierte Aufgaben ein. Im Rahmen des BiQua-Projekts, in das die vorliegende Arbeit eingebettet ist, konnten bereits Hinweise gefunden werden, dass das Ausmaß, mit dem Lehrkräfte Conceptual-Change-orientierte Vorstellungen zum Lehren und Lernen vertreten, mit dem Grad der Realisierung von Maßnahmen, die dem 'Scaffolding' zuzuordnen sind, korrespondiert (s. ausführlicher Kapitel 2.3.3.5).

Die Studie von Staub und Stern (2002) liefert (allerdings im Bereich Mathematik) direkte Evidenz, dass Lehrkräfte mit einer stärker konstruktivistisch orientierten Vorstellung zum Lehren und Lernen höhere Lernfortschritte bei ihren Schülern erzielen. Es wird daher folgendes angenommen:

HYPOTHESE 1: Für Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, die der ersten Gruppe zugeordnet wurden, werden positive Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler erwartet.

Die zweite oben beschriebene Gruppe von Vorstellungen zum Lehren und Lernen ist dadurch gekennzeichnet, dass diese Vorstellungen zumindest in wichtigen Aspekten im Kontrast zu den dargestellten konstruktivistisch geprägten Ansätzen der naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung stehen. Dieser Gruppe wurden die als 'Transmission' und die als 'Praktizismus' bezeichneten Vorstellungen zugeordnet.

Im Bereich Mathematik konnte bereits gezeigt werden, dass das Ausmaß, mit dem eine 'Transmission'-Vorstellung vertreten wird, negativ mit kognitiv aktivierenden Maßnahmen und im Speziellen auch negativ mit dem Einsatz problemorientierter Aufgaben im Unterricht korreliert. Analog ist auch für den naturwissenschaftlichen Bereich anzunehmen, dass eine solche Vorstellung der Lehrkräfte mit einem geringen Grad an kognitiver Aktivierung einhergeht. Ähnliches ist auch für die als 'Praktizismus' bezeichnete Vorstellung zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zu vermuten ('Hands-on/Minds-off'). Außerdem werden Lehrkräfte, die in starkem Maße eine praktizistische Vorstellung von Lehren und Lernen vertreten, Strukturierungsmaßnahmen und prozessbezogenen Hilfestellungen wenig Bedeutung in ihrem Unterricht beimessen.

Hinsichtlich der als 'Transmission' bezeichneten Vorstellung zeigten sich in der COACTIV-Studie bereits Hinweise, dass der Grad, mit dem eine solche Vorstellung vertreten wird, negativ mit Lernzuwächsen der Schüler korrespondiert. Es wird daher folgendes erwartet:

HYPOTHESE 2: Für die der zweiten Gruppe zugeordneten Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften werden negative Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler angenommen.

Wegen der indifferenten Beziehung der als 'Entwicklung eigener Deutungen' bezeichneten Vorstellung zu den in Kapitel 2.2 beschriebenen theoretischen Ansätzen und Befunden wird zu dieser Vorstellung keine konkrete Hypothese aufgestellt.

Hinsichtlich der Frage nach differenziellen Effekten von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen in Abhängigkeit von individuellen (Lern-)Voraussetzungen der Schüler ist die Befundlage recht unklar. Befunde der naturwissenschaftsbezogenen Lehr-Lern-Forschung würden die Annahme solcher differenzieller Effekte unterstützen (s. Kapitel 2.2.4.3), die einzige bisher vorliegende Studie, die dieser Frage tatsächlich bei Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen nachgegangen ist, fand jedoch keine unterschiedlichen Effekte in Abhängigkeit von individuellen Schülervoraussetzungen. Auf eine konkrete Hypothese zur Fragestellung D wird daher verzichtet.

4 Methoden

Die zentrale Frage der vorliegenden Arbeit nach Zusammenhängen zwischen fachspezifischen Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen und Lernzuwächsen der Schüler wird an einer Stichprobe von Grundschullehrkräften und deren Schülern untersucht, die einem Projekt aus dem DFG-Schwerpunktprogramm BiQua ('Die Bildungsqualität von Schule') entstammt (vgl. Doll & Prenzel,

2004 zum Schwerpunktprogramm sowie Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann & Blumberg, 2006 zum Projekt). Mit dieser Anbindung an das BiQua-Projekt ist verbunden, dass es sich um eine spezifische, vermutlich nicht repräsentative Stichprobe von Grundschullehrkräften handelt, da diese im Rahmen des Projekts eine umfassende Fortbildung zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen in der Grundschule erhalten haben. Im Folgenden werden daher zunächst die Einbettung der vorliegenden Studie in das BiQua-Projekt, die Art der Fortbildungen, die die Lehrkräfte erhalten haben, sowie die Anlage der Studie beschrieben (Kapitel 4.1 und 4.2). Anschließend werden Charakteristika der Stichproben der Lehrkräfte und derer Schüler dargestellt (Kapitel 4.3). Zur Erfassung der Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften wurde im Rahmen dieser Studie ein Fragebogen entwickelt. Auf dessen Konstruktion und Gütekriterien des Instruments wird in Kapitel 4.4 ausführlicher eingegangen. Die Erfassung des konzeptuellen Verständnisses der Schüler geschah mit Hilfe einer adaptierten Version eines Tests, der im Rahmen des BiQua-Projektes entwickelt worden war. Die diesem Instrument zugrunde liegende Operationalisierung konzeptuellen Verständnisses sowie der Aufbau des Fragebogens werden in Kapitel 4.5 skizziert. In Kapitel 4.6 wird der Umgang mit fehlenden Werten (missing data) bei der Aufbereitung der Daten der Untersuchung beschrieben, in Kapitel 4.7 das mehrebenenanalytische Auswertungsverfahren und die Berücksichtigung von Kontrollvariablen.

4.1 Anbindung an ein DFG-Projekt aus 'BiQua' und Anlage der vorliegenden Studie

Das angesprochene Projekt aus 'BiQua' ist in drei jeweils 2-jährige Phasen gegliedert. Die dritte Projektphase, in die die vorliegende Studie eingebettet ist, verfolgt das Ziel, die Wirksamkeit verschiedener Konzeptionen von Lehrerfortbildungen im Bereich des naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts zu untersuchen. Eine zentrale Fragestellung dieses Teilprojekts ist die Frage nach der Bedeutung tutorieller Unterstützung durch eine Fortbildungsleitung für die Veränderung der Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. Auf der Basis Conceptual-Change-orientierter Ansätze wurden drei Fortbildungen konzipiert, die sich im Grad der tutoriellen Unterstützung unterscheiden (vgl. ausführlicher Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann & Blumberg, 2006). Die Teilnehmer dieser Fortbildungen stellen die Stichprobe an Grundschullehrkräften dar, die der vorliegenden Studie zugrunde liegt. Im Folgenden wird zunächst die Gestaltung der Fortbildungen etwas näher beschrieben, da diese für die Interpretation der Ergebnisse der Studie bedeutsam ist. Anschließend werden die Anlagen des BiQua-Teilprojekts und der darin eingebetteten vorliegenden Studie dargestellt.

Gestaltung der Fortbildungen. Zwei Gruppen (Experimentalgruppen, EGs) erhielten je 16 ganztägige Fortbildungen, in denen die Teilnehmer, tutoriell unterstützt durch eine Fortbildungsleiterin, naturwissenschaftliches fachspezifisch-pädagogisches Wissen erwerben konnten. Die vorhandenen fachlichen Vorstellungen der Lehrkräfte wurden aufgegriffen und herausgefordert. Die Lehrkräfte wurden dazu angeregt, ihre Vorstellungen zu den thematisierten Naturphänomenen untereinander zu diskutieren und Möglichkeiten der Überprüfung dieser Vorstellungen durch Experimente zu entwickeln. Die Fortbildungsleitung strukturierte diesen Prozess und regte die Teilnehmer zur Reflexion des eigenen naturwis-

senschaftlichen Lernprozesses an. Die Bedeutung vorhandener Präkonzepte sowie die Bedingungen ihrer Veränderung in Richtung sachlich angemessenerer Vorstellungen wurden diskutiert. Die Fortbildungsleitung war in beiden Gruppen dieselbe. Eine dritte Gruppe (KG) diente als Kontrollgruppe. Die Teilnehmer eigneten sich das fachspezifisch-pädagogische Wissen weitgehend selbstgesteuert, d.h. ohne tutorielle Unterstützung, allein auf der Basis schriftlicher Handreichungen zu elf naturwissenschaftsbezogenen Unterrichtsthemen an. Diese Handreichungen enthielten in einem allgemeinen Teil eine Beschreibung konstruktivistischer und Conceptual-Change-orientierter Ansätze zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. In einem speziellen auf das jeweilige Unterrichtsthema bezogenen Teil enthielten sie verständlich aufbereitete Informationen zum fachlichen Hintergrund des Themas, zu typischen Schülervorstellungen sowie Vorschläge für die Unterrichtsgestaltung.

Die Teilnehmer aller drei Gruppen wurden dazu angeregt, Lernprozesse von Schülern zu analysieren. Alle drei Gruppen bearbeiteten die gleichen 11 naturwissenschaftsbezogenen Unterrichtsthemen (z. B. 'Luft und Luftdruck', 'Schall', 'elektrischer Strom', 'Schwimmen und Sinken') sowie die gleichen fachdidaktischen Inhalte (z.B. Experimente und Gesprächsführung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht, wissenschaftliches Arbeiten) und hatten zudem die gleichen Unterrichtsmaterialien in Form von schriftlichen Handreichungen (s.o.) zu jedem Thema zur Verfügung. Außerdem erstreckten sich alle Fortbildungen über fünf Monate und alle teilnehmenden Lehrkräfte erprobten in dieser Zeit drei der erarbeiteten elf Themen im eigenen Unterricht.

Anlage des BiQua-Teilprojekts. Vor und nach den Fortbildungen führten die Lehrkräfte Unterricht zu zwei vorgegebenen naturwissenschaftlichen Themen durch. Dieser Unterricht wurde videografiert. Das Thema des Unterrichts nach der Fortbildung war das Thema 'Schwimmen und Sinken'. Dieses Thema wurde von 46 der insgesamt 54 an den Fortbildungen teilnehmenden Lehrkräften im Schulhalbjahr nach der Fortbildung in dritten oder vierten Klassen unterrichtet. Vor und nach dem Unterricht wurde mittels eines Fragebogens u.a. das konzeptuelle Verständnis der Schüler von 'Schwimmen und Sinken' erfasst. Das Thema 'Schwimmen und Sinken' stellt ein Thema dar, das in den Lehrplänen für den Sachunterricht der Grundschule weit verbreitet ist. Auch international ist das Thema in Lehrplänen für die Primarstufe implementiert. Vor und (zweimal) nach den Fortbildungen bearbeiteten die Lehrkräfte einen Fragebogen, in dem unter anderem die Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften erfasst wurden. Zusätzlich zu den drei skizzierten Fortbildungsgruppen wurde noch eine Basisgruppe (BG) ohne Fortbildung aufgenommen (s. Abb. 4).

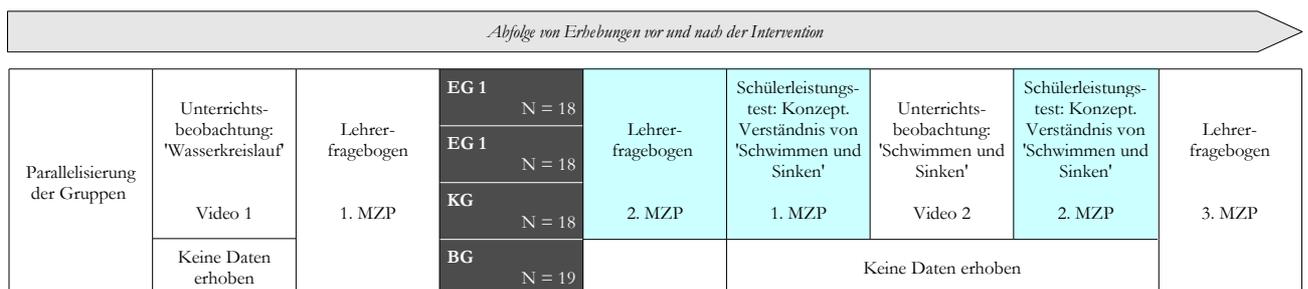


Abbildung 4: Anlage des DFG-Projekts. Abfolge der Erhebungen vor und nach der Intervention durch Lehrerfortbildungen. Türkis markiert sind die Bereiche, die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegen

Die Teilnehmer wurden über eine Ausschreibung der Fortbildungen durch die Bezirksregierung Münster gewonnen, die die Fortbildungen über Stundenentlastungen förderte. Es interessierten sich 96 Lehrkräfte, so dass die 54 Teilnehmer der drei Fortbildungsgruppen auf der Basis eines Parallelisierungsverfahrens ausgewählt werden konnten. Die Basisgruppe setzte sich aus dem Kreis der ursprünglichen Interessenten zusammen, die nicht in eine der drei Fortbildungen aufgenommen werden konnten.

4.2 Anlage der vorliegenden Untersuchung

Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Daten entstammen den in Abb. 4 türkis markierten Erhebungen. Die in dieser Arbeit untersuchten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften wurden erfasst, nachdem die Lehrkräfte an den oben skizzierten Fortbildungen teilgenommen hatten. Im Schulhalbjahr nach den Fortbildungen unterrichteten die Teilnehmer das Thema 'Schwimmen und Sinken' in Klassen der dritten oder vierten Jahrgangsstufe. Vor und nach der Unterrichtsreihe wurde mittels eines Fragebogens das konzeptuelle Verständnis der Schüler von 'Schwimmen und Sinken' erfasst. Das Verständnis der den Phänomenen des 'Schwimmens und Sinkens' zugrunde liegenden naturwissenschaftlichen Konzepte (Dichte und Auftriebskraft; s. Kapitel 4.5) wird also als Zielkriterium herangezogen. Der Studie liegt somit ein eher mikrogenetischer Ansatz zugrunde, da Lernfortschritte von Schülern nicht über ein Schuljahr, sondern im Zusammenhang mit einer Lerneinheit bzw. Unterrichtsreihe betrachtet werden.

Für die Durchführung des Unterrichts zum 'Schwimmen und Sinken' wurde den teilnehmenden Lehrkräften ein Materialpaket, eine sog. Klassenkiste (vgl. Jonen & Möller, 2005) zur Verfügung gestellt, um die materiale Ausstattung für den Unterricht konstant zu halten. Diese Klassenkiste enthält neben einem Handbuch für die Lehrkraft auch Materialien für 'hands-on'-Aktivitäten der Schüler (Experimente und Materialien für Erfahrungslernen). Das Handbuch enthält wie die o.g. Handreichungen, die den Lehrkräften bereits in der Fortbildung zur Verfügung gestellt wurden, in einem allgemeinen Teil eine Beschreibung konstruktivistischer und Conceptual-Change-orientierter Ansätze zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. Im speziellen auf 'Schwimmen und Sinken' bezogenen Teil enthält es verständlich aufbereitete Informationen zum fachlichen Hintergrund des Themas, zu typischen Schülervorstellungen sowie Vorschläge für die Unterrichtsgestaltung. Die Bereitstellung dieses Materialpakets für die Durchführung des Unterrichts wurde aus folgenden Gründen für wichtig erachtet. Ein anspruchsvoller, Conceptual-Change-fördernder Unterricht zum 'Schwimmen und Sinken' erfordert geeignete Materialien, mit denen bspw. vorhandene Vorstellungen der Schüler herausgefordert und der Aufbau sachlich angemessenerer Vorstellungen unterstützt werden kann. Schulen sind jedoch sehr unterschiedlich gut mit Materialien für dieses Unterrichtsthema ausgestattet. Damit mögliche Zusammenhänge zwischen Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen und den Lernfortschritten der Schüler nicht durch ein unterschiedlich verfügbares Angebot an Unterrichtsmaterialien verwässert werden, schien es sinnvoll, den Lehrkräften die 'Klassenkisten' zur Verfügung zu stellen. Dass durch diese Maßnahme die Varianz in der Unterrichtsgestaltung und darüber vermittelt auch in den Lernfortschrit-

ten der Schüler zu stark eingeschränkt würde, schien insofern wenig wahrscheinlich, als bspw. Leinhardt und Smith zeigen konnten, dass selbst bei gleichem Lehrbuch und Unterrichtsthema deutliche interindividuelle Unterschiede in der Gestaltung des Unterrichts auftreten (vgl. 1985).

4.3 Stichproben

Die in dieser Arbeit dargestellten Untersuchungen basieren auf einer Stichprobe von 46 Lehrkräften, die an den o.g. Fortbildungen teilgenommen haben, und den Schülern dieser Lehrkräfte. Im Folgenden werden die Stichproben der Lehrkräfte und der Schüler näher beschrieben.

Stichprobe der Lehrkräfte

Von den insgesamt 54 fortgebildeten Lehrkräften führten 46 Lehrkräfte Unterricht zum 'Schwimmen und Sinken' durch. Acht Lehrkräfte konnten dies aus organisatorischen Gründen nicht einrichten, i.d.R. da sie in diesem Schuljahr keine dritte oder vierte Klasse unterrichteten. 29 der 46 Lehrkräfte hatten an den tutoriell angeleiteten Fortbildungen (EG 1 und 2) teilgenommen, 17 waren Mitglieder der Kontrollgruppe (KG).

Ergebnisse der BiQua-Studie zeigen, dass die Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften und auch motivationale und selbstbezogene Merkmale der Lehrkräfte durch die Fortbildungen verändert worden sind. Hinsichtlich der Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zeigte sich, dass die Teilnehmer der Experimentalgruppen in stärkerem Maße eine Vorstellung entwickelten, die das naturwissenschaftliche Lehren und Lernen als Conceptual Change sieht. Auch eine Vorstellung, wonach Kinder bereits vor dem Unterricht Vorstellungen zu Naturphänomenen haben, die den Lernprozess u.U. erschweren können, wurde bei den EG-Lehrkräften signifikant stärker aufgebaut. Darüber hinaus bauten die Lehrkräfte der beiden Experimentalgruppen eine sog. 'praktizistische' Vorstellung in signifikant stärkerem Maße ab, als dies die Teilnehmer der Kontrollgruppe taten. Das Interesse der Lehrkräfte am Unterrichten von physikbezogenem Sachunterricht, die auf diesen Unterricht bezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen und das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte konnten in allen drei Fortbildungsgruppen signifikant gesteigert werden (vgl. Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann & Blumberg, 2006; Kleickmann, Möller & Jonen, 2006).

Es ist daher davon auszugehen, dass es sich bei den im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Lehrkräften nicht um eine für Grundschullehrkräfte repräsentative Stichprobe handelt. Um diese Annahme zu prüfen und zu quantifizieren, wurde die Stichprobe der 46 Lehrkräfte mit einem größeren Sample von 277 Lehrkräften verglichen, das für Grundschullehrkräfte in Nordrhein-Westfalen als weitgehend repräsentativ angesehen werden kann (vgl. Möller, 2004). Verglichen werden die beiden Stichproben hinsichtlich Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, also hinsichtlich der zentralen unabhängigen Variablen der vorliegenden Arbeit, außerdem hinsichtlich motivationaler und selbstbezogener Variablen bzgl. des Unterrichts physikbezogenen Sachunterrichts sowie hinsichtlich soziodemografischer Daten. Zur Bewertung der Abweichungen der untersuchten Stichprobe von der

'NRW-Stichprobe' wurden für die metrischen Variablen Effektgrößen als Abweichungsmaß berechnet. Dazu wurde die Differenz zwischen dem Mittelwert der 'NRW-Stichprobe' und dem Mittelwert der Untersuchungsstichprobe durch die Standardabweichung der 'NRW-Stichprobe' geteilt. In Anlehnung an Cohen (vgl. 1992) sind derart berechnete Effektgrößen mit einem Betrag bis .20 als 'klein', bis .50 als 'mittel' und ab .80 als 'groß' zu bezeichnen.

In allgemeineren soziodemografischen Werten wie der Berufserfahrung in Dienstjahren und dem Alter der Lehrkräfte zeigen sich nur als 'klein' zu bewertende Abweichungen der Untersuchungsstichprobe von der 'NRW-Stichprobe'. Auch der Anteil männlicher Lehrkräfte in der Untersuchungsstichprobe entspricht mit 10.9% nahezu dem in der 'NRW-Stichprobe' (10.1%).

Tabelle 5

Unterschiede zwischen der untersuchten Stichprobe von 46 Lehrkräften und einer für Grundschullehrkräfte in NRW weitgehend repräsentativen Stichprobe (N = 277) in Effektgrößeneinheiten sowie Mittelwerte und Standardabweichungen in der Untersuchungsstichprobe

Vergleichsvariable	M (Untersuchungs- stichprobe)	SD (Untersuchungs- stichprobe)	Effektgröße
Alter	43.63	9.02	-0.15
Berufserfahrung (in Dienstjahren)	17.57	10.01	-0.14
<i>Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften</i>			
Motiviertes Lernen (mot)	3.14	0.59	-0.03
Anwendungsbezogenes Lernen (anw)	3.06	0.62	0.05
Entwicklung eigener Deutungen (eig)	3.12	0.37	-0.17
Diskussion von Schülervorstellungen (dis)	3.51	0.46	-0.37
Conceptual Change (con)	2.89	0.70	-0.86
Schüler mit Vorstellungen über Naturphänomene (sch)	2.53	0.93	-0.86
Laisser-faire (lai)	1.63	0.60	0.07
Praktizismus (pra)	1.99	0.72	0.28
Transmission (tra)	1.11	0.40	0.64
Interesse am Unterrichten physikbezogenen Sachunterrichts	3.38	0.55	-0.56
Sachinteresse Physik	2.81	0.55	-0.35
Selbstwirksamkeitserwartungen bzgl. des Unterrichts physikbezog. Sachunterrichts	2.99	0.60	-0.46
Fähigkeitsselbstkonzept Physik	1.94	0.59	0.02

Anm. 'Mittlere' Effekte hellgrau, 'große' Effekte dunkelgrau unterlegt. Zu den Konstrukten, die den Skalen zu Vorstellungen zum Lehren und Lernen zugrunde liegen, vgl. Kapitel 4.4.2

Mittlere bis große Abweichungen der Untersuchungsstichprobe von der 'NRW-Stichprobe' zeigen sich jedoch bei motivationalen und selbstbezogenen Variablen bzgl. des Unterrichts physikbezogenen Sachunterrichts. Insbesondere das Interesse am Unterrichten physikbezogener Themen ist in der Untersuchungsstichprobe deutlich höher. Mittlere Abweichungen zeigen sich noch beim Sachinteresse an Physik und bei Selbstwirksamkeitserwartungen bzgl. des Unterrichts physikbezogenen Sachunterrichts. Das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte ist in der Untersuchungsstichprobe ähnlich ausgeprägt wie in der repräsentativen Vergleichsstichprobe.

Auch hinsichtlich der Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissen-

schaften zeigen sich z.T. große Abweichungen der Untersuchungsstichprobe von der repräsentativen Stichprobe. Die 'Conceptual Change'-Vorstellung und die Vorstellung, der zufolge Schüler mit teilweise tief verwurzelten Vorstellungen über Naturphänomene in den Unterricht kommen, werden von den Lehrkräften der Untersuchungsstichprobe deutlich stärker vertreten als in der 'NRW-Stichprobe'. Die 'transmissive' Vorstellung ist in der Untersuchungsstichprobe deutlich niedriger ausgeprägt. Mittlere Abweichungen zeigen sich bei der 'praktizistischen' Vorstellung und bei der Vorstellung, der zufolge die Schüler angeregt werden sollten, ihre Deutungen von Naturphänomenen untereinander zu diskutieren.

Hinsichtlich der deskriptiven Werte in der Untersuchungsstichprobe besteht bei der als 'Diskussion von Schülervorstellungen' bezeichneten Lehrervorstellung ein Deckeneffekt, der sich in dem hohen Mittelwert und der geringen Standardabweichung zeigt.

Da die Größe der von den Lehrkräften unterrichteten Klassen ebenfalls ein Aggregatmerkmal (s. Kapitel 4.7.1) darstellt, wird darauf auch an dieser Stelle eingegangen. Die durchschnittliche Klassengröße beträgt 22.6 Kinder mit einer Spannweite von 7 bis 30 Kindern. Bei der 'Klasse' mit sieben Kindern handelt es sich um eine Sachunterrichts-AG. In den übrigen Klassen sind mindestens 14 Kinder. Die mittlere Klassengröße von 22.6 Kindern entspricht nahezu dem Bundesdurchschnitt von 22.0 Kindern im Jahr 2005 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2007, S. 103).

Stichprobe der Schüler

Die Schülerstichprobe umfasst die 46 unterrichteten Klassen der dritten oder vierten Jahrgangsstufe mit insgesamt 1039 Schülern. Von 107 Schülern liegt entweder der Vor- oder der Nachtest zum konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' nicht vor. In den meisten Fällen fehlten die Schüler wegen Krankheit. Diese Schüler wurden von den eigentlichen Analysen ausgeschlossen, wie im Kapitel zum Umgang mit fehlenden Werten (4.6) noch begründet wird. Die tatsächlich verfügbare Stichprobe der Schüler umfasst somit 932 Kinder. Zur Beschreibung der Stichprobe liegen nur wenig Daten vor. Das durchschnittliche Alter der Kinder beträgt 9.2 Jahre mit einer Spannweite von sieben bis elf Jahren. 50% der Kinder sind männlich. Da die untersuchten Lehrkräfte an Schulen tätig sind, die in städtischen Bereichen wie dem nördlichen Ruhrgebiet wie auch in ländlichen Regionen des Münsterlandes liegen, scheint die Stichprobe hinsichtlich des sozio-ökonomischen Umfeldes der Schulen bzw. der Schüler weitgehend repräsentativ zu sein. Daten liegen dazu allerdings leider nicht vor.

Zusammenfassung

Der Vergleich der dieser Untersuchung zugrunde liegenden Stichprobe von 46 Lehrkräften mit einer für Grundschullehrkräfte in NRW weitgehend repräsentativen Stichprobe von 277 Lehrkräften zeigt, dass die Untersuchungsstichprobe (N=46) in allgemeinen soziodemografischen Werten kaum von der 'NRW-Stichprobe' abweicht. Hinsichtlich der in dieser Arbeit interessierenden Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen finden sich in einigen Skalen jedoch deutliche Abweichungen zwischen den beiden Stichproben, so dass in dieser Hinsicht nicht von einer repräsentativen Stichprobe ausgegangen werden kann. Auch bei motivationalen und selbstbezogenen Variablen bezüglich des Unterrichtens von physikbezogenem Sachunterricht zeigen sich z.T. große Abweichungen von der 'NRW-Stich-

probe'. Bei der Untersuchungsstichprobe handelt es sich um Lehrkräfte, die ein stärkeres Interesse am Unterrichten physikbezogenen Sachunterrichts zeigen und auch ihre Kompetenzen in diesem Bereich positiver bewerten. Außerdem vertreten Lehrkräfte der Untersuchungsstichprobe in stärkerem Maße die als 'Conceptual Change', 'Schülervorstellungen' und 'Diskussion von Schülervorstellungen' bezeichneten Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. Die als 'Praktizismus' und 'Transmission' überschriebenen Vorstellungen werden von diesen Lehrkräften weniger stark vertreten als dies bei einer repräsentativen Stichprobe zu erwarten wäre.

Hintergrunddaten zu den Schülern liegen leider kaum vor. Die geografische Verteilung der untersuchten Schulen lässt jedoch den vorsichtigen Schluss zu, dass die Schülerstichprobe als weitgehend repräsentativ angesehen werden kann.

4.4 Erfassung der Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen

In diesem Kapitel werden zunächst verschiedene Verfahren zur Erfassung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen skizziert und es wird dargestellt, welches Verfahren in dieser Studie eingesetzt wird. Anschließend werden Konstrukte beschrieben, die den Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zugrunde liegen und die in dieser Untersuchung erfasst werden sollen. Anschließend werden das Vorgehen bei der Entwicklung eines Instruments zur Erfassung dieser Konstrukte und Methoden zur Analyse dieses Instruments hinsichtlich testtheoretischer Gütekriterien dargestellt.

4.4.1 Verfahren zur Erfassung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen

Bereits die in Kapitel 2.3.2.3 gegebene Übersicht zu Studien, die Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften untersuchen, vermittelt einen Eindruck von der großen Bandbreite an Verfahren, die zur Erfassung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen eingesetzt werden. Auch Calderhead (vgl. 1996), Fischler (vgl. 2001), Thompson (vgl. 1992) und Richardson (vgl. 1996) belegen in ihren Übersichtsartikeln die Verschiedenartigkeit der Verfahren. Calderhead betont, dass in der Forschung zu Lehrerkognitionen allgemein die Präferenz für bestimmte Verfahren stets im Lichte unterschiedlicher Forschungsabsichten zu sehen sei:

„Research on teacher cognitions [...] has been carried out with various purposes in mind, complying with different methodological conventions. This plurality must be borne in mind in any comparisons or synthesis of research findings.“ (Calderhead 1996, S. 713)

Richardson unterscheidet qualitative von eher quantitativ und 'large-scale' orientierten Verfahren (vgl. 1996).

Qualitativ orientierte Ansätze

Insbesondere seit der Etablierung des eingangs skizzierten konstruktivistischen Paradigmas sind zahlreiche Studien zu Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen eher interpretativer Natur und wenden

meist in Fallstudien oder Studien an wenigen Lehrkräften eher qualitative Analyseverfahren an (vgl. Thompson, 1992; Pope & Denicolo, 1993). Sie verfolgen im Allgemeinen das Ziel, tiefere Einsichten in das Unterrichts-bezogene Denken und Wissen von Lehrkräften zu erhalten (vgl. Richardson 1996). Besonders verbreitet sind verschiedene Formen von Interviews zur Erfassung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen. In Stimulated-Recall-Interviews bspw. sollen Lehrkräfte videografierte Sequenzen aus dem eigenen Unterricht kommentieren und erläutern. Auch werden sog. Vignetten, d.h. fiktive, zumeist 'problemhaltige' Unterrichtssituationen, vorgegeben und die Lehrkräfte sollen ihr präferiertes Handeln in dieser Situation schildern. Beobachtung der Lehrkräfte im Unterricht ist ebenfalls ein verbreitetes Verfahren. In diesem Fall werden Lehrervorstellungen gewissermaßen zu einer von außen rekonstruierten Logik des unterrichtlichen Handelns (vgl. Bromme 1992, S. 128-130). Auch die Repertory Grid Technik, Concept-Mapping-, Strukturlege- und narrative Verfahren, die Analyse von schriftlichen Unterrichtsdokumenten der Lehrkräfte sowie lautes Denken werden zur Erfassung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen genutzt (vgl. ausführlicher zur Darstellung, zu Vorteilen und Problemen der Verfahren: Bromme & Hömberg, 1980; Calderhead, 1996; Richardson, 1996; Fischler, 2001).

Quantitativ orientierte Ansätze

In Studien, die wie die Vorliegende Lehrervorstellungen mit Lernerfolgsmaßen bei Schülern in Beziehung setzen und dabei mit größeren Stichproben arbeiten, werden i.d.R. Paper-and-Pencil-Verfahren verwendet (vgl. Richardson, 1996). In der Tradition der sozialpsychologischen Einstellungsforschung kommen insbesondere Fragebogen-Skalen zum Einsatz, die auf den Annahmen der Likert-Skalierung beruhen. Lehrkräfte bringen bei diesem Verfahren ihre Zustimmung zu vorgegebenen Aussagen (hier: über das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften) zum Ausdruck, indem sie eine von mehreren ebenfalls vorgegebenen Antwortalternativen (bspw. 'stimmt völlig' bis 'stimmt überhaupt nicht' in verschiedenen Abstufungen) ankreuzen. Diesem Verfahren liegt die Annahme zugrunde, dass Personen von einer Vorstellung unterschiedlich stark überzeugt sein können. Die in den verschiedenen Items formulierten Vorstellungen können auf einer latenten Merkmalsdimension (Grad der Überzeugung von einer Vorstellung) angeordnet werden und die Stärke der Zustimmung einer Person zu den Items sagt dann dadurch etwas über ihre Position auf der Merkmalsdimension aus (vgl. Rost, 2004, S. 50). Ziel der Erfassung von auf ein Unterrichtsfach oder einen Lernbereich generalisierten Vorstellungen zum Lehren und Lernen ist es in erster Linie, die für eine Person *typische* Ausprägung einer Vorstellung zu messen. Es geht also nicht um die Erfassung „*maximalen* Verhaltens“ (Cronbach, 1970, S. 35 f.; Hervorhebung tk) in der Testsituation, wie dies bspw. bei Leistungstests der Fall wäre.

Wegen der Hauptfragestellung nach Zusammenhängen mit Lernfortschritten der Schüler und des damit verbundenen eher large-scale-orientierten Untersuchungsansatzes werden auch in der vorliegenden Arbeit Likert-basierte Fragebogen-Skalen als zentrales Verfahren zur Erfassung fachspezifischer Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen gewählt.

Vorliegende, large-scale-geeignete Instrumente

Während verschiedene Instrumente für den large-scale-Einsatz vorliegen, die allgemeine, nicht fachspe-

zifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen erfassen (vgl. z.B. Woolley, Benjamin & Woolley, 2004; Torff & Warburton, 2005), sind fachspezifisch ausgerichtete Instrumente noch verhältnismäßig rar. Ein Instrument, das Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften erfasst und dabei die in dieser Untersuchung fokussierten Konstrukte (s. das folgende Teilkapitel) berücksichtigt, lag zum Zeitpunkt der Entwicklung des Instruments, das in der vorliegenden Untersuchung eingesetzt wurde, m.E. nicht vor bzw. war noch nicht veröffentlicht.

Den von McGinnis und Kollegen (vgl. 2002) entwickelten Fragebogen-Skalen liegen andere Konstrukte (z.B. Präferenz für Gruppenarbeit, Präferenz für den Einsatz 'neuer' Medien) zugrunde als die, die in dieser Untersuchung fokussiert werden (s. Kapitel 4.4.2). Das Instrument CLES (Classroom Learning Environment Survey; vgl. Taylor, Fraser & White, 1994) erfasst nicht Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen, sondern deren Einschätzungen, inwieweit sie 'konstruktivistische' Prinzipien in ihrem Unterricht implementiert haben (vgl. auch Haney & McArthur, 2002, S. 784-786). Das von Beck, Czerniak und Lumpe (vgl. 2000) eingesetzte Fragebogen-Instrument basiert auf Items mit Semantischem Differenzial. In der Logik der Theorie der Planned Behavior (s. Kapitel 2.3.3.3) bewerten Lehrkräfte hier vorgegebene Aussagen zu Vor- und Nachteilen (z.B. „It helps increase comprehension“, „Fewer concepts are covered“, S. 329) des untersuchten Verhaltens ('konstruktivistisches Unterrichten' nach Taylor, Fraser & White, 1994) auf einer Rating-Skala. Die Erfassung von Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen ist hier also auf die Bewertung von Wirkungen einer 'konstruktivistisch orientierten Unterrichtsgestaltung' beschränkt.

Mittlerweile haben Porlán und Martin del Pozo (vgl. 2004) das sog. Inventory of Scientific Pedagogical Beliefs (ISPB) publiziert, das teilweise ähnliche Konstrukte wie die in dieser Untersuchung zugrunde gelegten (s. Kapitel 4.4.2) erfasst. Gleiches gilt für ein von Jarvis und Pell (vgl. 2004) eingesetztes Instrument. Mit Ausnahme dieser beiden Instrumente, die zum Zeitpunkt der Entwicklung des in der vorliegenden Untersuchung eingesetzten Instruments noch nicht publiziert waren, liegt also kein geeignetes Instrument vor, das zur Erfassung der in dieser Arbeit interessierenden Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften eingesetzt werden könnte.

Validitätsprobleme quantitativer Verfahren

Quantitative Verfahren zur Erfassung fachspezifischer Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen stehen in der Gefahr, wenig valide Ergebnisse hervorzubringen (vgl. Richardson, 1996; Fischler, 2001). In Fragebögen vorgegebene Vorstellungen zum Lehren und Lernen könnten bspw. gar nicht den Sichtweisen von Lehrkräften auf das Lehren und Lernen entsprechen (vgl. Richardson, 1996). Auf diese Weise würden „bogus data“, also 'Schein-Daten' erfasst (Kagan, 1990, S. 426, zit. n. Baxter & Lederman, 1999). Kritik an quantitativen Verfahren bezieht sich auch auf den o.g. Befund, dass Lehrkräfte vermeintlich widersprüchliche Vorstellungen zum Ausdruck bringen. Werden Vorstellungen der Lehrkräfte, wie in verschiedenen quantitativ orientierten Studien üblich (z.B. Staub & Stern, 2002), auf nur einer Dimension, die bspw. durch die Pole 'reformorientiert' vs. 'traditionell' oder 'konstruktivistisch' vs. 'transmissiv' aufgespannt ist, abgebildet, so ist dies mit dem genannten Befund nicht vereinbar, da ein und dieselbe Lehrkraft sowohl 'konstruktivistische' als auch 'transmissive' Vorstellungen äußern kann.

Wenn Vorstellungen zum Lehren und Lernen als „espoused theories“ im Sinne Schöns (1983) erfasst werden sollen, besteht wie bei vielen auf Selbstauskünften basierenden Verfahren das Problem von 'sozial erwünschten' Antworten. Stimmen Lehrkräfte nur den als pädagogisch wünschenswert erkannten Aussagen zu, statt ihre 'wahren' Vorstellungen zum Ausdruck zu bringen, so ist die Validität der gewonnenen Daten ebenfalls zumindest beeinträchtigt. Mit diesem Problem sind natürlich prinzipiell auch eher qualitativ orientierte Verfahren, die auf Selbstauskünften basieren, konfrontiert.

Zum Umgang mit Validitätsproblemen in der vorliegenden Studie

Den beschriebenen Problemen wird im Rahmen der Entwicklung und Analyse eines Instruments zur Erfassung Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen in folgender Weise begegnet:

- ◆ Wie in Kapitel 2.3.2.3 dargestellt, liegen bereits zahlreiche qualitative Studien vor, die Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften intensiv untersucht haben. Die Befunde dieser Studien können bei der Entwicklung eines auf Likert-Skalen basierenden Instruments berücksichtigt werden. Auf diese Weise kann weitgehend vermieden werden, dass die in den Items vorgegebenen Kategorien nicht den Kategorien des Denkens der Lehrkräfte entsprechen.
- ◆ Statt von einer eindimensionalen Struktur der Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften auszugehen, wird eine mehrdimensionale Erfassung der Vorstellungen der Lehrkräfte angestrebt.
- ◆ Außerdem scheint eine Prüfung der Validität der konstruierten Skalen zur Erfassung der Vorstellungen der Lehrkräfte notwendig. Dies soll u.a. in Anlehnung an das Multitrait-Multimethod-Verfahren (s. Kapitel 4.4.4.5) geschehen, das eine Erfassung der Lehrervorstellungen mit verschiedenen Methoden voraussetzt. Zusätzlich zum Einsatz der Fragebogen-Skalen werden daher noch Interviews mit einem Teil der Lehrkräfte geführt (s. Kapitel 4.4.4.5). Verschiedene Erfassungsmethoden zu kombinieren, wird wegen der methodischen Probleme der verschiedenen Verfahren zur Erfassung von Lehrervorstellungen empfohlen (vgl. Richardson, 1996; Fischler, 2001).
- ◆ Wie in Kapitel 2.3.2.1 beschrieben werden Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften in dieser Arbeit wie in den meisten Studien zu Lehrervorstellungen, die auf das Lehren und Lernen in einem Fach bezogen sind, als *situationsübergreifende* Vorstellungen verstanden, die aus Selbstauskünften der Lehrkräfte („espoused theories“) geschlossen werden. Probleme der Erfassung direkt handlungsbegleitender Kognitionen (vgl. Bromme & Hömberg, 1980), die Schön als „in-action theories“ bezeichnet hat (1983), stellen sich daher nicht. Auf Annahmen zur handlungsregulativen Funktion situationsübergreifender Vorstellungen wurde in Kapitel 2.3.3 eingegangen.

4.4.2 Zu erfassende Konstrukte

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu prüfen, inwiefern Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit Lernfortschritten der Schüler in Beziehung stehen.

Dabei werden Vorstellungen der Lehrkräfte als latente Eigenschaften verstanden, die aus Äußerungen der Lehrkräfte, in diesem Fall der Zustimmung zu vorgegebenen Aussagen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, geschlossen werden (espoused theories, s. Kapitel 2.3.2.1). Die Ableitung der latenten Konstrukte, die in dieser Arbeit erfasst werden sollen, geschah vor dem Hintergrund der Ergebnisse zweier Forschungsbereiche: Den in Kapitel 2.3.2.3 dargestellten Befunden zu inhaltlichen Ausprägungen der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften sowie den in Kapitel 2.2 beschriebenen Forschungen zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen. Setzt man die gefundenen Vorstellungen der Lehrkräfte mit den Ansätzen und Befunden der naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung in Beziehung, so lassen sich die Vorstellungen der Lehrkräfte, wie bereits bei der Beschreibung der Fragestellungen in Kapitel 3 angedeutet, in drei Bereiche gliedern:

- (1) Von besonderem Interesse sind die Lehrervorstellungen, die in weitgehender Übereinstimmung mit den in der naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung entwickelten Sichtweisen stehen. Bei diesen Vorstellungen der Lehrkräfte werden positive Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler erwartet.
- (2) Eine weitere Gruppe von gefundenen Vorstellungen der Lehrkräfte lässt vor dem Hintergrund der Ergebnisse naturwissenschaftlicher Lehr-Lern-Forschung negative Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler erwarten.
- (3) Eine dritte Gruppe von Lehrervorstellungen ist im Hinblick auf zu erwartende Effekte auf Lernzuwächse der Schüler eher indifferent zu bewerten.

In der folgenden Tabelle sind die Konstrukte, die in der vorliegenden Untersuchung erfasst werden sollen, den drei genannten Gruppen zugeordnet.

Tabelle 6

Beschreibung der zu erfassenden Konstrukte: Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften

Konstrukt	Beschreibung
<i>Gruppe 1</i>	
'Motiviertes Lernen'	Lehrkräfte betonen die Notwendigkeit motivierten Lernens: Es wird hervorgehoben, dass motiviertes Lernen wichtig für verstehendes Lernen sei. Schüler müssten motiviert sein, sich mit den Inhalten auseinander zu setzen. Interesse-geleitetes Lernen wird als besonders günstig im Hinblick auf verstehendes Lernen angesehen. Es wird betont, dass geistiges Engagement (im Sinne kognitiver Aktivität) für erfolgreiches Lernen erforderlich sei.
'Conceptual Change'	Gemäß dieser Vorstellung erfordert naturwissenschaftliches Lernen aktive Umstrukturierungsprozesse vorhandener Vorstellungen seitens der Schüler. Der Erwerb eines naturwissenschaftlichen Verständnisses ist dieser Vorstellung zufolge oft ein gradueller Prozess. Der Aufbau sachlich adäquaterer Vorstellungen erfordert z.T. viel Zeit. Das Lehren zielt auf die Veränderung vorhandener Vorstellungen ab. Die Konfliktstrategie stellt eine Möglichkeit dar, Conceptual Change bei den Schülern zu begünstigen.
'Schülervorstellungen'	Lehrkräfte zeigen eine Vorstellung von vorunterrichtlichen Schülervorstellungen, die mit den in Kapitel 2.2.3.1 beschriebenen Sichtweisen dieser Schülerkognitionen weitgehend übereinstimmt. Schülervorstellungen werden als erfahrungsbasierte Vorstellungen verstanden, die sachlich angemessenen Vorstellungen z.T. entgegen stehen und Lernschwierigkeiten verursachen können. Eine solche Vorstellung von Schülervorstellungen unterscheidet sich von einer ebenfalls in Studien zu Vorstellungen von Grundschullehrkräften berichteten Vorstellung, der zufolge naturwissenschaftliches Vorwissen der Schüler eher in einem quantitativen Sinne (Schüler mit 'viel' oder 'wenig' Vorwissen) oder in

Konstrukt	Beschreibung
	einem eher diffusen 'Vorerfahrungs-Verständnis' gesehen wird.
'Anwendungsbezogenes Lernen'	Dieser Vorstellung zufolge können Schüler erworbenes Wissen besser, d.h. flexibler anwenden, wenn im Unterricht Bezüge zum 'Alltag' bzw. zur 'Lebenswelt' der Schüler hergestellt werden.
'Diskursives Lernen'	Schüler sollten gemäß dieser Vorstellung angeregt werden, ihre Vorstellungen zu den thematisierten Naturphänomenen oder Problemstellungen zu diskutieren. Die Diskussion der Vorstellungen soll die Schüler anregen, ihre Vorstellungen zu überprüfen und ggf. zu modifizieren. Auch die Diskussion von sachlich nicht angemessenen Schülervorstellungen wird befürwortet und nicht im Sinne einer 'Fehlervermeidungsstrategie' abgelehnt.
'Angeleitetes Lernen'	Lehrkräfte betonen die Notwendigkeit der Anleitung und Unterstützung von Lernprozessen der Schüler. Sie sehen bspw. Hilfen bei der Umsetzung eigener Ideen für Experimente oder die Strukturierung von Gesprächen zur Auswertung von Versuchen vor.
Gruppe 2	
'Transmission'	Der Lehrkraft wird die Aufgabe zugesprochen, Wissen 'direkt' zu vermitteln. Z.T. geschieht dies unter Rückgriff auf eine Sender-Empfänger-Metapher. Schüler werden als passive Rezipienten naturwissenschaftlichen Wissens angesehen. Oft liegt eine behavioristisch orientierte Sichtweise von Lernen zugrunde. Lehrkräfte mit einer solchen Vorstellung betonen die Notwendigkeit des Erklärens von Sachverhalten sowie der Richtigstellung bzw. Korrektur von sachlich nicht angemessenen Aussagen ('Fehlern') der Schüler. Diese Vorstellung ist auch als 'didactic-oriented', 'traditional', 'knowledge disseminating' oder 'surface approach' bezeichnet worden (s. Kapitel 2.3.2.3).
'Praktizismus'	Gemäß dieser Vorstellung werden äußere Aktivität der Schüler mit Lernen gleichgesetzt (Prawat, 1992; Mayer, 2004). Handlungserfahrungen in Form von Experimenten und Versuchen zur Veranschaulichung von naturwissenschaftlichen Prozessen oder Konzepten werden als hinreichende Bedingung für den Erwerb naturwissenschaftlichen Wissens erachtet. Diese Vorstellung ist auch als 'naiver Konstruktivismus' oder 'activity-driven conception' bezeichnet worden (s. Kapitel 2.3.2.3).
Gruppe 3	
'Entwicklung eigener Deutungen'	Schüler sollten dieser Vorstellung zufolge im naturwissenschaftlichen Unterricht eigene Deutungen und Erklärungsansätze (Ideen) zu Naturphänomenen und naturwissenschaftlichen Problemstellungen entwickeln. Dies sei dem Geben früher Erklärungen oder Hilfestellungen durch die Lehrkraft vorzuziehen. Zur Beschreibung der Deutungen und Erklärungsansätze sollten Schüler eigene Formulierungen (in Abgrenzung zur Terminologie der naturwissenschaftlichen Fachsprache) verwenden dürfen.

In den genannten Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften vermischen sich z.T. die in Kapitel 2.3.2.1 zum Zweck der Auswahl relevanter Studien beschriebenen Gegenstandsbereiche von Vorstellungen zum Lehren und Lernen.

- ◆ Vorstellungen über das Lehren, die sich auf die Angebotsstruktur von Unterricht und somit gewissermaßen auf 'guten' bzw. 'weniger guten' Unterricht 'an sich' beziehen (principles of teaching).
- ◆ Vorstellungen über das Lehren, die sich auf die Wirksamkeit bestimmter Unterrichtsangebote mit Blick auf die Erreichung von Zielen bei den Schülern beziehen. Vorstellungen über angestrebte Zielsetzungen des Lehrens im jeweiligen Fach fließen hier mit ein.
- ◆ Vorstellungen über das Lernen, die sich auf individuelle Verarbeitungs- bzw. Lernprozesse und individuelle Lernvoraussetzungen (bspw. das Vorwissen) der Schüler beziehen.

Eine systematische Trennung dieser Aspekte bei der Beschreibung von zu erfassenden Vorstellungen von Lehrkräften scheint jedoch wenig sinnvoll, da diese Aspekte in Vorstellungen der Lehrkräfte meist integriert und eng aufeinander bezogen vorliegen, wie in Kapitel 2.3.2.2 aufgezeigt wurde. Die in einigen Studien zu Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften berichtete Vorstellung 'Orientierung an naturwissenschaftlichen Verfahren' ('processes'), der

zufolge Schüler naturwissenschaftliche Verfahren im Unterricht praktizieren und erlernen sollten, wird wegen der Nähe zu Vorstellungen über die Philosophie von Naturwissenschaften nicht mit erfasst.

4.4.3 Itemgewinnung und Vortestung

Itemgewinnung

In Kapitel 4.4.1 wurde dargelegt, dass ein geeignetes, auch bei größeren Stichproben einsetzbares Instrument zur Erfassung der in dieser Untersuchung interessierenden Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften noch nicht vorliegt. Für die Entwicklung eines geeigneten Instruments wurden daher Items aus vorliegenden Instrumenten adaptiert und z.T. auch neu konstruiert.

Für die Adaption von Items wurden insbesondere zwei Instrumente herangezogen: (1.) Das von Huijbregtse, Korthagen und Wubbels (vgl. 1994) eingesetzte Instrument zur Erfassung von Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren von Physik und (2.) das Instrument, das Staub und Stern (vgl. 2002) auf der Basis des Fragebogens von Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (vgl. 1989) sowie einer Skala von Cobb et al. (vgl. 1991) ins Deutsche adaptiert haben. Dieses Instrument erfasst, wie bereits beschrieben, bei Grundschullehrkräften eine konstruktivistische vs. eine transmissive Sichtweise des Lehrens und Lernens von Mathematik. Weitere Anregungen für die Entwicklung von Items entstammen einem von Gao und Watkins in China entwickelten Instrument (School Physics Teachers' Conceptions of Teaching (SPTCT; vgl. Gao & Watkins, 2002) sowie dem o.g. CLES-Instrument (vgl. Taylor, Fraser & White, 1994), das Selbsteinschätzungen von Lehrkräften zur Implementation konstruktivistisch orientierten naturwissenschaftlichen Unterrichts erfasst.

Sowohl bei der Adaption vorhandener Items als auch bei der Neuentwicklung von Items wurde darauf geachtet, dass die beschriebenen Aussagen zum Lehren und Lernen in Einklang mit den in qualitativen Studien gefundenen Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften stehen. Es wurde versucht, möglichst Formulierungen aufzugreifen, die in Interview-Studien berichtet wurden. Die Formulierung der Aussagen sollte kurz und verständlich sein. Außerdem wurde darauf geachtet, dass die im vorigen Kapitel beschriebenen Konstrukte in den verschiedenen Items möglichst sowohl in positiver wie auch in negativer Wendung repräsentiert sind. Als Antwortformat wurde eine fünf-stufige Skala mit den verbalen Marken 'stimmt völlig', 'stimmt ziemlich', 'stimmt teils-teils', 'stimmt wenig' und 'stimmt gar nicht' gewählt. Bei diesen Marken kann in Anlehnung an Rohrman (vgl. 1978) davon ausgegangen werden, dass sie von den Urteilern als weitgehend äquidistant angesehen werden. Der ursprüngliche Itempool, der für die Vortestung zur Verfügung stand, umfasste 126 Items.

Vortestung

Die Vortestung der Items und der daraus konstruierten Skalen geschah in drei Wellen. In den ersten beiden Vortests wurden die Items und Skalen auf der Basis von Ansätzen der klassischen Testanalyse untersucht und revidiert, in der dritten Welle zusätzlich auf der Grundlage von Ansätzen der probabilis-

tischen Testtheorie (s. Kapitel 4.4.4.3).

In einem ersten Vortest wurden die Items 30 Absolventen des Studiums für das Lehramt Primarstufe sowie 5 Grundschullehrkräften vorgelegt. Mit sechs der 35 Personen wurde ein Interview geführt, in dem die (angehenden) Lehrkräfte gebeten wurden, bei der Bearbeitung der Items in eigenen Worten auszudrücken, wie sie die vorgegebenen Aussagen zum Lehren und Lernen verstehen, und auch mögliche Verständnisprobleme zu äußern. Die übrigen 29 Personen wurden gebeten, Verständnisschwierigkeiten oder andere Probleme bei der Bearbeitung der Items schriftlich auf dem Fragebogen zu notieren. Sowohl in den Interviews wie auch in den Fragebögen zeigte sich ein insgesamt geringer Anteil an Items, bei denen Verständnisprobleme geäußert oder andere Anmerkungen gemacht wurden. Auf der Grundlage der Hinweise der 35 Personen wurden die Aufgaben überarbeitet. Als Indikatoren für die Schwierigkeit und Streuung der Items wurden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Extrem leichte bzw. schwierige Aufgaben (Mittelwerte größer 3.5 bzw. kleiner 0.5 bei einer Skalierung von 0-4) wurden ebenso wie Items mit sehr geringer Streuung modifiziert oder entfernt.

116 Items gingen in einen zweiten Vortest ein. Die Stichprobe bestand aus 96 Personen, davon 61 Absolventen des Studiums für das Lehramt Primarstufe (35 der Universität Erlangen-Nürnberg, 13 der Universität Hildesheim und 13 der Universität Regensburg) sowie 35 Grundschullehrkräften. Zur Skalenkonstruktion wurden explorative Faktorenanalysen und Berechnungen zur internen Konsistenz (Cronbachs Alpha; Werte sollten nicht unter .6 liegen) herangezogen. Trennschärfen wurden mittels korrigierter Item-Skalenwert-Korrelationen untersucht (Items mit Werten unter .2 wurden modifiziert oder entfernt). Bei Items mit niedriger Trennschärfe wurde zusätzlich geprüft, ob die Häufigkeitsregression (vgl. Lienert & Raatz, 1998) monoton steigend ist. Als Maße für Itemschwierigkeit und Streuung wurden wieder Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet.

Wichtiges Ergebnis dieses zweiten Vortests war, dass sich eines der o.g. Konstrukte mit den gewählten Items nicht so wie vorgesehen erfassen ließ. Bei den Items, die dem Konstrukt 'Angeleitetes Lernen' zugeordnet waren, bestanden nur die Items die Vortestung, die dieses Konstrukt in negativer Wendung beschreiben. Die so gebildete Skala erfasst jetzt eine als '*Laisser-faire*' zu bezeichnende Vorstellung zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, der zufolge prozessbezogene Hilfestellungen der Lehrkraft, wie eine strukturierende Gesprächsführung oder Hilfen bei der Entwicklung von Experimenten, nicht notwendig sind. Für diese Vorstellung werden analog zu der als 'Praktizismus' bezeichneten Vorstellung ebenfalls negative Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler erwartet.

Die Anzahl der Items wurde auf der Basis der Analysen auf 64 reduziert. Diese Items gingen in einen dritten Vortest an einer größeren Stichprobe von 277 Grundschullehrkräften ein, die bereits im Zusammenhang mit der Prüfung der Repräsentativität der eigentlichen Untersuchungsstichprobe der vorliegenden Studie beschrieben wurde. Auf der Basis der bereits im zweiten Vortest zugrunde gelegten Kriterien wurden weitere 17 Items entfernt, so dass das endgültige Instrument jetzt 47 Items umfasst. Die Analyse zentraler Gütekriterien dieses Instruments wird im folgenden Kapitel beschrieben.

4.4.4 Analyse der Items und Skalen zur Erfassung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften

In diesem Kapitel wird das Vorgehen bei der Analyse von Eigenschaften der entwickelten Items und Skalen beschrieben. Bevor auf Gütekriterien der konstruierten Skalen wie deren Reliabilität und Validität eingegangen wird, wird beschrieben, wie anhand von Faktorenanalysen inhaltliche Dimensionen der Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften bestimmt werden. Diese Dimensionen sind die Grundlage für die Zusammenstellung von Skalen, die unterschiedliche Lehrervorstellungen erfassen sollen. Die Interpretation von quantitativen Skalenwerten (z.B. Mittelwerte oder Summenwerte) setzt jedoch eine Prüfung voraus, ob die einzelnen Skalen überhaupt jeweils eine quantitative Eigenschaft (hier die Stärke, mit der eine Vorstellung zum Lehren und Lernen vertreten wird) erfassen. Diese Prüfung ist mit Ansätzen der klassischen Testtheorie nicht möglich, kann aber mit Verfahren der probabilistischen Testtheorie (Item Response Theory) erfolgen. Kann nachgewiesen werden, dass den entwickelten Skalen, wie angenommen, ein quantitatives Messmodell zugrunde liegt, stellt dieses einen Hinweis auf interne Validität dar. Das hier gewählte Verfahren zur Prüfung der internen Validität wird in Abschnitt 4.4.4.3 beschrieben. Ist die Interpretation quantitativer Messwerte legitimiert, können Analysen der Messwerte auf der Basis der klassischen Testtheorie vorgenommen werden (vgl. Rost, 2004). In Abschnitt 4.4.4.4 wird knapp skizziert, welche Kennwerte zur Beschreibung der Eigenschaften der konstruierten Items und Skalen berechnet werden. Wie bereits angedeutet, ist die quantifizierende Erfassung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen oft mit Problemen der Validität behaftet. In Abschnitt 4.4.4.5 wird daher ausführlicher beschrieben, auf welche Weise die Validität der Messwerte eingeschätzt wird. Im Folgenden wird zunächst kurz beschrieben, welche Stichproben den Testanalysen zugrunde liegen.

4.4.4.1 Stichproben

Für die Testanalysen wurden zwei Stichproben verwendet: Die eigentliche Untersuchungsstichprobe von 46 Lehrkräften und die Stichprobe des dritten Vortests mit 277 Lehrkräften. Diese größere Stichprobe wurde genutzt

- ◆ zur Untersuchung der Dimensionalität der erfassten Lehrervorstellungen auf der Basis von Faktorenanalysen,
- ◆ zur Prüfung der internen Validität der Skalen auf der Basis eines Ansatzes der probabilistischen Testtheorie und
- ◆ für einen Teil der Analysen zur Einschätzung der Konstruktvalidität der entwickelten Skalen.

Die Reliabilität der Skalenwerte und Trennschärfen der Items im Sinne der klassischen Testtheorie werden für die eigentliche Untersuchungsstichprobe von 46 Lehrkräften berichtet. Für Analysen zur Konstruktvalidität der Messwerte wurden neben der o.g. Stichprobe von 277 Lehrkräften auch Daten der Untersuchungsstichprobe von 46 Lehrkräften herangezogen, zuzüglich solcher Lehrkräfte, die ebenfalls fortgebildet wurden, für die aber keine Daten zu Lernfortschritten ihrer Schüler vorliegen (s. auch Abschnitt 4.4.4.5 zur Konstruktvalidität).

4.4.4.2 Faktorenanalysen zur Untersuchung der Dimensionalität der Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen

Ergebnisse aus Faktorenanalysen im Rahmen des zweiten Vortests deuteten bereits darauf hin, dass sich die angenommenen Konstrukte mit Ausnahme der o.g. Abweichungen beim Konstrukt 'Angeleitetes Lernen' auch empirisch in den Antworten der Lehrkräfte widerspiegeln. Allerdings bestand die dabei verwendete Stichprobe noch zu einem großen Anteil aus Studienabsolventen. Zudem war das Verhältnis von Personen (96) zu Items (116 bzw. nach Itementfernung noch 64) ungünstig, so dass die Ergebnisse nur sehr vorläufigen Charakter haben.

Mit Hilfe explorativer Faktorenanalysen (Hauptkomponentenanalyse) auf der Basis der dritten Vortest-Stichprobe soll die Dimensionalität der erfassten Lehrervorstellungen zuverlässiger ermittelt werden. Eine entscheidende Frage ist dabei, wie viele Faktoren zu extrahieren sind. Zur Bestimmung der Anzahl der zu extrahierenden Faktoren liegen verschiedene Verfahren vor. Das in SPSS voreingestellte Verfahren, das sog. Kaiser-Guttman-Kriterium, dem zufolge Faktoren mit einem Eigenwert größer 1 zu extrahieren sind, überschätzt jedoch i.d.R. die Zahl der Faktoren (vgl. Zwick & Velicer, 1986). Ein grafisches Verfahren zur Ermittlung der Faktoranzahl stellt der Scree-Test dar. Dabei wird in der grafischen Darstellung des Eigenwerteverlaufs (Scree-Plot) nach einem bedeutsamen Eigenwerteabfall (zu erkennen an einem 'Knick' im Verlauf) gesucht. Diese Methode hat sich zwar weitgehend bewährt, ist aber wegen ihrer Subjektivität kritisiert worden (vgl. Tabachnick & Fidell, 2001). Nach Angabe verschiedener Autoren stellt die Parallelanalyse die beste Extraktionsmethode dar (vgl. Zwick & Velicer, 1986; Fabrigar, Wegener, MacCallum & Strahan, 1999; O'Connor, 2000). Bei der Parallelanalyse werden aus normalverteilten Zufallsvariablen Eigenwerte gebildet. Extrahiert werden dann nur die Faktoren, deren Eigenwerte größer sind als die 'zufälligen' Eigenwerte. Zur Generierung der 'zufälligen' Eigenwerte wurde eine SPSS-Syntax verwendet, die O'Connor angibt (vgl. 2000). Wie Beauducel in einer Simulationsstudie zeigt, tendiert die Parallelanalyse jedoch, sofern eine starke Hauptkomponente vorliegt, zu einer Unterschätzung der Faktorenzahl (vgl. 2001). Generell wird empfohlen, verschiedene Kriterien zu berücksichtigen und auch der inhaltlichen Plausibilität der extrahierten Faktoren großes Gewicht beizumessen (vgl. Bühner, 2004, S. 161).

Neben der Frage, wie viele Dimensionen den Antworten der Lehrkräfte auf die vorgegebenen Items zugrunde liegen, soll untersucht werden, inwieweit in diesen Dimensionen die Konstrukte repräsentiert sind, die der Fragebogenentwicklung zugrunde lagen. Eine solche eher hypothesenprüfende Vorgehensweise würde die Durchführung konfirmatorischer Faktorenanalysen nahe legen. Auf die Anwendung dieser Verfahren wird jedoch verzichtet, da keine hinreichend große zweite Stichprobe vorliegt, an der die mittels explorativer Faktorenanalyse gebildeten Dimensionen kreuzvalidiert werden könnten (vgl. Bühner, 2004).

Im Kapitel zu Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen (Kapitel 2.3.2) wurde beschrieben, dass verschiedene Vorstellungen der Lehrkräfte, die in bisherigen Studien identifiziert wurden, nicht unabhängig voneinander sind, sondern z.T. kovariieren (vgl. z.B. die Ergebnisse bei Brunner et al., 2006). Eine Extraktion orthogonaler, unkorrelierter Faktoren würde diesem Befund widersprechen. Es soll daher bei den Faktorenanalysen nicht die Varimax-, sondern die Promaxrotation verwendet wer-

den, die als oblique Rotationstechnik korrelierte Faktoren zulässt (vgl. Tabachnick & Fidell, 2001).

Die Analyse der faktoriellen Struktur der entwickelten Fragebogenskalen ist nicht nur in testtheoretischer Perspektive interessant, sondern auch im Hinblick auf Fragen der Beschaffenheit der Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen. So können die Ergebnisse der Faktorenanalysen Erkenntnisse zur Frage der Dimensionalität der Vorstellungen von Grundschullehrkräften über das Lehren und Lernen von Naturwissenschaften liefern. Spiegeln sich in den empirisch gefundenen Faktoren die angenommenen Konstrukte wider, so kann dies als Hinweis auf die Konstruktvalidität der entwickelten Skalen gesehen werden.

4.4.4.3 Interne Validität: Legitimation der Interpretation quantitativer Messwerte

Ein Test kann als intern valide bezeichnet werden, wenn sich Annahmen über das Antwortverhalten der Probanden anhand der gewonnenen Daten bestätigen lassen (vgl. Rost, 2004, S. 35). Die Entwicklung der beschriebenen Skalen basiert auf der Annahme, dass ihnen ein quantitatives Testmodell zugrunde liegt: Sie sollen die Stärke quantifizieren, mit der Lehrkräfte eine bestimmte Vorstellung zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften vertreten. Dies bedeutet, dass alle untersuchten Lehrkräfte die Items einer Skala aufgrund derselben Eigenschaft oder Fähigkeit bearbeiten. Alternativ wäre denkbar, dass das Antwortverhalten der Lehrkräfte bei den Items einer Skala auf qualitativen Personenunterschieden basieren würde: Dies käme in unterschiedlichen Antwortmustern zum Ausdruck. In diesem Fall würden verschiedene Personengruppen die Items aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften bzw. Fähigkeiten beantworten. Kann nachgewiesen werden, dass, wie angenommen, ein quantitatives Testmodell den Daten besser entspricht als ein qualitatives, so kann dies als Hinweis auf interne Validität des Tests interpretiert werden (vgl. Rost, 2004, S. 35 f.; Embretson, 2007). In diesem Fall stellen Mittel- oder Summenwerte über die Items eine „suffiziente Statistik“ (Rost, 2004, S. 114) für die Merkmalsausprägung einer Person dar, d.h. sie enthalten alle Informationen über die Merkmalsausprägung und Antwortprofile müssen nicht betrachtet werden.

Ob die entwickelten Skalen wie erwartet quantitative Ausprägungen einer Eigenschaft (hier einer bestimmten Vorstellung zum Lehren und Lernen) und nicht qualitative Personenunterschiede messen, kann mit Verfahren der Item Response Theory beantwortet werden. Rost schlägt vor, die Passung des eindimensionalen Rasch-Modells mit der Passung des Mixed-Rasch-Modells mit zwei oder mehreren Klassen zu vergleichen (vgl. 2004, S. 347-351). Das eindimensionale Rasch-Modell beschreibt quantitative Unterschiede auf einer latenten Merkmalsdimension, das Mixed-Rasch-Modell mit zwei oder mehr Klassen hingegen zwei oder mehrere latente Personenpopulationen, die zueinander heterogen sind.

Für den Vergleich der Modellpassung wird empfohlen, auf informationstheoretische Maße (sog. Model-Fit-Indizes) wie den C-AIC (Consistent Akaike Information Criterion) oder den BIC (Bayes Information Criterion) zurückzugreifen (vgl. Rost, 2004, S. 339-344). Da in den entwickelten Items die Zustimmung zu vorgegebenen Aussagen anhand einer fünf-stufigen Skala erfragt wird, kann nicht das einfache Rasch-Modell für dichotome Antworten verwendet werden, sondern es muss eine Variante des Rasch-Modells für ordinale Antwortformate, das sog. Partial-Credit-Modell (vgl. Rost, 2004), angewendet werden. Auch im Falle der Mixed-Rasch-Modelle mit zwei oder mehr Klassen muss auf die ent-

sprechende Partial-Credit-Variante zurückgegriffen werden.

In der anglo-amerikanischen Literatur wird heterogenes Antwortverhalten in Subpopulationen auch als 'Differential Item Functioning (DIF)' diskutiert, wobei hier 'nur' einzelne Items darauf hin untersucht werden, ob sie von bestimmten Personengruppen (z.B. Männern und Frauen) verschieden bearbeitet werden (vgl. Zumbo, 1999).

4.4.4.4 Zentrale Kennwerte der Items und Skalen

Stellen Mittelwerte oder Summenwerte, die über die Items einer Skala gebildet werden, eine suffiziente Statistik des zu erfassenden Merkmals dar (s. vorigen Abschnitt), kann die Qualität von Items und Skalen mit Verfahren der klassischen Testtheorie weitergehend analysiert werden (vgl. Rost, 2004). Als zentrale Kennwerte im Sinne der klassischen Testtheorie werden folgende Statistiken berechnet:

Mittelwerte und Standardabweichungen der Items werden als Maß für deren Schwierigkeit und Streuung angegeben. Trennschärfen der Items werden mittels korrigierter Item-Skalenwert-Korrelationen (r_{it}) berechnet. Die Korrektur stellt dabei sicher, dass keine Itemvarianz in die Varianz des Skalenwertes eingeht, was die Item-Skalenwert-Korrelation und damit die Trennschärfe überschätzen würde. Item-Skalenwert-Korrelationen weisen zwar aus testtheoretischer Perspektive einige Probleme auf, sind jedoch „unter praktischen Gesichtspunkten [eine] sehr brauchbare Operationalisierung des Trennschärfebegriffs“ (Rost, 2004, S. 369). Die Reliabilität der Skalenwerte wird als interne Konsistenz der Skalen mit Hilfe von Cronbachs Alpha-Werten eingeschätzt (vgl. Bühner, 2004; Rost, 2004).

4.4.4.5 Konstruktvalidität

Die Hauptfragestellung dieser Arbeit nach Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten kann, wie bereits angedeutet, auch als Frage der prädiktiven Validität der erfassten Lehrervorstellungen verstanden werden. In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie ein weiterer zentraler Aspekt der Validität der erfassten Lehrervorstellungen, die Konstruktvalidität, geprüft werden soll. Ein Test ist konstruktvalid, wenn er eine Eigenschaft oder Fähigkeit misst, die er auch messen soll (vgl. Bühner, 2004).

Eine Möglichkeit, Konstruktvalidität abzuschätzen, besteht darin zu prüfen, ob sich angenommene Konstrukt-Dimensionen empirisch mittels Faktorenanalysen rekonstruieren lassen. Die in Kapitel 5.1.1.1 berichteten Ergebnisse der Faktorenanalysen können also auch im Hinblick auf Konstruktvalidität der entwickelten Skalen interpretiert werden. Da jedoch mangels einer zweiten ausreichend großen Stichprobe zur Kreuzvalidierung nur explorative und keine konfirmatorischen Faktorenanalysen berechnet werden, ist die Tragfähigkeit dieser Schlüsse auf Konstruktvalidität eingeschränkt.

Eine gute Möglichkeit, die Konstruktvalidität eines Instrumentes einschätzbar zu machen, ist das Multitrait-Multimethod-Verfahren (MTMM; vgl. Campbell & Fiske, 1959). Bei diesem Ansatz werden zwei Bestandteile der Konstruktvalidität unterschieden: Konvergente und diskriminante Validität. Konvergente Validität liegt vor, wenn verschiedene Methoden dasselbe Konstrukt übereinstimmend messen. Von diskriminanter Validität kann gesprochen werden, wenn sich das interessierende Konstrukt

von anderen verwandten Konstrukten unterscheidet. Enge Korrelationen des Zielkonstrukts mit den verwandten Konstrukten würden eine niedrige diskriminante Validität anzeigen (vgl. Bühner, 2004).

Um die konvergente Validität beurteilen zu können, wurden die Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften nicht nur per Fragebogen-Skalen erfasst, sondern auch in teil-strukturierten Interviews. Im Folgenden werden zunächst die Anlage und Auswertung der Interviews dargestellt. Anschließend werden das MTMM-angelehnte Verfahren und entsprechende Hypothesen beschrieben.

Teilstrukturierte Interviews

Mit 29 Lehrkräften wurden nach den o.g. Fortbildungen teilstrukturierte Interviews geführt, in denen u.a. Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften erfasst wurden. Ein wichtiges Ziel dieser Interviews für die Validierung der Fragebogenskalen ist, von den Lehrkräften nicht nur eine Positionierung zu vorgegebenen Aussagen zu Vorstellungen zum Lehren und Lernen zu erhalten, sondern auch weitgehend frei gewählte Antworten.

Der Interview-Leitfaden wurde in Anlehnung an vorliegende Leitfäden (vgl. Gustafson & Rowell, 1995; Labudde, 2000; Levitt, 2002) entwickelt. Er umfasst 17 Fragen zu Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften. Darunter sind bspw.:

- Gibt es Lehrstrategien, Lehrmethoden oder Unterrichtsprinzipien, die nach Ihrer Ansicht besonders effektiv sind, um Kinder beim Lernen von Naturwissenschaften zu unterstützen?
- Zu welchem Zweck setzen Sie Experimente im SU ein?
- Wie sehen Sie Ihre Funktion bzw. Ihre Rolle in Unterrichtsgesprächen?
- Welche Bedeutung hat Ihrer Ansicht nach das Vorwissen der Kinder für das Lernen der Kinder?

In Anlehnung an Hashweh (vgl. 1996) wurde folgende 'Vignette' vorgegeben: Stellen Sie sich vor: In einem Unterrichtsgespräch merken Sie, dass ein oder mehrere Kinder eine ganz falsche Vorstellung oder eine ganz falsche Erklärung haben. Wie würden Sie damit umgehen?

Die Antworten der Lehrkräfte wurden transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2003) ausgewertet. Es wurde dabei die 'inhaltliche Strukturierung' (vgl. Mayring, 2003, S. 89, 82-85) verwendet. Die Kategorien wurden in enger Anlehnung an die Items des Fragebogens gebildet. Zusätzlich wurden einige Kategorien aufgenommen, die der Bestimmung der diskriminanten Validität der Fragebogenskalen dienen. Diese Kategorien werden im folgenden Abschnitt beschrieben.⁴ Bewertet wurde je Interview-Frage, ob die in einer Kategorie beschriebene Vorstellung zum Lehren und Lernen in der Antwort der Lehrkraft zum Ausdruck kommt oder nicht. Für jede Kategorie wurde schließlich ein Summenwert über alle Antworten einer Person gebildet.

Von den 29 Interview-Transkripten wurden 10 von einer weiteren Person kodiert, um Übereinstimmungsprüfungen vornehmen zu können. Diese ergaben ein über die verschiedenen Kategorien gemitteltes Cohens Kappa von .89 bei einer Spannweite von .81 bis 1.00. Die Werte deuten eine sehr zu-

4 Der vollständige Interview-Leitfaden und auch das Kodierschema befinden sich im Anhang der Arbeit.

friedenstellende Inter-Kodierer-Übereinstimmung an (vgl. Wirtz & Caspar, 2002, S. 55-60).

Neben den Interviews wurden in dem Lehrerfragebogen auch Fragen mit offenem Antwortformat aufgenommen. Ergebnisse dazu sind bereits an anderer Stelle veröffentlicht (vgl. Kleickmann, Möller & Jonen, 2005) und werden daher im Ergebnisteil dieser Arbeit nur zusammenfassend wiedergegeben.

Hypothesen zur konvergenten und diskriminanten Validität in Anlehnung an das MTMM-Verfahren

Wie bereits angedeutet wird Konstruktvalidität im MTMM-Ansatz über die Untersuchung der konvergenten und der diskriminanten Validität anhand von Korrelationen abgeschätzt. Dazu werden die Interkorrelationen der Maße für die interessierenden Merkmale (traits) sowie Korrelationen zwischen den mit verschiedenen Erhebungs-Methoden (methods) erfassten Merkmalen in einer Korrelationsmatrix (MTMM-Matrix) dargestellt. Diese Matrix kann in vier Blöcke gegliedert werden, wenn man die sog. Monotrait-Monomethod-Diagonale (s.u.) als eigenen Block ansieht (vgl. Bortz & Döring, 2002, S. 202-206; Bühner, 2004, S. 32 f.). Im Folgenden werden diese Blöcke beschrieben, indem dargestellt wird, welche Korrelationen jeweils untersucht und welche Hypothesen dabei aufgestellt werden.

- ➔ *Monotrait-Heteromethod-Block:* Hier werden Korrelationen der Werte der Fragebogenskalen mit den mittels Interviews erfassten Werten zu den entsprechenden Konstrukten aufgeführt. Liegen substantielle Korrelationen der (theoretisch) korrespondierenden Fragebogenskalen- und Interview-Werte vor, kann dies als Hinweis auf konvergente Validität der jeweiligen Fragebogenskalen interpretiert werden.
- ➔ *Heterotrait-Monomethod- und Monotrait-Monomethod-Block:* In diesem Teil der MTMM-Matrix werden die Inter-Korrelationen der konstruierten Fragebogenskalen aufgeführt. Da die Skalen unterschiedliche Konstrukte erfassen sollen, sollten die Korrelationen nicht allzu groß sein, da hohe Korrelationen auf Redundanzen in den Konstrukten oder auf unsensible Messungen hindeuten. In der Diagonale der Matrix (Monotrait-Monomethod) werden hier anstelle der Autokorrelationen die Reliabilitäten der Skalen angegeben. Diese Werte sollten durchweg die höchsten sein.
- ➔ *Heterotrait-Heteromethod-Block:* Diese Matrix enthält Korrelationen der entwickelten Fragebogenskalen mit den beiden von Drechsel konstruierten Skalen zum allgemeinen Lernbegriff. Außerdem werden Korrelationen der Skala 'Schülervorstellungen' mit einer Interview-Kategorie angegeben, die ein unspezifisches, eher quantitatives Verständnis des Vorwissens der Schüler (s. die Zusammenfassung in Kapitel 2.3.2.3) erfasst. Zur Fragebogenskala, die eine 'praktizistische' Vorstellung zum Lehren und Lernen erfassen soll, wird die Korrelation mit einer Interview-Kategorie aufgeführt, die die Vorstellung erfasst, dass handelndes Lernen für Schüler im Grundschulalter bedeutsam ist (kein 'naiver Konstruktivismus'). Es wird erwartet, dass in diesem Block keine substantiellen Korrelationen vorliegen. Fehlende substantielle Korrelationen können als Hinweis auf diskriminante Validität der jeweiligen Fragebogenskala interpretiert werden.

Zu berücksichtigen ist natürlich, dass die Validität der aus dem o.g. Verfahren gewonnenen Aussagen selbst auch abhängig ist von der Validität der Werte, die mit Hilfe der anderen herangezogenen Instrumente gewonnen werden (vgl. Bühner, 2004, S. 32).

4.5 Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken' bei den Schülern

Das konzeptuelle Verständnis der Schüler von 'Schwimmen und Sinken' wurde vor und nach der von den 46 Lehrkräften erteilten Unterrichtsreihe mit Hilfe eines Tests erfasst, der im ersten Antragszeitraum des o.g. BiQua-Projekts entwickelt und für die vorliegende Untersuchung geringfügig modifiziert wurde. Die Entwicklung und Konzeption des Tests ist ausführlicher bei Hardy, Jonen, Möller und Stern (vgl. 2006) beschrieben. Ihr liegt eine Unterscheidung von drei Niveaus des Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken' zugrunde, die im Folgenden dargestellt wird. Daran anschließend wird das Instrument beschrieben, das Multiple-Choice- und True-False-Items sowie Aufgaben mit offenem Antwortformat umfasst. Abschließend wird die Bildung von Summenwerten skizziert.

4.5.1 Niveaus des Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken'

(1.) *'Fehlvorstellungen'*. Erklärungen des Schwimmens und Sinkens auf diesem Verständnis-Niveau fokussieren auf nur eine Dimension wie bspw. nur auf die Masse ('Leichte Sachen schwimmen'), nur auf die Größe ('Große Dinge gehen unter') oder ausschließlich auf die äußere Form ('Dinge mit Löchern sinken'). Auch Erklärungen, die der Luft in Gegenständen eine aktive ('nach oben ziehende') Rolle zusprechen, werden diesem Verständnis-Niveau zugeordnet. 'Fehlvorstellungen' halten einer empirischen Prüfung nicht stand.

(2.) *'Alltagsverständnis'*. Erklärungen auf diesem Verständnis-Niveau können drei Gruppen von Vorstellungen zugeschrieben werden: Vorstellungen der ersten Gruppe berücksichtigen bereits die Rolle des Wassers ('Der Klotz ist leichter als Wasser'). Die der zweiten Gruppe beziehen sich auf das Material des Gegenstandes ('Der Ast schwimmt, weil er aus Holz ist') und die der dritten Gruppe auf Hohlräume in den Gegenständen ('Schwimmt, weil das innen hohl ist'). Diese Vorstellungen können bereits viele Phänomene erklären oder vorhersagen, sind jedoch in ihrer Gültigkeit eingeschränkt, da sie durch entsprechende Evidenzen widerlegt werden können (z.B. schwimmen nicht alle hohlen Dinge). Von Alltagsverständnis wird gesprochen, da Vorstellungen auf diesem Niveau von Kindern im späten Grundschulalter anscheinend auch weitgehend ohne institutionalisierte Lernangebote entwickelt werden (vgl. Hardy, Jonen, Möller & Stern, 2006).

(3.) *'Physikalische (Vor-)Konzepte'*. Auf diesem Verständnis-Niveau wird das Schwimmen und Sinken mit den Konzepten der Auftriebskraft oder der Dichte erklärt. Auch Erklärungen, die beide Konzepte berücksichtigen, fallen in diese Stufe. Von *Vor-Konzepten* wird gesprochen, da Grundschüler i.d.R. nicht mit den eigentlichen physikalischen Konzepten (wie bspw. Masse und Volumen zur Beschreibung der Dichte) argumentieren, sondern mit Umschreibungen ('Gewicht' und 'Größe'), die aber als anschlussfähig hinsichtlich der physikalischen Konzepte angesehen werden können. Beispielhafte Erklärungen auf diesem Verständnisniveau sind: 'Das Brett schwimmt, weil das Wasser es hoch drückt', 'Der Klotz geht unter, weil er schwerer ist als gleich viel Wasser' oder 'Das Wasser kann den Ast nach oben drücken, weil er leichter ist als das Wasser, das er weg drückt'.

Wie in Kapitel 2.2.3 dargestellt, greifen Schüler, auch wenn sie wissenschaftsnahe Vorstellungen

(hier Niveau 3) erworben haben, noch in Abhängigkeit von Merkmalen der Situation auf Fehlvorstellungen zurück. Von besonderem Interesse ist daher die Frage, inwieweit Schüler ihre Vorstellungen zum 'Schwimmen und Sinken' in einen kohärenten Erklärungsansatz integrieren. Die Erfassung eines solchen *integrierten Verständnisses* ist zentrales Anliegen des Tests zum 'Schwimmen und Sinken'. Es wird operationalisiert über die Annahme von physikalischen (Vor-)Konzepten bei 'gleichzeitiger' Ablehnung von Fehlvorstellungen (s. den Abschnitt zur Bildung von Summenwerten).

4.5.2 Test zur Erfassung des Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken'

Im Folgenden werden zunächst die Multiple-Choice- und True-False-Items des Tests und anschließend die Aufgaben mit offenem Antwortformat beschrieben.

4.5.2.1 Multiple-Choice- und True-False-Items

Das Testheft umfasst in der modifizierten Form 16 Multiple-Choice- und 12 True-False-Items. Die Items wurden entwickelt, um konzeptuelles Verständnis in zwei Inhaltsbereichen zu testen: (1.) Verdrängung des Wassers und (2.) Erklärungen des Schwimmens und Sinkens von Gegenständen.

(1.) *Verdrängung.* Das Verständnis der Verdrängung von Wasser beim Eintauchen von Gegenständen ist eine wichtige Voraussetzung für wissenschaftsnahe Erklärungen des Schwimmens und Sinkens. Anhand von drei Multiple-Choice-Items wurde die bei Grundschulkindern verbreitete Fehlvorstellung erfasst, die Verdrängung hänge von der Masse und nicht vom Volumen des ins Wasser getauchten Gegenstandes ab. Abbildung 5 zeigt eines dieser drei Items, bei dem die Schüler Informationen über die Masse und das Volumen von drei Würfeln erhalten, um auf dieser Grundlage zu entscheiden, welcher Würfel am meisten Wasser verdrängt.

Hier sind verschiedene Würfel. Unter jedem Würfel steht, wie schwer er ist. Alle Würfel gehen im Wasser unter.

Bei welchem Würfel steigt das Wasser am höchsten?

Kreuze an:

<p>Würfel 1</p>  <p>20g</p>	<p>Würfel 2</p>  <p>80g</p>	<p>Würfel 3</p>  <p>50g</p>
--	--	--

Würfel 1
 Würfel 2
 Würfel 3
 Bei allen Würfeln steigt das Wasser gleich hoch.

Abbildung 5: Beispielitem zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von Verdrängung

(2.) *Erklärungen des Schwimmens und Sinkens von Gegenständen.* Die Items dieses Inhaltsbereichs erfassen Erklärungen der Schüler zum Schwimmverhalten von Gegenständen, die ins Wasser gegeben werden, so-

wie Vorhersagen zum Schwimmverhalten von Gegenständen (vgl. ausführlicher Hardy, Jonen, Möller & Stern, 2006). Die Items wurden auf der Grundlage von Interviews mit Grundschulern und in mehreren Pilotierungen entwickelt, um Formulierungen zu finden, die für die Schüler verständlich und gleichzeitig (im Fall der Attraktoren) wissenschaftlich angemessen sind. Formulierungen, die häufig im Unterricht verwendet werden und korrekte Erklärungen anzeigen könnten ('das weg gedrängte Wasser', 'das Wasser drückt nach oben'), wurden stets in einer korrekten und einer inkorrekten Version vorgegeben. Die Antwortvorgaben umfassen Erklärungen auf allen drei beschriebenen Verständnisniveaus. Abbildung 6 zeigt ein Item, bei dem die Schüler zunächst entscheiden müssen, ob ein Holzwürfel, der unter Wasser getaucht wird, unter geht oder aufsteigt. Anschließend müssen die für korrekt erachteten Erklärungen angekreuzt werden. Die Vorgaben enthalten typische Fehlkonzepte ('weil er so leicht ist'), Vorstellungen auf Alltagsverständnis-Niveau ('weil er aus Holz ist') und physikalische (Vor-)Konzepte ('weil das weg gedrängte Wasser mehr wiegt als der Holzwürfel').

Holzwwürfel

geht unter steigt nach oben

weil er so leicht ist.
 weil er sich vollsaugt und dann untergeht.
 weil er aus Holz ist.
 weil das weggedrängte Wasser weniger wiegt als der Holzwürfel.
 weil das weggedrängte Wasser mehr wiegt als der Holzwürfel.
 weil er vom Wasser stark genug nach oben gedrückt wird.

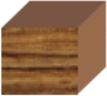


Abbildung 6: Beispielim zu Erklärungen des Schwimmens und Sinkens von Gegenständen

Abbildung 7 zeigt ein Item, bei dem das Schwimmverhalten von vier Würfeln vorhergesagt werden soll. Dabei müssen die Masse und das Volumen der Würfel zu den Angaben zu einem 'Wasserwürfel' in Beziehung gesetzt werden.

Welche Würfel gehen im Wasser unter?

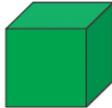
Kreuze an.



Wasserwürfel
16g



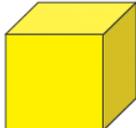
16g



16g



16g



16g

Abbildung 7: Beispielim zur Vorhersage des Schwimmverhaltens von Gegenständen

In weiteren Items (True-False-Items) muss bewertet werden, ob generalisierte Aussagen zu Mechanismen des Schwimmens und Sinkens korrekt sind oder nicht. Auch die hier vorgegebenen generalisierten

Aussagen beziehen sich auf alle drei o.g. Verständnisebenen (z.B. 'Das Wasser saugt schwere Sachen nach unten.' 'Alle hohlen Dinge schwimmen im Wasser.' 'Das Wasser drückt mehr gegen große Dinge als gegen kleine.').

4.5.2.2 Items mit offenem Antwortformat

In zwei Items mit offenem Antwortformat sollten die Schüler selbst gewählte Erklärungen zum Schwimmverhalten eines Holzbretts mit Löchern und eines Schiffes (s. Abbildung 8) geben.

10. Wie kommt es, dass ein großes, schweres Schiff aus Eisen nicht untergeht?



Abbildung 8: Item mit offenem Antwortformat: Selbst gewählte Erklärungen zum Schwimmen eines Schiffes

Die Antworten der Schüler wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse (inhaltliche Strukturierung, vgl. Mayring, 2003) analysiert. Die Analyseebenen beschreiben typische Schülervorstellungen auf allen drei o.g. Verständnisebenen. Für die Analyse der Schülerantworten wurden drei Kodierer geschult. Berechnungen der Übereinstimmung der Kodierer erfolgten auf der Basis von 384 Fragebögen (Vor- und Nachtests bei 192 der insgesamt 932 untersuchten Schüler). Es ergab sich ein über alle Verständnisebenen, Vor- und Nachtestwerte sowie alle Kodiererpaare gemittelter Cohens Kappa-Wert von .77. Die mittleren Übereinstimmungen je Verständnisebene betragen .78 (Niveau 1), .74 (Niveau 2) und .77 (Niveau 3). Die Übereinstimmungen bei den Vortestantworten lagen stets etwas niedriger als die bei den Nachtestantworten. Insgesamt sind die Übereinstimmungswerte als zufriedenstellend zu beurteilen (vgl. Wirtz & Caspar, 2002, S. 55-60).

4.5.3 Bildung von Summenwerten

Das Ausmaß, in dem Schüler ein kohärentes Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' erworben haben, stellt die zentrale abhängige Variable dieser Untersuchung dar. Um ein solches *integriertes Verständ-*

nis von 'Schwimmen und Sinken' zu erfassen, wurde ein Summenwert gebildet, der angibt, inwieweit die Schüler wissenschaftsnahe Vorstellungen (Verständnisniveau 3) erworben haben und gleichzeitig Fehlvorstellungen (Verständnisniveau 1) ablehnen. Vorstellungen auf dem Niveau eines Alltagsverständnisses (Niveau 2) wurden in dem Summenwert nicht berücksichtigt, da sie hinsichtlich eines kohärenten Verständnisses als indifferent zu beurteilen sind: Sie sind zwar bereits 'erklärungsmächtiger' als Vorstellungen auf dem ersten Niveau, besitzen aber noch nicht die Gültigkeit der (vor-)physikalischen Konzepte.

Der Summenwert wird im Folgenden als *ICU-Wert* (für 'integrated conceptual understanding', vgl. Hardy, Jonen, Möller & Stern, 2006) bezeichnet. Ein erster Aufgabenblock diente lediglich als Warm-Up und wurde nicht in den Wert einbezogen. Bepunktet wurde bei den Multiple-Choice- und den True-False-Items die korrekte Annahme mindestens einer Niveau-3-Erklärung bei gleichzeitiger Ablehnung aller vorgegebenen Fehlvorstellungen innerhalb eines Items. Bei den Items des Aufgabenblocks 2 (s. Beispielitem in Abb. 6) wurde die Entscheidung, ob der Gegenstand schwimmt oder nicht, nicht in die Bepunktung einbezogen, sondern nur die in Abhängigkeit von der getroffenen Entscheidung zum Schwimmverhalten korrekte Wahl der Begründungen. Weitgehend analog zum Verfahren bei den Multiple-Choice- und den True-False-Items wurde bei den Items mit offenem Antwortformat bepunktet, wenn ein Schüler pro Item mindestens eine Niveau-3-Erklärung gibt und gleichzeitig maximal eine Erklärung auf dem ersten Verständnisniveau äußert. Das Zulassen einer Niveau-1-Erklärung war erforderlich, um Bodeneffekte zu vermeiden bzw. die Varianz zu vergrößern. Damit das Verständnis des Konzepts der Verdrängung, das mit sechs Items erfasst wird, im Summenwert nicht überrepräsentiert ist, wurden die Items zu Erklärungen des Schwimmens und Sinkens von Gegenständen doppelt gewichtet. Der maximale ICU-Summenwert beträgt 30 Punkte.

In zwei weiteren separaten Summenwerten wurden die Annahme bzw. Äußerung von Fehlvorstellungen (*FV-Wert*) und die Annahme bzw. Äußerung von physikalischen (Vor-)Konzepten (*PHY-Wert*) bepunktet. Der FV-Wert erfasst die 'Größen-', die 'Gewichts-', die 'Wasser-saugt-nach-unten-', die 'Form-Vorstellung' sowie die Vorstellung, die Verdrängung hänge vom Gewicht eines ins Wasser getauchten Gegenstandes ab. Außerdem geht in den Wert ein, ob in der Antwort auf die offene Frage nach Begründungen für das Schwimmen eines Schiffes (s. Beispielitem in Abb. 8) Fehlvorstellungen geäußert wurden. Aufgrund von Reliabilitätsanalysen wurde die zweite offene Frage nicht berücksichtigt. Der maximale Summenwert für den FV-Wert beträgt 24 Punkte.

Um eine möglichst klare Trennung vom FV-Wert zu erzielen, d.h. direkte Abhängigkeiten zu vermeiden, wurden im PHY-Wert nur physikalische Vorkonzepte berücksichtigt, die sich nicht direkt aus der Ablehnung einer Fehlvorstellung ergeben. So wurden bspw. die Items zur Gewichts- versus Volumen-Abhängigkeit der Verdrängung nicht aufgenommen, da diese Items nur die beiden Alternativen der physikalischen und der naiven Sichtweise bieten. In den PHY-Wert gehen daher bei den Multiple-Choice-Items nur die im Aufgabenblock 2 (s. Beispielitem in Abb. 6) vorgegebenen physikalischen Vorkonzepte ein. Außerdem wird bepunktet, ob bei den beiden offenen Fragen jeweils Vorstellungen auf dem Niveau der physikalischen (Vor-)Konzepte geäußert werden. Der maximale Punktwert für den PHY-Wert beträgt 10 Punkte. In Kapitel 5.1.2 werden Ergebnisse zu Analysen der Itemschwierigkeit,

zur Reliabilität der Summenwerte sowie zu Inter-Korrelationen der drei Summenwerte berichtet.

4.5.4 Testadministration

Vor- wie Nachtest zum konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' wurden von den 46 Lehrkräften selbst administriert. Die Teilnehmer der Experimentalgruppen wurden dazu im Rahmen der Fortbildung geschult, die Lehrkräfte der Kontrollgruppe bei einem Treffen in der Universität. Geschult wurden neben der verbalen Instruktion der Aufgaben auch die Handlungen, die zur Demonstration der Aufgaben durchzuführen sind (z.B. Kugel in ein mit Wasser gefülltes Glas tauchen; Aufgabe 4). Alle Lehrkräfte erhielten eine ausführliche Anleitung zur Testdurchführung. Diese Anleitung enthält neben dem genauen Wortlaut für die Instruktion der Aufgaben auch genaue Anweisungen, welche Handlungen zur Demonstration durchzuführen sind. Sämtliche Aufgabentexte wurden durch die Lehrkräfte vorgelesen, um Einflüsse des Leseverständnisses der Schüler für deren Testleistung minimal zu halten.

4.6 Umgang mit fehlenden Werten

Fehlende Werte (missing data) stellen ein verbreitetes und kaum zu vermeidendes Problem im Forschungsprozess dar. Das Auftreten von missing data ist im Allgemeinen mit drei Problemen verbunden. Erstens führt die eingeschränkte Stichprobengröße zu einem Verlust an Effizienz bei der Schätzung der Parameter. Zweitens erfordern die meisten statistischen Verfahren vollständige Datenmatrizen. Drittens besteht die Gefahr verzerrter Parameterschätzungen aufgrund von systematischen Unterschieden zwischen den beobachteten und den fehlenden Daten (vgl. Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003; Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007). Für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Analysen wurden fehlende Werte in den Daten mit Hilfe bestimmter Verfahren imputiert, d.h. es wurden Werte an den entsprechenden Stellen eingesetzt. Da diese Verfahren vielleicht zunächst 'unseriös' anmuten mögen ('Sagen sie einem dann bspw., was die Person an der betreffenden Stelle geantwortet hätte?'), werden sie im Folgenden etwas genauer beschrieben und die statistischen Gründe für ihre Anwendung dargestellt. Dazu werden zuerst verschiedene Ursachen und Formen fehlender Werte beschrieben. Dann wird erläutert, warum 'traditionelle' Verfahren des Umgangs mit fehlenden Werten unbefriedigend sind, und schließlich werden zwei neuere Verfahren skizziert, mit denen fehlende Werte im Datensatz dieser Studie imputiert wurden.

4.6.1 Verschiedene Ursachen und Formen fehlender Werte

Zum einen geben Personen auf einzelne Fragen keine Antworten, da sie bspw. ermüdet sind, da ihnen das nötige Wissen fehlt, sie eine Frage nicht beantworten wollen, oder aus anderen Gründen. Auch sind Antworten gerade bei Grundschulkindern z.T. nicht zu entziffern oder ungültig (item non-response). Zum anderen kommt es vor, dass von Personen gar keine Daten vorliegen (unit non-response) (vgl. Schafer & Graham, 2002; Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007). Mit beiden Fällen muss auch

in dieser Studie umgegangen werden. Item non-response findet sich sowohl in den Schüler- als auch in den Lehrerdaten. Unit non-response liegt in den Schülerdaten vor, wenn ein Schüler an der Durchführung des Vor- oder des Nachtests zum konzeptuellen Verständnis nicht teilgenommen hat.

Für die Frage, wie mit fehlenden Werten umzugehen ist, hat sich in der Literatur zu missing data eine Unterteilung von fehlenden Werten etabliert, die den zugrunde liegenden Ausfallprozess präzisiert. In Anlehnung an Rubin (1976) werden fehlende Werte in „missing completely at random“ (MCAR), „missing at random“ (MAR) und „missing not at random“ (MNAR) gegliedert.

Fehlen Daten 'vollständig zufällig' (MCAR), hängt erstens das Auftreten fehlender Werte nicht von der Ausprägung anderer Variablen ab und zweitens besteht kein Zusammenhang zwischen dem Fehlen eines Wertes und seiner Ausprägung. Die fehlenden Werte können in diesem Fall als Zufallsstichprobe aus den erhobenen Daten angesehen werden. Die Annahme MCAR kann geprüft werden, indem die Personengruppe mit fehlenden Werten in einer Variablen mit der Gruppe der Personen, für die Beobachtungen vorliegen, verglichen wird. Unter MCAR sollten sich die beiden Gruppen in den Ausprägungen der anderen Variablen nicht unterscheiden (vgl. Little & Rubin, 2002; Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007). In vielen Fällen hängt jedoch das Fehlen von Daten von den anderen Variablen oder der Variablen selbst ab. Weniger restriktiv ist die MAR-Annahme, der zufolge die Wahrscheinlichkeit eines fehlenden Wertes nur von den Ausprägungen auf anderen *beobachteten* Variablen abhängt, aber nicht von Ausprägungen der Variable mit fehlenden Daten. 'Missing at random' bedeutet demnach nicht, dass die Werte 'zufällig' fehlen. Sie fehlen erst zufällig, wenn zusätzliche (zugängliche) Variablen berücksichtigt werden. Graham und Kollegen schlagen daher vor, besser von missing „conditionally at random“ zu sprechen (Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003, S. 89). Hängt der Datenausfall auch nach Kontrolle zusätzlicher Variablen von den fehlenden Werten selbst ab, so wird von 'nicht zufällig' fehlenden Werten (MNAR) gesprochen (vgl. Schafer & Graham, 2002; Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003; Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007).

4.6.2 Traditionelle Verfahren im Umgang mit fehlenden Werten und ihre Problematiken

In der Forschungspraxis sind Verfahren für den Umgang mit fehlenden Werten verbreitet, die aus statistischer Sicht unbefriedigend und z.T. mit erheblichen Nachteilen verbunden sind. Graham und Kollegen bezeichnen sie auch als „unacceptable procedures“ (Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003, S. 89). In Anlehnung an Schafer & Graham (vgl. 2002), Graham, Cumsille und Elek-Fisk (vgl. 2003) sowie Lüdtke, Robitzsch, Trautwein und Köller (2007) werden die Verfahren im Folgenden kurz skizziert und ihre Nachteile beschrieben.

Fallweiser und paarweiser Ausschluss

Fallweiser Ausschluss (listwise deletion) ist die vermutlich verbreitetste Strategie im Umgang mit fehlenden Werten. Sie ist die Methode, die in den meisten Statistikprogrammen voreingestellt ist. Bei dieser Strategie werden nur die Personen in die Analysen aufgenommen, die für alle Variablen gültige Werte besitzen. Dieses Verfahren ist zwar einfach anzuwenden, hat jedoch bedeutsame Nachteile. Ist die 'strenge' Annahme von MCAR nicht erfüllt, führt der fallweise Ausschluss von Personen zu verzerrten

Parameterschätzungen, da sich die ausgeschlossenen Personen systematisch von den Personen mit vollständigen Daten unterscheiden. Auch wenn MCAR erfüllt sein sollte, kann fallweiser Ausschluss von Personen sehr ineffizient sein, da er zu einer u.U. stark reduzierten Stichprobengröße führt, gerade dann, wenn die fehlenden Werte 'über die Personen verteilt' sind. Ähnliche Probleme ergeben sich bei *paarweisem Ausschluss* (pairwise deletion), der oft bei Verfahren angewendet wird, die auf Korrelations- oder Kovarianzmatrizen basieren (z.B. Faktoren- oder Regressionsanalysen). Zur Berechnung der einzelnen Korrelationen einer Korrelationsmatrix werden die Werte aller Person herangezogen, für die Beobachtungen in den jeweiligen beiden Variablen vorliegen. Auch wenn dieses Verfahren vermeintlich effizienter ist als fallweiser Ausschluss, so besteht auch hier das Problem, dass verzerrte Schätzungen resultieren, wenn die MCAR-Annahme verletzt ist (zu weiteren Nachteilen der Verfahren vgl. Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003; Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007).

Mittelwert-Imputation und regressionsbasierte Imputation (single imputation)

Andere Verfahren versuchen, die fehlenden Werte durch einen möglichst plausiblen Wert zu ersetzen. Diese Verfahren sind effizienter als die zuvor beschriebenen, da keine Personen aus den Analysen ausgeschlossen werden. Ein häufig gewähltes Vorgehen besteht darin, fehlende Werte durch den Mittelwert der beobachteten Items, die ein gemeinsames Konstrukt messen sollen, zu ersetzen (*mean imputation*). Dies führt dazu, dass der Mittelwert der resultierenden Variable, die das interessierende Konstrukt beschreibt, unverändert bleibt. Da jedoch Personen mit fehlenden Werten immer denselben Wert zugeordnet bekommen, ist die Varianz der resultierenden Variable erheblich eingeschränkt. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass die Imputation von Mittelwerten auch zu verzerrten Parameterschätzungen führt. Graham und Kollegen raten deshalb von diesem Vorgehen ab: „We argue that it should never be used. Even for quick and dirty analyses, and even with small rates of missingness“ (Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003, S. 91).

Ein weiteres übliches Verfahren des Umgangs mit fehlenden Werten ist, diese mit Hilfe einer (multiplen) Regression zu ersetzen (*regression-based single imputation*). Auch bei dieser Strategie werden Informationen, die in anderen Variablen vorliegen, zur Berechnung eines plausiblen Wertes, der an der Stelle des fehlenden Wertes eingesetzt wird, herangezogen. Seien bspw. X_1 - X_n Variablen ohne fehlende Werte und Y eine Variable mit teilweise fehlenden Werten, so werden die X_1 - X_n dann als Prädiktoren für Y verwendet. Dazu werden mit Hilfe der beobachteten Y -Werte die Koeffizienten einer Regressionsgeraden (ihr Ordinatenabschnitt und ihre Steigung) geschätzt. Auf der Basis der resultierende Regressionsgleichung ($Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_n * X_n + r$) werden dann die fehlenden Werte von Y durch die vorhergesagten ersetzt (vgl. Graham & Schafer, 1999). Dieses Verfahren ist wie die Mittelwerts-Ersetzung mit dem Problem behaftet, dass die Varianz von Y unterschätzt wird. Außerdem sind die Korrelationen mit den als Prädiktoren herangezogenen Variablen unnatürlich stark.

Bei beiden skizzierten Verfahren der einfachen Imputation zeigt sich also das Problem verzerrter Parameterschätzungen. Zudem berücksichtigen diese Verfahren nicht die Unsicherheit, mit der die fehlenden Werte ersetzt werden. Die ersetzten Werte werden behandelt, als wären sie tatsächlich beobachtet worden.

4.6.3 Neuere Verfahren im Umgang mit fehlenden Werten

In den beiden letzten Jahrzehnten sind Verfahren entwickelt worden, die befriedigendere Lösungen im Umgang mit fehlenden Werten darstellen. Die beiden im Folgenden skizzierten Verfahren sind sog. daten-basierte Verfahren, in denen in getrennten Schritten zunächst die fehlenden Werte behandelt (Imputationsmodell) und dann in einem separaten Schritt die Datenanalysen erfolgen (Analysemodell) (vgl. Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007). Das erste Verfahren basiert auf der multiplen Imputation (MI) fehlender Werte, das zweite auf einem Maximum-Likelihood-Ansatz. Beide Verfahren kommen mit weniger restriktiven Annahmen über das Zustandekommen der fehlenden Werte aus als die o.g. Ausschlussverfahren. So zeigen diese neueren Verfahren unter MAR- und sogar unter MNAR-Bedingung zufriedenstellende Eigenschaften (vgl. Schafer & Graham, 2002). Im Anschluss an die Darstellung der beiden Verfahren wird das konkrete Vorgehen bei der Behandlung fehlender Werte in der vorliegenden Untersuchung skizziert.

Multiple Imputation fehlender Werte

Das Verfahren multipler Imputation fehlender Werte setzt sich generell aus drei Schritten zusammen: Im ersten Schritt werden für jeden fehlenden Wert unter Einbezug der im Datensatz verfügbaren Information mehrere (k) plausible Werte (plausible values) erzeugt und in den Datensatz imputiert, so dass k vollständige Datensätze entstehen. In einem zweiten Schritt werden die k Datensätze getrennt mit Standardverfahren (in diesem Fall HLM-Analysen, s. Kapitel 4.7.1) analysiert. Im dritten Schritt werden die Ergebnisse der getrennt durchgeführten Analysen so zu einem 'gepoolten' Ergebnis zusammengefasst, dass die Unsicherheit der Imputation widerspiegelt wird (vgl. Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007; Regeln zur Berechnung der zusammengefassten Ergebnisse bei Rubin, 1987).

Die Erzeugung der plausiblen Werte beruht auf folgenden Überlegungen: Bei der o.g. regressionsbasierten Imputation sind die imputierten Werte insofern unplausibel als sie exakt auf die geschätzte Regressionsgerade fallen. Diese Methode gibt daher fälschlicherweise vor, die fehlenden Werte könnten fehlerfrei aus den beobachteten Werten vorhergesagt werden. Das Verfahren der Multiplen Imputation berücksichtigt demgegenüber die Unsicherheit von Vorhersagen fehlender Werte, indem die imputierten Daten mit Variabilität versehen werden. Diese Variabilität stammt aus zwei Quellen: Erstens der residualen Varianz der Y-Werte über- und unterhalb der Regressionsgeraden und zweitens aus der Varianz der Schätzung der Regressionsgeraden (also ihrer Koeffizienten) selbst (vgl. Graham & Schafer, 1999; Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003). 'Technisch' geschieht die Erzeugung der plausiblen Werte auf der Grundlage iterativer Verfahren. Das Programm NORM verwendet ein sog. Markov-Chain-Monte-Carlo-Verfahren, das Programm WinMICE basiert auf einem sog. Gibbs-Verfahren (vgl. ausführlicher Graham & Schafer, 1999; Schafer & Graham, 2002; van Buuren, Brand, Groothuis-Oudshoorn & Rubin, 2006; Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007).

Multiple Imputation fehlender Werte bei hierarchisch geschachtelten Daten. Liegen wie in dieser Untersuchung Daten mit einer Mehrebenenstruktur vor (vgl. Kapitel 4.7.1), d.h. sind Schüler bspw. in einer Klasse 'geschachtelt' und einer Lehrkraft zugeordnet, führen die beschriebenen Verfahren der multiplen Imputation (und natürlich die zuvor genannten Verfahren der single imputation) zu fehlerhaften Parameter-

schätzungen, sofern nicht bereits bei der Imputation der Mehrebenencharakter der Daten berücksichtigt wird. Wie Jacobusse (vgl. 2005a) in einer Simulationsstudie zeigen konnte, werden zwar die Intercepts (s. Kapitel 4.7.1) verzerrungsfrei geschätzt, nicht jedoch die Varianzen auf den einzelnen Ebenen (in der Studie wurde ein Zwei-Ebenen-Modell betrachtet). Wird die Mehrebenenstruktur vernachlässigt, wird die Varianz der Individual-Ebene überschätzt, wohingegen die Variablen der Aggregat-Ebene mit zu wenig Varianz versehen werden. Graham, Cumsille und Elek-Fisk (vgl. 2003) empfehlen, im Falle von Mehrebenenendaten eine dummy-kodierte Klassenvariable bei der Imputation einzufügen. Das Programm WinMICE ist direkt für die multiple Imputation fehlender Werte im Fall von hierarchisch geschichteten Daten konzipiert. Es ermöglicht es, ein Mehrebenen-Imputations-Modell für jede Variable mit fehlenden Werten zu spezifizieren (vgl. Jacobusse, 2005b; van Buuren, Brand, Groothuis-Oudshoorn & Rubin, 2006).

EM-Algorithmus

Der EM-Algorithmus ist ein zweischrittiges, iteratives Verfahren, das auf einem ähnlichen Ansatz beruht wie die regressionsbasierte Imputation. Im sog. E-Schritt (expectation) werden die fehlenden Werte durch die vorhergesagten Werte einer Regression ersetzt. Im Gegensatz zur regressionsbasierten Imputation wird jedoch auch hier, wie im vorigen Abschnitt skizziert, Varianz hinzugefügt. Auf der Basis des entstandenen vollständigen Datensatzes werden dann im sog. M-Schritt (maximization) die gesuchten Parameter (z.B. Mittelwerte und Kovarianzen) berechnet, auf deren Grundlage wiederum im nächsten Schritt (E-Schritt) Imputationen für die fehlenden Werte erzeugt werden. Der Algorithmus konvergiert, wenn sich bei wiederholter Ausführung des E- und des M-Schrittes die Parameterwerte nicht mehr wesentlich ändern (vgl. Enders, 2003; Schafer & Graham, 2002; Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007). Die Behandlung fehlender Werte mit Hilfe des EM-Algorithmus wird insbesondere für Reliabilitäts- und Faktorenanalysen empfohlen. Für inferenzstatistische Verfahren ist er hingegen nicht ohne Weiteres geeignet (vgl. Enders, 2003; Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007).

Behandlung fehlender Werte in dieser Untersuchung

Wie bereits angedeutet haben einige Schüler nur den Vor- bzw. den Nachtest zum konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' bearbeitet (unit non-response). Von den insgesamt 1039 befragten Schülern sind dies 107 Schüler (10,3%). Diese Schüler wurden aus den Analysen ausgeschlossen, da eine Imputation auf der Basis der vorliegenden Informationen nur eines Messzeitpunktes nicht sinnvoll ist.⁵ Außerdem erscheint ein Zusammenhang zwischen der Nicht-Anwesenheit beim Vor- oder Nachtest und den Testwerten der Schüler wenig wahrscheinlich. Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass sich keine signifikanten Unterschiede in der Nachtest-Leistung zwischen Schülern mit und ohne Vortest sowie keine signifikanten Unterschiede in der Vortestleistung zwischen Schülern mit und ohne Nachtest zeigen. Die Verringerung der Stichprobe ist natürlich mit Einbußen bei der Effizienz der Parameterschätzungen verbunden.

Der Anteil an item non-response in den Daten der Lehrkräfte variiert zwischen 0.2 und 2.2% je

5 In diesem Fall kann nicht wie bei längsschnittlichen Untersuchungen mit mehr als zwei Messzeitpunkten eine Person-spezifische Wachstumskurve berechnet werden.

Item mit einem mittleren Anteil von 0.9%. In den Daten der Schüler nach Ausschluss der Schüler ohne Vor- bzw. Nachtest sind es zwischen 1.4 und 3.9% je Item mit einem mittleren Anteil von 2.5%. Die Ausfallrate ist daher recht gering und es wäre auch der fallweise Ausschluss von Personen mit fehlenden Werten in Betracht zu ziehen. Little's MCAR-Test (vgl. Little & Rubin, 2002), der prüft, ob sich die Personengruppe mit fehlenden Werten in einer Variablen von der Gruppe der Personen, für die Beobachtungen vorliegen, unterscheidet, wird jedoch bei den Schülerdaten signifikant (Chi-Quadrat = 20851,538; df = 20262; $p = .002$). D.h. es kann nicht davon ausgegangen werden, dass die fehlenden Werte MCAR sind. Für sie wurden daher mit den skizzierten neueren Verfahren Werte imputiert.

Für die Analysen der Zusammenhänge zwischen Vorstellungen der Lehrkräfte und Lernfortschritten der Schüler (HLM-Analysen, s. das folgende Kapitel) wurden Werte mit Hilfe des Programms WinMICE multipel imputiert. Der Empfehlung folgend, 5-10 imputierte Datensätze zu erzeugen (vgl. Graham & Schafer, 1999; Graham, Cumsille & Elek-Fisk, 2003), wurden 10 vollständige Datensätze generiert. Für Analysen zur Reliabilität und Validität der eingesetzten Skalen auf Schüler- und Lehrkräfte-Ebene wurden fehlende Werte mittels des EM-Algorithmus behandelt (vgl. Enders, 2003). In der Literatur zu Missing Data wird empfohlen, in das Imputationsmodell nicht nur die Variablen einzubeziehen, die für das spätere Analysemodell relevant sind, sondern auch sog. Hilfsvariablen (*auxiliary variables*; vgl. Graham, 2003; Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007), die mit den eigentlich interessierenden Variablen korrelieren. Als Hilfsvariablen wurden Items zu Selbstwirksamkeitserwartungen der Schüler sowie Items zur im Unterricht zum 'Schwimmen und Sinken' empfundenen Kompetenz der Schüler in die Imputationsmodelle aufgenommen.

4.7 Auswertungsverfahren und Variablenkontrolle

Bereits im Zusammenhang mit der Darstellung des Prozess-Produkt-Paradigmas wurde angedeutet, dass Studien, die Beziehungen zwischen Merkmalen des Unterrichtsprozesses und Lernerfolgsmaßen untersuchen, hierarchisch geschachtelte Daten zugrunde liegen. Schüler sind 'geschachtelt' in Klassen, Klassen in Schulen, Schulen in Schulformen usw. Auch der zentralen Fragestellung dieser Arbeit nach der Bedeutung fachspezifischer Lehrervorstellungen für Lernfortschritte der Schüler liegen geschachtelte Daten zugrunde, da Schüler in Klassen 'geschachtelt' und einer Lehrkraft zugeordnet sind. Mehrebenenanalysen stellen ein Verfahren dar, das dieser Datenstruktur Rechnung trägt. In diesem Kapitel wird zunächst dargestellt, wie das Prinzip der Mehrebenenanalyse auf die Fragestellungen dieser Arbeit angewendet wird. Anschließend wird konkretisiert, welche Variablen im Rahmen der Analysen kontrolliert werden, um Konfundierungen möglichst zu vermeiden.

4.7.1 Mehrebenenanalytisches Auswertungsverfahren

Die hierarchische Schachtelung von Daten konnte lange Zeit in pädagogisch-psychologischen Studien nicht adäquat berücksichtigt werden. Statt dessen wurde eine „Adaptierung der Ebenen“ (Köller, 2004, S. 121) vorgenommen. In den 'klassischen' Prozess-Produkt-Studien bspw. wurde i.d.R. die Aggregatenebene als Analyseeinheit gewählt, während in Prozess-Mediations-Produkt-Untersuchungen die Dis-

aggregation, d.h. die Analyse von Individualwerten unter Hinzufügung von Aggregatmerkmalen, bevorzugt wurde. Beide Strategien haben jedoch gravierende Nachteile, die unter den Stichworten 'aggregation bias', 'ökologischer Fehlschluss', 'shift of meaning' (im Falle der Aggregation) und 'individueller Fehlschluss', 'korrelierte Fehlerterme', 'Individualwerte als uninterpretierbare Vermischung von Bedingungen innerhalb und zwischen den Aggregateinheiten' (im Falle der Disaggregation) diskutiert werden (vgl. Ditton, 1998, S. 21-34; Raudenbusch & Bryk, 2002, S. 5, 99-117). Cronbach kritisierte bereits 1976: „The majority of studies of educational effects [...] have collected and analysed data in ways that conceal more than they reveal.“ (Cronbach, 1976; zit. n. Tainton, 1990, S. 4) Mehrebenenanalytische Verfahren lösen die angesprochenen statistischen Probleme, indem sie die hierarchische Struktur der Daten nicht als 'Makel' der Stichprobe auffassen, sondern die geschachtelte Struktur direkt in der statistischen Modellbildung berücksichtigen und auch zum Gegenstand der Prüfung machen (vgl. Köller, 2004).

In der vorliegenden Untersuchung liegen das konzeptuelle Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' auf der Individualebene (Ebene 1) und die fachspezifischen Lehrervorstellungen als zentrale unabhängige Variable auf der Aggregatebene (Ebene 2). Mit mehrebenenanalytischen Verfahren wie hierarchischen linearen Modellen (HLM) können die Effekte von Aggregat-Merkmalen wie den hier untersuchten Lehrervorstellungen auf individuelle Lernergebnisse der Schüler untersucht werden. Wie in der konventionellen (multiplen) Regressionsanalyse, in der eine Variable aus verschiedenen anderen Variablen vorhergesagt wird, werden auch in HLM-Verfahren Achsenabschnittsparameter (Intercepts), Steigungsparameter (Slopes) und Residual-Werte verwendet (vgl. Raudenbusch & Bryk, 2002). In die regressionsanalytische Sicht 'übersetzt' interessiert im Rahmen dieser Untersuchung, inwieweit die fachspezifischen Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen (VLL) das nach dem Unterricht erreichte konzeptuelle Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' bei den Schülern (KV2) vorhersagen können, wobei dieses um das bereits vor dem Unterricht gezeigte Verständnis (KV1), das Alter (A) und das Geschlecht (G) der Schüler adjustiert werden soll (zur Kontrolle von Drittvariablen: Kapitel 4.7.2). Durch die Adjustierung um das vor dem Unterricht gezeigte konzeptuelle Verständnis kann dann von *Fortschritten* im konzeptuellen Verständnis gesprochen werden.

Im Gegensatz zu Standard-Regressionsverfahren berücksichtigt HLM die geschachtelte Struktur von Daten. Intercepts und Slopes können daher im Rahmen von HLM zwischen den Aggregat-Einheiten, im Falle der vorliegenden Untersuchung also den 46 (j) Klassen, variieren. Außerdem ermöglicht HLM eine statistisch angemessenere Schätzung des Effekts der genannten Prädiktoren auf Individual-Ebene. Ein Modell, das zunächst nur die genannten Individualdaten berücksichtigt, kann wie folgt dargestellt werden:

$$KV2_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} * KV1_{ij} + \beta_{2j} * A_{ij} + \beta_{3j} * G_{ij} + r_{ij} \quad [4.1]$$

Dieses Modell drückt aus, dass das nach dem Unterricht erreichte konzeptuelle Verständnis des Schülers i in Klasse j in Beziehung gesetzt wird zu dem vorunterrichtlichen Verständnis, dem Alter und dem Geschlecht. Insgesamt ergeben sich in dem Modell j, d.h. in diesem Fall 46, Intercepts bzw. Achsenabschnittsparameter (β_{0j}), die die Klassenmittelwerte des nach dem Unterricht erfassten konzeptuellen Verständnisses darstellen. Diese Klassenmittelwerte sind um vorunterrichtliches Verständnis, Alter und

Geschlecht adjustiert. Außerdem enthält das Modell j Slopes bzw. Steigungsparameter für diese Individualwerte (β_{1j} , β_{2j} und β_{3j}). Mit HLM können die Intercepts und Slopes für den gesamten Datensatz, die sog. Grand Means, statistisch angemessen (basierend auf einem sog. Empirical-Bayes-Verfahren; vgl. ausführlicher Raudenbush & Bryk, 2002) geschätzt werden. Sie werden mit Gamma (γ) angegeben. γ_{00} bezeichnet in diesem Fall den Grand Mean der adjustierten Klassenmittelwerte für das nachunterrichtliche konzeptuelle Verständnis. γ_{10} , γ_{20} und γ_{30} repräsentieren die Grand Means der klassenspezifischen Steigungsparameter. In HLM sind die klassenspezifischen β -Koeffizienten der o.g. Regressionsgleichung [4.1] zusammengesetzt aus dem jeweiligen Grand Mean und einem Residual-Wert.

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad [4.2]$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + u_{1j} \quad (\text{entsprechend für } \beta_{2j} \text{ und } \beta_{3j}) \quad [4.3 - 4.5]$$

Das in Gleichung 4.2 beschriebene Ebene-2-Modell besagt im Fall dieser Untersuchung, dass der Klassenmittelwert der Klasse j im adjustierten konzeptuellen Verständnis durch den Gesamtmittelwert zuzüglich einer Varianzkomponente (das Residuum u_{0j}) dargestellt werden kann. Die in den Gleichungen 4.3 - 4.5 angegebenen Modelle drücken aus, dass sich die klassenspezifischen Steigungsparameter ebenfalls aus deren Grand Mean zuzüglich einer Varianzkomponente zusammensetzen. Da die Steigungsparameter den Zusammenhang zwischen der jeweiligen Individualvariable (z.B. der Vortestleistung) mit dem Kriterium (der Nachtestleistung) angeben, bedeutet dies, dass es in HLM möglich ist, dass diese Zusammenhänge klassenspezifisch variieren (vgl. Ditton, 1998; Raudenbush & Bryk, 2002).

Modellierung des Effekts der Lehrervorstellungen auf das adjustierte konzeptuelle Verständnis der Schüler

Liegt eine signifikante Variation der j Intercepts (d.h. hier der 46 Klassenmittelwerte im adjustierten konzeptuellen Verständnis) vor, d.h. ist der u_{0j} -Koeffizient in Gleichung 4.2 signifikant von Null verschieden, so ist es sinnvoll, weiter zu ergründen, ob Merkmale auf Klassenebene (bspw. Unterrichts- oder Lehrermerkmale) diese Varianz aufklären. Im Fall dieser Arbeit sind hier natürlich die fachspezifischen Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Interesse. Das entsprechende Modell auf Ebene 2 lautet:

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01} * VLL_j + u_{0j} \quad [4.6]$$

Durch Einsetzen von Gleichung 4.6 in das Individualebenen-Modell (Gleichung 4.1) erhält man das Mehrebenenmodell (ein sog. random intercept model) zur Vorhersage des adjustierten konzeptuellen Verständnisses der Schüler durch die fachspezifischen Lehrervorstellungen:

$$KV2_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01} * VLL_j + \beta_{1j} * KV1_{ij} + \beta_{2j} * A_{ij} + \beta_{3j} * G_{ij} + u_{0j} + r_{ij} \quad [4.7]$$

Von einer herkömmlichen Regressionsgleichung unterscheidet sich dieses Modell lediglich darin, dass zu der individuellen Varianzkomponente r_{ij} noch eine klassenspezifische Varianzkomponente u_{0j} hinzukommt. Ein signifikanter Effekt der fachspezifischen Lehrervorstellungen auf das adjustierte konzeptuelle Verständnis der Schüler würde sich in einem signifikanten γ_{01} -Koeffizienten zeigen.

Modellierung differenzieller Effekte der Lehrervorstellungen auf das adjustierte konzeptuelle Verständnis der Schüler

Liegen signifikante Variationen der klassenspezifischen Steigungsparameter (β_{1j} , β_{2j} und β_{3j} in Gleichung 4.1) vor, was sich in signifikant von Null unterschiedlichen u_{1j} -Koeffizienten zeigen würde, würde dies bedeuten, dass die klassenspezifischen Zusammenhänge zwischen dem jeweiligen Prädiktor auf Individualebene und dem Kriterium zwischen den j Klassen substantiell variieren würden. In diesem Fall würde das nahe legen zu untersuchen, ob der Einfluss fachspezifischer Lehrervorstellungen auf das adjustierte Verständnis der Schüler in Abhängigkeit von individuellen Charakteristika der Schüler wie dem vorunterrichtlichen Verständnis variiert. Auf Klassenebene wird ein solcher differenzieller Effekt in Abhängigkeit des vorunterrichtlichen Verständnisses wie folgt modelliert (vgl. Staub & Stern, 2002; Raudenbush & Bryk, 2002; Stern & Hardy, 2004):

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11} * VLL_j + u_{1j} \quad [4.8]$$

Der klassenspezifische Steigungsparameter β_{1j} (hier zu verstehen als Zusammenhang des vorunterrichtlichen mit dem nachunterrichtlichen Verständnis der Schüler) wird also selbst zur abhängigen Variable, die durch die Lehrervorstellungen (sowie einen Achsenabschnittsparameter und eine Varianzkomponente) vorhergesagt wird. Es handelt sich somit um eine sog. Cross-Level-Interaktion, da die Interaktion zwischen einem Merkmal auf Klassenebene (Lehrervorstellung) und einem auf Individualebene (Zusammenhang zwischen Vor- und Nachtest-Leistung) untersucht wird. Durch Einsetzen von Gleichung 4.8 in das Individualebenen-Modell (Gleichung 4.1) erhält man das entsprechende Mehrebenenmodell (ein sog. random slope model):

$$KV2_{ij} = \beta_{0j} + (\gamma_{10} + \gamma_{11} * VLL_j + u_{1j}) * KV1_{ij} + \beta_{2j} * A_{ij} + \beta_{3j} * G_{ij} + r_{ij} \quad [4.9]$$

Durch Auflösen erhält man:

$$KV2_{ij} = \beta_{0j} + \gamma_{10} * KV1_{ij} + \gamma_{11} * VLL_j * KV1_{ij} + u_{1j} * KV1_{ij} + \beta_{2j} * A_{ij} + \beta_{3j} * G_{ij} + r_{ij}$$

Ein signifikanter differenzieller Effekt der Lehrervorstellungen in Abhängigkeit vom vorunterrichtlichen Verständnis der Schüler würde sich in einem signifikant von Null verschiedenen γ_{11} -Koeffizienten ausdrücken.

Um die Interpretation der Gamma-Koeffizienten zu erleichtern, wurden alle metrischen Variablen z-standardisiert. Bei den Messwiederholungsdaten zu den Schülerleistungen (ICU-, FV- und Phy-Wert) wurde das folgende von Lüdtke und Köller beschriebene Verfahren gewählt (vgl. 2002): Während die Vortest-Werte in übliche z-Werte ($M=0$; $SD=1$) transformiert wurden, wurden die Nachtest-Werte am Mittelwert und an der Standardabweichung des ersten Messzeitpunktes standardisiert, damit die Information über die Lernzuwächse nicht durch die Standardisierung verloren geht. Bei den HLM-Analysen zu Zusammenhängen der Lehrervorstellungen mit Lernfortschritten der Schüler wurden außerdem alle metrischen Individual- und Aggregat-Variablen am Grand Mean zentriert (vgl. Raudenbush & Bryk, 2002, S. 31-35; Köller, 2004, S. 123). Für die Analysen der Varianzkomponenten und der differenziellen Effekte wurde die Zentrierung am Klassenmittelwert gewählt (vgl. Raudenbush & Bryk, 2002, S. 31-35). Die Analysen erfolgten mit Hilfe des Programms HLM 6.04 (vgl. Raudenbush, Bryk, Cheong, Congdon & du Toit, 2005). Zur Schätzung der Modellparameter wurde die Restricted-Maximum-Likelihood-Methode gewählt, die bei relativ kleinen Stichproben auf Aggregatebene zu besseren Parameter-

schätzungen führt.

4.7.2 Kontrollvariablen

In die beschriebenen HLM-Analysen wurden verschiedene Kontrollvariablen auf Individual- und Klassenebene aufgenommen, um einen möglichst 'reinen' Effekt der fachspezifischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen auf die Fortschritte der Schüler im konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' ermitteln zu können.

Kontrollvariablen auf Individualebene

Wie bereits angedeutet wurde das vorunterrichtliche Verständnis der Schüler von 'Schwimmen und Sinken' in die Modelle aufgenommen. Das bereichsspezifische Vorwissen hat sich in zahlreichen Studien als bedeutsamster Prädiktor späterer Leistungen in der betreffenden Domäne gezeigt (s. Kapitel 2.1.5). Durch die Aufnahme in die Modelle kann von *Fortschritten* im Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' gesprochen werden.

Neben dem Vorwissen der Schüler wurden noch deren Geschlecht und Alter berücksichtigt. Im Bereich Naturwissenschaften kann zumindest von unterschiedlichen Vorerfahrungen bei Jungen und Mädchen ausgegangen werden. Da unklar ist, ob und inwieweit sich dies über das bereits kontrollierte Vorwissen hinaus auf Lernfortschritte der Mädchen und Jungen im Themenbereich 'Schwimmen und Sinken' auswirkt, wurde das Geschlecht in den Analysen mitberücksichtigt. Da Klassen der dritten und vierten Jahrgangsstufe untersucht wurden und somit kognitive Entwicklungsunterschiede vorliegen könnten, wurde das Alter ebenfalls kontrolliert.

Kontrollvariablen auf Klassenebene

In Kapitel 2.3.3.4 wurde dargestellt, dass fähigkeitsbezogene Selbsteinschätzungen der Lehrkraft verhindern können, dass Vorstellungen der Lehrkraft zum Lehren und Lernen handlungswirksam werden und die Unterrichtsgestaltung beeinflussen. Außerdem zeigen Ergebnisse des BiQua-Projekts zur Wirkung der Fortbildungsvariation, dass Lehrkräfte, die an den tutoriell angeleiteten Fortbildungen teilgenommen hatten, tendenziell in stärkerem Maße ein positives physikbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept aufbauten. Da die so fortgebildeten Lehrkräfte auch bestimmte Vorstellungen zum Lehren und Lernen in stärkerem Maße aufbauten ('Conceptual Change', 'Schülvorstellungen') bzw. abbauten ('Praktizismus'), könnte es bei der Untersuchung der Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler zu einer Konfundierung dieser Variablen kommen. Aus diesen Gründen wurde das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte als Kontrollvariable in die HLM-Analysen aufgenommen (Skala mit vier Likert-skalierten Items; Cronbachs Alpha bei .85)⁶. Ein direktes Maß für das fachspezifische Wissen der Lehrkräfte (idealerweise insbesondere im Themenbereich 'Schwimmen und Sinken'), welches vermutlich für ein adäquates Scaffolding der Lernprozesse der Schüler erforderlich ist (vgl. Stipek, Givvin, Salmon & MacGyvers, 2001), wurde leider nicht erfasst. Wegen der unklaren Befundlage zur Relevanz des sachbezogenen Interesses der Lehrkraft und der Berufserfahrung für Lernfortschritte der Schüler (vgl.

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

Brophy & Good, 1986; Helmke & Weinert, 1997; Lipowsky, 2006) wurden auch das physikbezogene Sachinteresse der Lehrkräfte (Skala mit vier Likert-skalierten Items; Cronbachs Alpha bei .78)⁷ und die Berufserfahrung in Dienstjahren als Kontrollvariablen auf Aggregatebene berücksichtigt.

Da sich in Studien zur Unterrichtsqualität die Lernzeit als höchst relevante Variable herausgestellt hat (s. Kapitel 2.1.2), wurde die für das Unterrichtsthema 'Schwimmen und Sinken' „nutzbare Instruktionszeit“ (Helmke 2003, S. 104; vgl. auch Helmke & Weinert, 1997) als Kontrollvariable einbezogen. Sie wurde in einem Fragebogen zur Durchführung der Unterrichtsreihe von den Lehrkräften erfragt. Daten zur aktiven Lernzeit der Schüler ('time on-task') lagen nicht vor.

Zusätzlich wurden Merkmale des Klassenkontextes wie das Leistungsniveau der Klasse (erfasst über die aggregierten Vortest-Werte einer Klasse) und die Leistungsheterogenität der Klasse (erfasst über die Standardabweichung der Vortest-Werte einer Klasse) berücksichtigt. Solche Kontextmerkmale haben sich in neueren Studien zur Unterrichtsqualität z.T. als relevante Prädiktoren von Schülerleistungen herausgestellt (vgl. Huffman & Lawrenz, 2001; Garrison, 2004; Lipowsky, 2006).

5 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse ist in zwei Abschnitte gegliedert. Begonnen wird mit Ergebnissen zu den Analysen der Skalen zur Erfassung der Lehrervorstellungen sowie mit Ergebnissen der Analysen des Schülerleistungstests. Im zweiten Abschnitt werden die zentralen Ergebnisse dieser Arbeit zum Zusammenhang der Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit den Fortschritten der Schüler im konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' dargestellt. Dabei wird zuerst auf generelle und dann auf differenzielle Effekte der Lehrervorstellungen auf die Lernfortschritte der Schüler eingegangen.

5.1 Ergebnisse der Testanalysen

In diesem Kapitel werden Ergebnisse der Analysen der Items und Skalen zur Erfassung der Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen sowie Analysen des Tests zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken' berichtet. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Darstellung von Ergebnissen der Analysen des Instruments zur Erfassung der Lehrervorstellungen, da dieses im Rahmen der vorliegenden Arbeit neu entwickelt wurde. Eine ausführlichere Darstellung von Analysen zum Leistungstest, der der leicht modifizierten Version, die in der vorliegenden Studie eingesetzt wurde, zugrunde liegt, findet sich bei Hardy, Jonen, Möller und Stern (vgl. 2006).

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

5.1.1 Analysen der Items und Skalen zur Erfassung von Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften

Die Ergebnisse aus den Analysen der Items und Skalen zur Erfassung der Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen werden in folgender Reihenfolge berichtet: Zuerst wird auf die Frage eingegangen, welche latenten Dimensionen, d.h. welche Vorstellungen zum Lehren und Lernen den Antworten der Lehrkräfte auf die Items zugrunde liegen, und inwieweit in diesen Dimensionen die Konstrukte repräsentiert sind, die der Fragebogenentwicklung zugrunde lagen. Zu diesen Fragen werden Ergebnisse aus exploratorischen Faktorenanalysen berichtet (Kapitel 5.1.1.1). Zusammen mit theoretischen Überlegungen waren diese Analysen für die Zusammensetzung der Skalen maßgeblich. In den folgenden Teilkapiteln werden Ergebnisse zu Gütekriterien dieser Skalen berichtet. Zuerst wird dabei auf die Frage der internen Validität der Skalen eingegangen (Kapitel 5.1.1.2). Interne Validität wird hier in Anlehnung an Rost (vgl. 2004, s. auch Kapitel 4.4.4.3) als Passung eines angenommenen Testmodells auf die Daten verstanden. Berichtet werden Ergebnisse zu der Frage, ob den Skalen tatsächlich wie angenommen ein quantitatives Testmodell zugrunde liegt, das die Interpretation (quantitativer) Summen- oder Mittelwerte als Messwerte legitimieren würde (Analysen auf der Basis probabilistischer Testtheorie). Anschließend werden zentrale Skalenkennwerte berichtet, die auf der Basis der klassischen Testtheorie ermittelt wurden (Kapitel 5.1.1.3). Im letzten Teilkapitel 5.1.1.4 wird schließlich auf die Frage der Konstruktvalidität der Skalen näher eingegangen.

5.1.1.1 Dimensionalität der erfassten Lehrervorstellungen

Mit Hilfe explorativer Faktorenanalysen wurde untersucht, welche latenten Dimensionen, d.h. in diesem Fall, welche Vorstellungen zum Lehren und Lernen den Antworten der Lehrkräfte auf die Items zugrunde liegen, und inwieweit in diesen Dimensionen die Konstrukte repräsentiert sind, die der Fragebogenentwicklung zugrunde lagen. Theoretisch wurden neun Dimensionen angenommen (s. Kapitel 4.4.2 zu den zugrunde gelegten Konstrukten).

Um die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren zu bestimmen, wurde in erster Linie auf das Verfahren der Parallelanalyse (vgl. Kapitel 4.4.4.2) zurückgegriffen. Ergebnisse dieser Parallelanalyse, bei der der 'empirisch gefundene' Eigenwerteverlauf mit dem Verlauf von Eigenwerten aus normalverteilten Zufallsvariablen verglichen wird, sind in Abbildung 9 wiedergegeben. Da nur die Faktoren als bedeutsam anzusehen sind, deren Eigenwerte über den 'zufällig' generierten Eigenwerten liegen, spricht das Ergebnis für die Extraktion von vier Faktoren. Die fünfte Komponente hat einen Eigenwert (1.61), der nahe bei dem des 'zufällig' generierten Eigenwertes (1.67) liegt. Da die Parallelanalyse bei einer starken ersten Komponente mit hohem Eigenwert, wie dies in den vorliegenden Daten der Fall ist, dazu tendiert, die Zahl der Faktoren zu unterschätzen, scheint hier die Berücksichtigung von fünf Faktoren angebracht. Die Betrachtung des empirischen Eigenwerteverlaufs zeigt, dass nach dem Scree-Verfahren eine zwei- oder eine fünf-faktorielle Lösung in Frage käme. Sowohl die Parallelanalyse als auch der Scree-Test legen also nahe, fünf Faktoren zu berücksichtigen. Die Annahme von neun latenten Dimensionen scheint somit erst einmal nicht zuzutreffen.

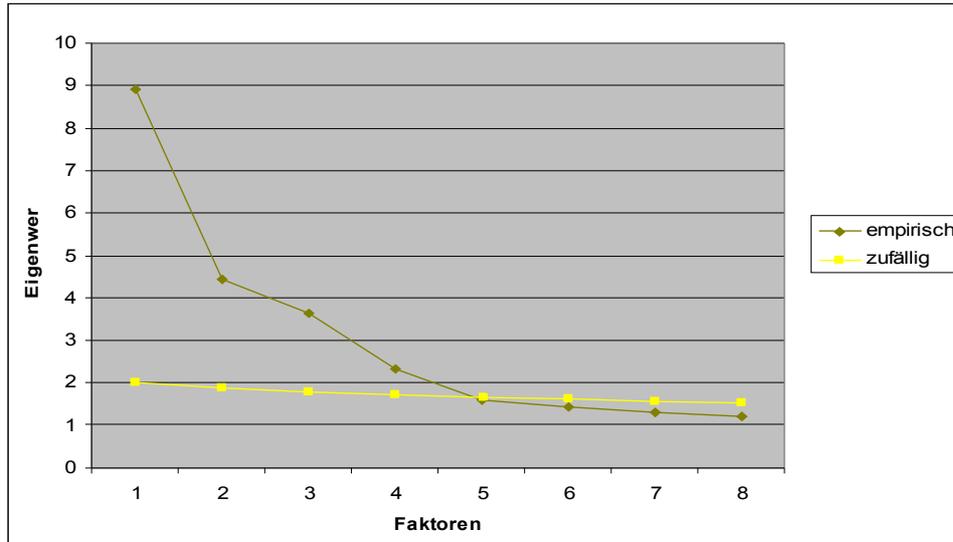


Abbildung 9: Ergebnis der Parallelanalyse: Empirisch gefundener ($N = 277$ Lehrkräfte) und zufällig generierter Eigenwerteverlauf (1000 simulierte Stichproben von $N = 277$ mit einem $N(\text{Items}) = 47$)

Im Folgenden wurde daher eine Faktorenanalyse (promax-rotierte Hauptkomponenten-Analyse, s. Kapitel 4.4.4.2) durchgeführt, bei der fünf Komponenten extrahiert wurden. In Tabelle 7 sind die Ladungen aller 47 Items auf den fünf Faktoren wiedergegeben.

Tabelle 7
 Faktorladungen auf der Basis einer promax-rotierten Hauptkomponenten-Analyse, fünf-faktorielle Lösung

Item		Komponente				
		1	2	3	4	5
eig14	Es kommt darauf an, dass die Schüler selbst Erklärungen für ein Naturphänomen suchen, auch wenn diese nicht sachlich korrekt sind.	.737				
eig13	Der Lehrer sollte den Kindern viel Zeit einräumen, eigene Deutungen für ein Naturphänomen zu suchen, auch wenn diese fachlich nicht richtig sind.	.692				
dis5 (-)	Die Themen im nat. SU sind für Diskussionen unter den Kindern eher ungeeignet.	.585				
eig4	Wenn Kinder im nat. SU ihre eigenen Formulierungen verwenden dürfen, können sie Naturphänomene besser verstehen.	.582				
eig10	Lehrer sollten Schülern, die Probleme mit der Deutung eines Phänomens haben, Zeit für ihre eigenen Deutungsversuche lassen.	.561				
dis10	Die Kinder sollten auch dann [...] ihre Vorstellungen untereinander diskutieren, wenn [...] einige Kinder falsche Vorstellungen [...] haben.	.559				
eig11	Man sollte den Schülern ermöglichen, sich erst ihre eigenen Deutungen zu suchen, bevor der Lehrer Hilfen gibt.	.550				
dis9	Im nat. SU sollten die Kinder aufgefordert werden, ihre Deutungen zu einem Phänomen gegenüber Mitschülern zu vertreten.	.529				
eig12 (-)	Das Lernen wird ineffizient, wenn die Kinder im nat. SU eigene Deutungen für Naturphänomene suchen sollen und dabei falsche Vorstellungen entstehen.	.476				
eig6	Schüler lernen Naturwissenschaften am besten, indem sie selbst Wege zur Lösung von Problemen suchen.	.461				
eig8 (-)	Wenn die Schüler im nat. SU eigene Ideen entwickeln, wird das Lernen fachlich angemessener Vorstellungen erschwert.	.413				
dis1	Damit Schüler Naturphänomene verstehen, ist es entscheidend, dass sie ihre eigenen Lösungsideen untereinander diskutieren.	.366				
sch3	Grundschul Kinder können zu naturwissenschaftlichen Phänomenen bereits hartnäckige Vorstellungen haben, die den Lernprozess erschweren.		.801			
con12	Wenn Kinder naturwissenschaftliche Inhalte lernen, stehen oft alte Vorstellungen in ständiger Konkurrenz mit neu erworbenen Vorstellungen.		.782			
sch10	Schüler lassen im nat. SU so schnell nicht ab von den Vorstellungen, die sie mit in den Unterricht bringen.		.745			
con13	Naturwiss. Lernen bedeutet oft, dass sich neue Vorstellungen bei den Kindern erst auf lange Sicht gegen alte Erklärungsmuster durchsetzen.		.740			
con4	Lernen im nat. SU bedeutet oft ein inneres Ringen (Hinundher) zwischen alten und neuen Vorstellungen über ein Phänomen.		.715			
sch4	Grundschul Kinder kommen mit teilweise tief in Alltagserfahrungen verankerten Vorstellungen zu Naturphänomenen in den Unterricht hinein.		.533			
con7	Um das Lernen der Kinder herauszufordern, sollte der Lehrer sie mit [...] Phänomenen konfrontieren, die den Erwartungen des Kindes widersprechen.		.405			
con3	Wenn Kinder mit ihren [...] Erklärungsansätzen zu einem Naturphänomen zufrieden sind, wird das Lernen [...] angemessener Vorstellungen erschwert.		.383			
con2	Kinder erlernen naturwissenschaftliches Wissen nur, wenn neue Vorstellungen für sie überzeugender sind als ihre alten Vorstellungen.					
tra1	Schwächeren Schülern müssen Naturphänomene erklärt werden.			.718		
tra9	Bevor Kinder selbst Versuche durchführen, sollte der Lehrer ihnen [...] theoret. Grundlagen zu dem Naturphänomen vermitteln, das untersucht werden soll.			.697		
tra10	Bevor Kinder naturwissenschaftliche Zusammenhänge verstehen können, sollten ihnen grundlegende Begriffe vermittelt werden.			.651		
tra4	Am besten lernen Grundschul Kinder Naturwissenschaften aus Darstellungen und Erklärungen ihrer Lehrperson.			.612		
tra5	Damit wirklich alle Schüler ein Naturphänomen verstehen können, sind Erklärungen durch den Lehrer unerlässlich.			.560		
tra7	Das Lernen eines Merksatzes ist wichtig für das Verstehen eines Phänomens.			.526		
tra3	Schüler der Grundschule benötigen beim Lösen naturwissenschaftlicher Probleme ausführliche Anleitungen, die sie schrittweise befolgen können.			.467		
anw2	Wenn Kinder nicht direkt an Anwendungsbeispielen lernen, haben sie Probleme, das Erlernte auf den Alltag zu übertragen.				.675	
anw7	Themen im nat. SU sollten immer an einer Fragestellung aufgehängt werden, die einen direkten Bezug zu Problemen oder Aspekten des alltägl. Lebens hat.				.663	
mot6	Nur wenn für die Kinder die Auseinandersetzung mit einem naturwissenschaftlichen Thema wirklich bedeutsam ist, können sie erfolgreich lernen.				.661	

Item	Komponente						
	1	2	3	4	5		
anw9	Nur wenn Themen im nat. SU in echte Fragestellungen aus dem Alltag eingebunden sind, können die Kinder das erworbene Wissen auch anwenden.				.613		
mot7	Nur wenn die Kinder bei einem naturwissenschaftlichen Thema motiviert sind, können sie verstandenes Wissen aufbauen.				.598		
anw3	Das Lernen sollte während der ganzen Zeit an Problemen oder Aspekten aus dem Alltag orientiert sein.				.590		
mot9	Eine notwendige Voraussetzung jeden Wissenserwerbs ist auch im nat. SU, dass die Kinder motiviert sein müssen.				.545		
mot2	Kinder können Naturphänomene nur verstehen, wenn sie motiviert sind, diese zu verstehen.				.489		
anw6	Echte und komplexe Problemstellungen aus dem Alltag müssen der Ausgangspunkt des nat. SU sein.				.379		
lai9	Ohne Eingreifen und Lenken des Lehrers lernen Kinder im nat. SU am besten.				.731		
lai2	Gespräche über die Deutung von Naturphänomenen sind nur sinnvoll, wenn sich der Lehrer dort ganz heraushält.				.687		
lai5	Für mich gilt die Maxime: Kinder sollen im nat. SU Experimente grundsätzlich ohne Hilfe des Lehrers selbstständig entwickeln.				.662		
pra9	Das Durchführen von Versuchen im nat. SU stellt eigentlich schon sicher, dass die Kinder Naturphänomene verstehen.				.650		
pra7	Wenn Kinder Versuche durchführen [...], ist eigentlich schon sichergestellt, dass sie die naturwiss. Inhalte der Grundschule lernen.		.392		.619		
lai3	Der Lehrer soll die Kinder im nat. SU bei der Suche nach einem Lösungsweg ganz eigenständig vorgehen lassen und sich dabei vollkommen zurückhalten.				.586		
lai13 (-)	Wenn der Lehrer die Kinder anspruchsvolle naturwiss. Themen ganz selbständig bearbeiten lässt, können die Kinder diese Themen nicht verstehen.		-.398		.505		
pra5 (-)	Für das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte der Grundschule reicht es keineswegs, die Kinder praktisch handeln zu lassen.				.447		
pra6	Das Handeln der Kinder im nat. SU ist so entscheidend, dass andere Prinzipien der Unterrichtsgestaltung zweitrangig sind.				.436		
pra1	Für den Sachunterricht in der Grundschule gilt: Spaß beim Handeln ist ein Garant für Lernen.		.357		.417		
		Eigenwert	8.9	4.4	3.7	2.3	1.6
		Erklärte Varianz	18.6	9.3	7.6	4.9	3.3

Anm. Ladungen kleiner als 0.35 nicht angegeben; die drei Buchstaben der Itemkürzel geben die Zuordnung zu den neun theoretischen Konstrukten an (s.u.); mit (-) gekennzeichnete Items wurden umkodiert; 'nat. SU' bedeutet naturwissenschaftlicher Sachunterricht; ungekürzte nach Subskalen geordnete Items sind im Anhang beigeführt

Auch wenn die Annahme von neun latenten Dimensionen durch die Ergebnisse der Parallelanalyse und des Scree-Tests zunächst nicht gestützt wird, so zeigt sich doch, dass sich die angenommenen neun Konstrukte in den extrahierten fünf Komponenten nahezu perfekt widerspiegeln. Die theoretischen Konstrukte bilden jeweils spezifische Facetten der fünf Hauptfaktoren. Die erste Komponente umfasst die beiden Konstrukte 'Entwicklung eigener Deutungen (**eig**)' und 'Diskussion von Schülervorstellungen (**dis**)'. Für Grundschullehrkräfte scheinen demnach diese beiden Aspekte zusammen zu gehören, d.h. es liegt hier nur eine Vorstellung zum Lehren und Lernen als latente Dimension zugrunde. Die zweite Komponente repräsentiert die Konstrukte 'Schüler mit Vorstellungen über Naturphänomene (**sch**)' und 'Conceptual Change (**con**)'. Auch diesen beiden Konstrukten scheint nur eine latente Vorstellung von Grundschullehrkräften zugrunde zu liegen. Die dritte Komponente repräsentiert die als 'Transmission (**tra**)' bezeichnete Vorstellung. Die vierte Dimension umfasst die Konstrukte 'Anwendungsbezogenes Lernen (**anw**)' und 'Motiviertes Lernen (**mot**)'. Grundschullehrkräfte scheinen Anwendungsbezüge im Unterricht in engem Zusammenhang mit einem motivierenden Unterricht zu sehen. Auch die als 'Praktizismus (**pra**)' und als 'Laisser-faire (**lai**)' bezeichneten Vorstellungen bilden offenbar nur Facetten einer übergeordneten Vorstellung zum Lehren und Lernen. Das Zusammenfallen dieser beiden Facetten scheint plausibel, da die Vorstellung 'Laisser-faire' auch theoretisch die als 'Praktizismus' bezeichnete Vorstellung umfasst. Letztere stellt gewissermaßen einen Spezialfall der 'Laisser-faire'-Vorstellung dar, nur dass hier zusätzlich die Bedeutung praktischen Tuns im Unterricht hervorgehoben wird.

Die Zuordnung der Items zu den fünf Dimensionen ist recht eindeutig. Nur bei drei Items der fünften Komponente zeigen sich Doppelladungen mit dem Faktor, der die Vorstellung 'Transmission' repräsentiert. Wegen der bereits vorliegenden Befunde, die eine Kovariation von 'praktizistischen' und 'transmissiven' Vorstellungen zeigen (vgl. Kapitel 2.3.2.3), werden diese drei Items auch nicht aus den

Skalen ausgeschlossen.

Das Item con2, das nur eine geringe Ladung auf der zweiten Komponente aufweist (.296), wird ebenfalls nicht entfernt, da auf diese Weise eine bessere Vergleichbarkeit der in dieser Untersuchung gefundenen Ergebnisse mit Befunden aus dem BiQua-Projekt zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen gewährleistet ist.

Wegen der guten Zuordenbarkeit der angenommenen neun Konstrukte zu den empirisch gefundenen fünf Komponenten und vor dem Hintergrund von Ergebnissen zur diskriminanten Validität der neun Subskalen (s. das noch folgende Kapitel 5.1.1.4) werden im Folgenden nur noch Ergebnisse zu diesen neun Skalen und nicht zu den Skalen, die auf den fünf Hauptkomponenten basieren würden, berichtet. Auch bei den zentralen Analysen der vorliegenden Arbeit zum Zusammenhang von Lehrervorstellungen mit Lernfortschritten der Schüler werden die o.g. neun Skalen zugrunde gelegt. Darauf wird ebenfalls in Kapitel 5.1.1.4 noch etwas näher eingegangen.

5.1.1.2 Interne Validität: Legitimation der Interpretation quantitativer Messwerte

In diesem Abschnitt werden Ergebnisse zu der Frage dargestellt, ob die entwickelten Skalen wie erwartet quantitative Ausprägungen einer Eigenschaft (hier einer bestimmten Vorstellung zum Lehren und Lernen) und nicht qualitative Personenunterschiede messen. Kann nachgewiesen werden, dass ein quantitatives Testmodell den Daten besser entspricht als ein klassifizierendes, so kann dies als Hinweis auf interne Validität des Tests interpretiert werden (vgl. Rost, 2004, S. 35 f.; Embretson, 2007).

In der folgenden Tabelle 8 sind Ergebnisse eines solchen Modellvergleichs dargestellt. Verglichen wurde die Passung des eindimensionalen Partial-Credit-Modells mit der Passung der Partial-Credit-Variante des Mixed-Rasch-Modells mit zwei bis fünf Klassen (vgl. Rost, 2004, S. 347-351). Für den Vergleich der Modellpassung werden je zwei Model-Fit-Indizes, der C-AIC (Consistent Akaiques Information Criterion) und der BIC (Bayes Information Criterion), angegeben. Eine bessere Modellpassung wird durch niedrigere Werte in den Model-Fit-Indizes angezeigt (vgl. Rost, 2004).

Tabelle 8

Vergleich der Passung des (eindimensionalen) Partial-Credit-Modells mit der Passung der Partial-Credit-Variante des Mixed-Rasch-Modells mit zwei bis fünf Klassen anhand informationstheoretischer Maße (BIC, CAIC)

Subskalen (Kürzel)		mot	anw	eig	dis	con	sch	tra	lai	pra
1 Klasse	BIC	2716.15	3707.24	6283.88	2489.95	5140.55	2542.76	5693.22	4048.04	4318.83
	CAIC	2733.15	3728.24	6320.88	2506.95	5165.55	2555.76	5722.22	4074.04	4339.83
2 Klassen	BIC	2735.12	3757.64	6329.38	2531.47	5218.12	2563.01	5779.30	4205.43	4381.01
	CAIC	2770.12	3800.64	6404.38	2566.47	5269.12	2590.01	5838.30	4258.43	4424.01
3 Klassen	BIC	2802.94	3849.49	6476.91	2609.89	5368.37	2609.88	5870.20	4358.45	4495.25
	CAIC	2855.94	3914.49	6589.91	2662.89	5445.37	2650.88	5959.20	4438.45	4560.25
4 Klassen	BIC	2895.41	3969.16	6702.28	2756.87	5426.99	2690.68	6037.10	4534.68	4623.63
	CAIC	2966.41	4056.16	6853.28	2827.87	5529.99	2745.68	6156.10	4641.68	4710.63
5 Klassen	BIC	3039.03	4729.06	6844.83	2812.42	5500.24	2746.95	6196.40	4910.69	4672.15
	CAIC	3128.03	4838.06	7033.83	2901.42	5629.24	2815.95	6345.40	5044.69	4781.15

Es zeigt sich, dass sich das Antwortverhalten der Lehrkräfte in allen neun Skalen besser durch das ein-dimensionale Partial-Credit-Modell als durch die Partial-Credit-Variante des Mixed-Rasch-Modells mit zwei bis fünf Klassen beschreiben lässt. Sowohl die Werte des BIC wie auch die des C-AIC führen zu diesem Ergebnis. Die Ergebnisse stützen also die Annahme der Gültigkeit eines quantitativen Testmodells. Die entwickelten Skalen erfassen somit eher quantitative Unterschiede auf je einer latenten Merkmalsdimension als qualitative Personenunterschiede: Die untersuchten Lehrkräfte bearbeiten die Items einer Skala aufgrund derselben Eigenschaft (hier Vorstellung zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften) und es ist nicht davon auszugehen, dass verschiedene Personengruppen die Items aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften bzw. Fähigkeiten beantworten.

Da die Skalen entwickelt wurden, um bei Grundschullehrkräften quantitative Unterschiede in verschiedenen Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zu messen, können diese Ergebnisse als Hinweis auf interne Validität der Skalen gesehen werden. Wenn die konstruierten Skalen quantitative Unterschiede auf je einer latenten Merkmalsdimension erfassen, bedeutet das, dass Mittelwerte oder Summenwerte, die über die Items einer Skala gebildet werden, eine suffiziente Statistik des zu erfassenden Merkmals darstellen (Rost, 2004). Suffizient meint, dass der Mittel- bzw. Summenwert alle Informationen über die Merkmalsausprägung der jeweiligen Person liefert, ohne dass das Antwortprofil der Person betrachtet werden müsste.

5.1.1.3 Zentrale Kennwerte der Items und Skalen

Im vorigen Abschnitt wurde mit Verfahren der probabilistischen Testtheorie gezeigt, dass die entwickelten Skalen quantitative Unterschiede auf je einer latenten Merkmalsdimension erfassen. In diesem Fall stellen Mittelwerte oder Summenwerte, die über die Items einer Skala gebildet werden, eine suffiziente Statistik des zu erfassenden Merkmals dar. Die Qualität von Items und Skalen kann dann mit Verfahren der klassischen Testtheorie analysiert werden (vgl. Rost, 2004). In diesem Abschnitt werden zentrale Kennwerte der konstruierten Items und Skalen im Sinne der klassischen Testtheorie berichtet.

In Tabelle 9 sind Skalenmittelwerte und -standardabweichungen sowie Mittelwerte und Standardabweichungen der Items als Maß für deren Schwierigkeit und Streuung, korrigierte Item-Skalenwert-Korrelationen als Maß für die Trennschärfe der Items und schließlich interne Konsistenzen (Cronbachs Alpha) als Maß für die Reliabilität der Skalenwerte angegeben.

Tabelle 9

Zentrale Kennwerte der Items und Skalen: Anzahl der Items pro Skala, Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen und Items, Item-Skalenwert-Korrelationen und interne Konsistenzen der Skalen (Cronbachs Alpha)

Skala	N_{Items}	M_{Skala}	SD_{Skala}	M_{Items} (min.-max.)	SD_{Items} (min.-max.)	r_{it} (min.-max.)	Cronbachs Alpha
Motiviertes Lernen (mot)	4	3.14	.58	2.93 - 3.51	.63 - 1.10	.38 - .55	.69
Anwendungsbezogenes Lernen (anw)	5	3.06	.61	2.91 - 3.23	.80 - .90	.39 - .71	.77
Entwicklung eigener Deutungen (eig)	8	3.12	.54	2.53 - 3.56	.59 - 1.16	.35 - .60	.79
Diskussion von Schülervorstellungen (dis)	4	3.51	.51	3.49 - 3.61	.62 - .86	.39 - .51	.67
Conceptual Change (con)	6	2.89	.69	2.62 - 3.33	.85 - 1.08	.45 - .74	.84
Schülervorstellungen (sch)	3	2.53	.75	2.16 - 2.91	1.01 - 1.11	.69 - .79	.87
Laissez-faire (lai)	5	1.63	.63	1.04 - 2.20	.75 - 1.06	.38 - .63	.74
Praktizismus(pra)	5	1.99	.68	1.31 - 2.86	.90 - 1.14	.44 - .65	.75
Transmission (tra)	7	1.11	.63	.59 - 1.96	.58 - .97	.41 - .57	.77

Anm. Kodierung der Antworten von 0 ('stimmt überhaupt nicht') bis 4 ('stimmt völlig')

Die Ergebnisse der Analyse der Itemschwierigkeiten zeigt, dass bei einigen Items Deckeneffekte vorliegen. Dies betrifft die Items der Skala 'Diskussion von Schülervorstellungen' sowie je ein Item der Skalen 'Motiviertes Lernen' (mot9) und 'Entwicklung eigener Deutungen' (eig8). Ein Deckeneffekt spiegelt sich daher auch im Mittelwert der Skala 'Diskussion von Schülervorstellungen' wider. Entsprechend ist die Streuung bei den Items dieser Skala relativ gering.

Die Trennschärfen der Items liegen durchweg über .35 und können daher als zufriedenstellend angesehen werden. Die internen Konsistenzen der Skalen sind ebenfalls als zufriedenstellend zu bewerten. Es kann somit von einer hinreichenden Reliabilität der Messwerte ausgegangen werden.

5.1.1.4 Konstruktvalidität

In diesem Abschnitt werden Ergebnisse der Prüfung der Konstruktvalidität der konstruierten Skalen beschrieben, also Ergebnisse der Prüfung, ob die Skalen auch die Merkmale (hier verschiedene Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften) messen, die sie messen sollen.

Erste Evidenz für Konstruktvalidität der Skalen liefern die zuvor berichteten Ergebnisse der Faktorenanalyse. Es konnte gezeigt werden, dass sich die angenommenen neun Konstrukte empirisch mittels Faktorenanalysen rekonstruieren lassen. Die theoretisch erwarteten Konstrukte scheinen sich also auch im Antwortverhalten der Lehrkräfte widerzuspiegeln. Allerdings bilden sich nicht alle angenommenen Konstrukte auf separaten Faktoren ab. Dies stellt einen Hinweis auf mangelnde diskriminante Validität der Subskalen dar, die auf einem gemeinsamen Faktor laden. Auf die Frage der diskriminanten Validität wird im Folgenden noch etwas näher eingegangen. Da es sich bei den berichteten Faktorenanalysen um exploratorische und nicht um konfirmatorische Faktorenanalysen handelt, ist die Tragfähigkeit der Schlüsse auf Konstruktvalidität jedoch eingeschränkt.

Im Folgenden werden etwas ausführlicher Ergebnisse zur Prüfung der Konstruktvalidität dargestellt, die auf einem Multitrait-Multimethod-Ansatz (MTMM) basieren. Dabei werden die getroffenen

Annahmen (s. Kapitel 4.4.4.5) zu den vier Blöcken der MTMM-Matrix schrittweise überprüft, um so Aussagen über die konvergente und diskriminante Validität als Aspekte der Konstruktvalidität der entwickelten Skalen machen zu können.

➔ *Monotrait-Heteromethod-Block*: Hier werden zunächst Korrelationen der Werte der Fragebogenskalen mit den mittels Interviews erfassten Werten zu den entsprechenden Konstrukten herangezogen (Werte auf der Diagonale in Tabelle 10). Erwartet wurden substantielle Korrelationen zwischen den (theoretisch) korrespondierenden Fragebogenskalen und Interview-Kategorien. Substantielle Korrelationen können dann als Hinweis auf konvergente Validität der jeweiligen Fragebogenskalen interpretiert werden.

Tabelle 10

Monotrait-Heteromethod- und Heterotrait-Heteromethod-Block: Korrelationen der neun Subskalen mit Kategorien der Interview-Analyse

<i>Interview-Kategorien</i>	<i>Likert-Skalen</i>								
	<i>mot</i>	<i>anw</i>	<i>eig</i>	<i>dis</i>	<i>con</i>	<i>sch</i>	<i>tra</i>	<i>lai</i>	<i>pra</i>
Motivation als Voraussetzung für Lernen	.329†	.178	.116	-.034	.281	.203	.008	-.182	-.016
Anwendungsbezogenes Lernen	-.130	.240	.228	.100	-.071	-.143	.074	.025	.039
Schüler sollten eigene Deutungen von Naturphänomenen entwickeln	-.050	.426*	.274	.223	-.089	-.055	-.133	.258	.277
Schüler sollten ihre Vorstellungen diskutieren	-.192	-.173	-.006	.054	.021	.007	-.219	.109	.005
Lehren und Lernen im Sinne von Conceptual Change	.235	-.207	.051	-.002	.479**	.289	-.137	-.112	-.252
Schüler mit Vorstellungen im Sinne von Präkonzepten	-.089	-.038	-.002	-.107	.299	.589**	-.206	-.217	-.204
Transmission	-.013	.181	.033	-.108	-.302	-.154	.124	-.200	-.189
Notwendigkeit von prozessbezogenen Hilfestellungen	.140	.009	-.058	.045	.242	.382*	.208	-.304	-.335*
Ablehnung Praktizismus	.048	-.186	-.276	-.061	.273	.260	-.129	-.258	-.375*

*Anm. Korrelationen des Monotrait-Heteromethod-Blocks (Diagonale) sind türkis markiert. Signifikante, nicht auf der Diagonalen liegende Korrelationen sind grau unterlegt.
 † $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$*

Die in der Diagonale von Tabelle 10 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass z.T. substantielle Korrelationen zwischen den Fragebogenskalen und den (theoretisch) korrespondierenden Interview-Kategorien vorliegen. Dies trifft auf die Skalen 'Conceptual Change', 'Schülvorstellungen' und 'Praktizismus' zu. Im letzteren Fall konnte nur eine Interview-Kategorie herangezogen werden, die die Ablehnung einer 'praktizistischen' Vorstellung von Lehren und Lernen erfasst. Die negative Korrelation ist also erwartungsgemäß. Die Korrelation der Skala 'Motiviertes Lernen' mit der entsprechenden Interview-Kategorie ist auf 10%-Niveau signifikant. Wegen der geringen Stichprobengröße von 29 Lehrkräften scheint es angebracht, hier auch von einer substantiellen Korrelation zu sprechen. Die Skala 'Laisser-faire' korreliert mit $-.304$ immerhin in der erwarteten Richtung, wenn auch nicht signifikant, mit der Kategorie, die die Betonung der Notwendigkeit von prozessbezogenen Hilfestellungen erfasst. Die Skalen 'Anwendungsbezogenes Lernen', 'Entwicklung eigener Deutungen' und 'Transmission' korrelieren in der erwarteten Richtung, jedoch nur schwach mit den theoretisch korrespondierenden Interview-Kategorien. Bei der Skala 'Diskussion von Schülvorstellungen' liegt eine Null-Korrelation vor. Hier und eingeschränkt auch bei den zuvor genannten drei Skalen scheinen Probleme der konvergenten Validität vorzuliegen.

Bei den Skalen 'Motiviertes Lernen', 'Conceptual Change', 'Schülvorstellungen' und 'Praktizismus' sprechen die Ergebnisse für konvergente Validität der Skalen.

Wie im Methoden-Kapitel angedeutet wurden Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen über die Interviews hinaus auch mittels offener Fragen in Fragebögen erfasst und zur Prüfung der konvergenten Validität der entwickelten Skalen herangezogen. Ergebnisse dazu sind bei Kleickmann, Möller und Jonen (vgl. 2005) beschrieben. Die dort berichteten Korrelationen fallen ähnlich aus wie die zuvor dargestellten Zusammenhänge der Skalen mit den Interview-Antworten. Positive signifikante Korrelationen finden sich insbesondere bei den Skalen 'Conceptual Change' und 'Schülvorstellungen', erwartungsgemäß negative, allerdings schwache Korrelationen ergeben sich bei den Skalen 'Laisser-faire' und 'Praktizismus' mit der Kategorie 'Hilfestellungen geben'. Eine Null-Korrelation zeigt sich zwischen der Skala 'Anwendungsbezogenes Lernen' und einer entsprechenden Kategorie aus der Analyse der freien Antworten der Lehrkräfte (vgl. Kleickmann, Möller & Jonen, 2005).

→ *Heterotrait-Heteromethod-Block:* In Tabelle 10 sind Korrelationen der neun Subskalen mit Kategorien der Interview-Analyse angegeben. Für die Heterotrait-Heteromethod-Analysen werden nun die Korrelationen der theoretisch nicht direkt korrespondierenden Merkmale herangezogen (Werte unter- und oberhalb der Diagonale). In Tabelle 11 werden des Weiteren die Korrelation der Skala 'Schülvorstellungen' mit einer Interview-Kategorie angegeben, die ein unspezifisches, eher quantitatives Verständnis des Vorwissens der Schüler erfasst, sowie die Korrelation der Skala 'Praktizismus' mit einer Interview-Kategorie, die die Vorstellung erfasst, dass handelndes Lernen für Schüler im Grundschulalter bedeutsam ist, aber keine hinreichende Bedingung für verständnisvolles Lernen der Schüler darstellt. (Bei dieser Lehrervorstellung sollte es sich also um keinen 'naiven Konstruktivismus' handeln.) Es wurde erwartet, dass im Heterotrait-Heteromethod-Block keine substanziellen Korrelationen vorliegen. Nicht substanzielle Korrelationen können als Hinweis auf diskriminante Validität der jeweiligen Fragebogenskala interpretiert werden.

Bei den in Tabelle 10 angegebenen Heterotrait-Heteromethod-Korrelationen (Werte unter- und oberhalb der Diagonalen) zeigen sich erwartungskonform fast durchgängig keine substanziellen Zusammenhänge. Ausnahmen stellen die theoretisch nicht erwarteten signifikanten Korrelationen der Skala 'Anwendungsbezogenes Lernen' mit der Interview-Kategorie 'Schüler sollten eigene Deutungen von Naturphänomenen entwickeln' sowie der Skala 'Schülvorstellungen' mit der Interview-Kategorie 'Notwendigkeit von prozessbezogenen Hilfestellungen' dar. Die signifikante Korrelation der Skala 'Praktizismus' mit der Interview-Kategorie 'Notwendigkeit von prozessbezogenen Hilfestellungen' ist durchaus mit dem Konstrukt der Skala 'Praktizismus' konform, so dass diese Korrelation nicht als Hinweis auf mangelnde diskriminante Validität der Skala verstanden wird. Von den genannten beiden Ausnahmen abgesehen, können die in Tabelle 10 angegebenen Heterotrait-Heteromethod-Korrelationen als Hinweis auf diskriminante Validität der entwickelten neun Fragebogenskalen gesehen werden.

Vergleicht man die in Tabelle 10 angegebenen Monotrait-Heteromethod-Korrelationen (Werte auf der Diagonale) mit den Heterotrait-Heteromethod-Korrelationen, so zeigt sich, dass im Falle der Skalen 'Motiviertes Lernen', 'Conceptual Change', 'Schülvorstellungen', 'Laisser-faire' und 'Praktizismus' erwartungsgemäß die höchsten Korrelationen in der Diagonalen liegen. Etwas eingeschränkt gilt dies

auch noch für die Skala 'Entwicklung eigener Deutungen'. Die Skala 'Anwendungsbezogenes Lernen' korreliert erwartungswidrig am stärksten mit der Kategorie 'Schüler sollten eigene Deutungen von Naturphänomenen entwickeln'. Bei den Skalen 'Transmission' und 'Diskussion von Schülervorstellungen' liegen ebenfalls die höchsten Werte nicht in der Diagonalen. Die Korrelationen sind jedoch insgesamt gering, so dass eher von Problemen der konvergenten Validität auszugehen ist.

Tabelle 11

Heterotrait-Heteromethod-Matrix 2: Korrelation der Skalen 'Schülervorstellungen' (sch) und 'Praktizismus' (pra) mit zwei zusätzlichen Interview-Kategorien

Interview-Kategorien	sch	pra
'Quantitatives' oder unspezifisches Verständnis des Vorwissens der Schüler (Interview-Kategorie)	.025	
Betonung der Bedeutung von 'hands-on'-Erfahrungen (Interview-Kategorie)		.041

† $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$

Die in Tabelle 11 berichteten (Null-)Korrelationen weisen darauf hin, dass die Skala 'Schülervorstellungen' nicht ein 'quantitatives' oder unspezifisches Verständnis des Vorwissens der Schüler erfasst und dass die Skala 'Praktizismus' nicht die 'reine' Betonung der Bedeutung von 'hands-on'-Erfahrungen misst, was keinen 'naiven Konstruktivismus' darstellen würde. Die gefundenen Korrelationen sprechen also für diskriminante Validität der genannten beiden Skalen im Hinblick auf die mit den Interview-Kategorien erfassten verwandten Konstrukte.

➔ *Heterotrait-Monomethod- und Monotrait-Monomethod-Block:* In Tabelle 12 sind Inter-Korrelationen und interne Konsistenzen der konstruierten Subskalen aufgeführt. Da die Skalen unterschiedliche Konstrukte erfassen sollen, sollten die Korrelationen nicht allzu groß sein, da hohe Korrelationen auf Redundanzen in den Konstrukten oder auf unsensible Messungen hindeuten. In der Diagonale der Matrix (Monotrait-Monomethod) sind anstelle der Autokorrelationen die internen Konsistenzen (Cronbachs Alpha) der Skalen angegeben. Erwartet wurde, dass diese Werte durchweg die höchsten sind.

Tabelle 12

Heterotrait-Monomethod- und Monotrait-Monomethod-Block: Inter-Korrelationen und interne Konsistenzen der neun Subskalen

	<i>mot</i>	<i>anw</i>	<i>eig</i>	<i>dis</i>	<i>con</i>	<i>sch</i>	<i>tra</i>	<i>lai</i>	<i>pra</i>
<i>mot</i>	.69								
<i>anw</i>	.410**	.77							
<i>eig</i>	.152	.300*	.79						
<i>dis</i>	.136	.161	.589**	.67					
<i>con</i>	.333*	.188	.113	.251	.84				
<i>sch</i>	.271	-.081	.033	.031	.733**	.87			
<i>tra</i>	-.238	-.091	-.206	-.371*	-.487**	-.256	.77		
<i>lai</i>	-.235	.125	.422**	.225	-.133	-.314*	-.222	.74	
<i>pra</i>	-.075	.181	.429*	.082	-.394**	-.414*	.183	.408**	.75

Anm. Monotrait-Monomethod-Diagonale: Statt der Autokorrelationen sind interne Konsistenzen der Skalen (Cronbachs Alpha, gerundet auf zwei Nach-Komma-Stellen) angegeben; farbige Hervorhebungen im Text erläutern
 † $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$

In den Korrelationen spiegelt sich zunächst wider, dass die theoretisch angenommenen neun Konstrukte in nur fünf Faktoren repräsentiert sind. Dementsprechend korrelieren die einer Hauptkomponente zugeordneten Skalen z.T. recht hoch (blau markiert): Die Skala 'Motiviertes Lernen' kovariiert mit der Skala 'Anwendungsbezogenes Lernen', die Skala 'Conceptual Change' mit der Skala 'Schülervorstellungen', die Skala 'Entwicklung eigener Deutungen' mit der Skala 'Diskussion von Schülervorstellungen' sowie die Skala 'Praktizismus' mit der Skala 'Laisser-faire'. Auf die inhaltliche Deutung der Kovariation dieser Konstrukte wurde bereits im Kapitel 5.1.1.1 zu Faktorenanalysen eingegangen. Die Korrelationen dieser Skalen sind allerdings nicht so hoch, dass von identischen erfassten Traits gesprochen werden kann. Auch die Korrelation der beiden Skalen 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' von .733 bedeutet gerade mal eine gemeinsame Varianz von etwa 54%. Dies spricht dafür, die neun Skalen auch in den weiteren Analysen getrennt zu betrachten.

Neben den Korrelationen der Skalen innerhalb einer der fünf Hauptkomponenten zeigen sich aber auch substanzielle Kovarianzen zwischen Skalen, die auf verschiedenen Hauptkomponenten liegen (türkis markiert). So korreliert die Skala 'Entwicklung eigener Deutungen' positiv mit der Skala 'Anwendungsbezogenes Lernen' sowie die Skala 'Diskussion von Schülervorstellungen' negativ mit der Skala 'Transmission'. Außerdem finden sich negative Korrelationen der Skalen 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' mit den Skalen 'Transmission', 'Laisser-faire' und 'Praktizismus'. Gemein ist diesen Kovarianzen, dass sie zwar einen Hinweis auf eingeschränkte diskriminante Validität der Skalen geben, aber davon abgesehen konsistent sind mit den Erwartungen bzgl. der Relevanz der entsprechenden Lehrervorstellungen für ein verständnisvolles Lernen der Schüler.

Auf gewichtigere Probleme der diskriminanten Validität weisen die positiven Korrelationen der Skala 'Entwicklung eigener Deutungen' mit den Skalen 'Laisser-faire' und 'Praktizismus' hin (orange markiert). Diese Kovarianz ist in den theoretisch angenommenen Konstrukten nicht intendiert. Da vor dem Hintergrund der zuvor berichteten Ergebnisse die konvergente Validität der Skalen 'Praktizismus' und 'Laisser-faire' höher einzuschätzen ist als die der Skala 'Entwicklung eigener Deutungen', scheint hier eine Konstrukt-Unschärfe der Skala 'Entwicklung eigener Deutungen' vorzuliegen, die zu Überschneidungen mit den Konstrukten 'Praktizismus' und 'Laisser-faire' führt.

Zu berücksichtigen ist bei den in der Heterotrait-Monomethod-Matrix berichteten Korrelationen, dass diese durch die einheitliche Methode bei der Erfassung der Konstrukte nicht ausschließlich als Trait-bezogene Kovarianz interpretiert werden dürfen. Vielmehr stellen die Korrelationen vermutlich eine Mischung aus Methoden- und Trait-Kovarianz dar. Die internen Konsistenzen der einzelnen Skalen sind durchweg wie erwartet größer als die Korrelationen mit den anderen Skalen.

5.1.2 Ergebnisse der Analysen des Schülerleistungstests

Zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses der Schüler von 'Schwimmen und Sinken' wurde, wie in Kapitel 4.5 beschrieben, ein Test eingesetzt, der im Rahmen der ersten Zwei-Jahres-Phase des o.g. BiQua-Projekts entwickelt worden war und für die Zwecke der in der zweiten und dritten BiQua-Phase

stattfindenden Studie zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts leicht modifiziert worden war. Eine ausführlichere Darstellung von Analysen zum Leistungstest, der der modifizierten Version, die in der vorliegenden Studie eingesetzt wurde, zugrunde liegt, findet sich bei Hardy, Jonen, Möller und Stern (vgl. 2006).

In diesem Abschnitt werden als zentrale Kennwerte im Sinne der klassischen Testtheorie Schwierigkeiten der Items im ICU-Summenwert sowie interne Konsistenzen der drei Summenwerte ICU, PHY und FV berichtet. Außerdem werden die Inter-Korrelationen der drei Summenwerte angegeben. Da in den ICU-Wert sowohl die Ablehnung von Fehlvorstellungen als auch die Annahme von physikalische Vorkonzepte eingehen, scheint es notwendig zu prüfen, ob die Erfassung der drei Summenwerte nicht redundant ist.

Die in Tabelle 13 angegebenen Schwierigkeitsindizes für die Items im Vor- und Nachtest sind als prozentualer Anteil der Schüler zu lesen, die das jeweilige Item gelöst haben. Somit handelt es sich eigentlich um einen 'Leichtigkeitsindex', da hohe Werte leichte Items anzeigen. Auf die Vornahme einer Korrektur um die Ratewahrscheinlichkeit des jeweiligen Items wurde verzichtet, um die Werte besser 'lesbar' zu erhalten. Statt dessen wird die Ratewahrscheinlichkeit separat angegeben. Sie ist mit 100 multipliziert, um die gleiche Metrik wie die des Schwierigkeitsindex zu erhalten.

Tabelle 13

Schwierigkeit der Items im Vor- und Nachtest sowie mit 100 multiplizierte Ratewahrscheinlichkeiten der Items.

Item	Ratewahrscheinlichkeit $\times 100$	Schwierigkeitsindex Vortest	Schwierigkeitsindex Nachtest	Item	Ratewahrscheinlichkeit $\times 100$	Schwierigkeitsindex Vortest	Schwierigkeitsindex Nachtest
2.1	1.6	8.3	28.3	5.3	25.0	49.9	68.7
2.2	1.6	2.3	15.4	6.1	50.0	44.3	72.7
2.3	1.6	5.0	26.5	6.2	50.0	38.5	68.5
2.4	1.6	2.8	25.9	6.4	50.0	55.9	81.3
3 (gesamt)	3.1	20.0	72.5	7.2	50.0	32.0	65.0
4.1	-	28.3	60.4	8.2	20.0	27.4	42.9
4.2	-	44.9	66.4	9.1	6.3	35.8	61.6
4.3	-	24.3	58.0	9.2	6.3	8.6	23.4
5.1	25.0	27.9	62.0	10 ('offen')	-	6.4	50.1
5.2	25.0	63.0	75.8	11 ('offen')	-	1.5	25.6

Anm. Bei den Items 4, 10 und 11 können wegen des Antwortformats keine Ratewahrscheinlichkeiten berechnet werden. Die Items sind im Anhang der Arbeit beigefügt. Die angegebenen Schwierigkeitsindizes basieren auf einem $N = 932$.

Die Analysen zeigen, dass viele Aufgaben im Vortest sehr schwierig sind (Items 2.1 - 2.4, 5.1, 6.1, 6.2, 6.4, 7.2, 8.2, 9.2). Der Anteil der korrekten Aufgabenlösungen liegt hier nahe bei dem Anteil, der durch Raten, also rein zufälliges Wählen der Alternativen (ohne die Anwendung spezieller Ratestrategien), erzielt worden wäre. Bei den Aufgaben 6 und 7 liegt der Anteil der korrekten Aufgabenlösungen sogar unter dem Anteil, der durch Raten erreicht worden wäre. Dies ist vermutlich maßgeblich auf die Vorgabe von typischen Fehlvorstellungen zurückzuführen, die den Schülern als korrekte Antworten offensichtlich plausibel erscheinen. Mit den hohen Itemschwierigkeiten im Vortest geht auch eine geringe

Differenzierung im unteren Fähigkeitsbereich einher. Im Nachtest streuen die Schwierigkeitsindizes deutlich besser, auch wenn hier ebenfalls leichte Items fehlen.

In den Indizes spiegeln sich außerdem die Lernfortschritte der Schüler vom Vor- zum Nachtest wider. Dabei zeigen sich bei einigen Items nur relativ geringe Veränderungen im Anteil der Schüler, die das Item lösen (z.B. Item 5.2), wohingegen bei anderen Items deutliche Veränderungen in den Indizes festzustellen sind (z.B. Aufgabe 10).

Aus den hohen Itemschwierigkeiten insbesondere im Vortest ergeben sich auch Konsequenzen für die internen Konsistenzen des ICU-Summenwertes, da extreme Itemschwierigkeiten (leicht oder schwer) i.d.R. zu verringerter Homogenität (geringe Inter-Korrelationen der Items) führen.

Tabelle 14

Interne Konsistenzen (Cronbachs Alpha) der drei Summenwerte ICU, PHY und FV

Summenwert	Anzahl Items	Cronbachs Alpha Vortest	Cronbachs Alpha Nachtest
ICU-Wert	20	.73	.81
PHY-Wert	12	.52	.68
FV-Wert	16	.67	.75

Anm. Die Werte basieren auf einem N = 932

Die interne Konsistenz des ICU-Summenwertes (s. Tabelle 14) ist dennoch zufriedenstellend, wenn auch im Vortest für die Anzahl der Items nicht besonders hoch. Beim Summenwert zu den physikalischen (Vor-)Konzepten zeigt sich im Vortest nur ein sehr niedriger Cronbachs Alpha-Wert, der aber für die vorgesehenen Analysen (Adjustierung der Nachtest-Leistung der Schüler) noch als ausreichend angesehen wird. Beim Summenwert zu Fehlvorstellungen sind die internen Konsistenzen im Vor- und Nachtest zufriedenstellend, wenn auch für die Testlänge ebenfalls nicht besonders hoch.

Tabelle 15

Korrelationen der drei Summenwerte ICU, PHY und FV

	ICU Vortest	PHY Vortest	ICU Nachtest	PHY Nachtest
PHY Vortest	.370**			
FV Vortest	-.442**	-.195**		
PHY Nachtest			.718**	
FV Nachtest			-.652**	-.435**

Anm. Werte basieren auf einem N = 932

† $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$

Die Inter-Korrelationen der drei Summenwerte zeigen, dass die zusätzliche separate Erfassung von Fehlvorstellungen und physikalischen (Vor-)Konzepten nicht redundant ist. Die Korrelationen des FV- und des PHY-Wertes mit dem ICU-Wert sind zwar mit .718 und -.652 im Nachtest relativ hoch, doch

spricht der entsprechende Anteil gemeinsamer Varianz von 52% bzw. 43% dafür, dass eigenständige Fähigkeiten erfasst werden.⁸ Die Korrelationen zwischen FV- und PHY-Wert sind im Vor- wie im Nachtest die geringsten. Dies ist aus der Definition der Konstrukte heraus auch zu erwarten, da bei diesen beiden Werten keine Überschneidungen der entsprechenden Konstrukte vorliegen, wie dies mit dem Konstrukt des integrierten konzeptuellen Verständnisses der Fall ist. Aber auch aus lerntheoretischer Sicht scheint plausibel, dass der FV- und der PHY-Wert nicht zu hoch korrelieren, da der Erwerb wissenschaftsnaher Vorstellungen und der Abbau bzw. das Beibehalten von Fehlvorstellungen als zumindest zu einem gewissen Grad unabhängige Prozesse gesehen werden können.

5.1.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Testanalysen

Die Ergebnisse der Faktorenanalysen zur Dimensionalität der erfassten Vorstellungen zum Lehren und Lernen zeigen, dass zwar nicht, wie theoretisch angenommen, neun latente Dimensionen von Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften identifiziert werden können, dass sich jedoch in den gefundenen fünf Hauptkomponenten die erwarteten neun Konstrukte als Facetten der Hauptkomponenten recht gut widerspiegeln. Die die neun angenommenen Konstrukte erfassenden Skalen werden für die weiteren Analysen zugrunde gelegt.

Anhand von Analysen, die auf der probabilistischen Testtheorie basieren, wurde geprüft, ob, wie erwartet, allen neun Skalen ein quantitatives Testmodell zugrunde liegt, was als Hinweis auf interne Validität der Skalen gesehen werden kann. Die Ergebnisse der Vergleiche von eindimensionalen Rasch-Modellen (hier Partial-Credit-Modelle) mit klassifizierenden Mixed-Rasch-Modellen bestätigten die Annahme der Gültigkeit eines quantifizierenden Testmodells in allen neun Skalen. Die Gültigkeit eines Modells aus der Gruppe der (eindimensionalen) Rasch-Modelle legitimiert die Interpretation von Mittel- oder Summenwerten als suffiziente Statistik für die Merkmalsausprägung einer Person.

Weitergehende Analysen im Sinne der Klassischen Testtheorie ergaben, dass, abgesehen von einem Deckeneffekt in der Skala 'Diskussion von Schülervorstellungen', die Kennwerte (Mittelwerte, Standardabweichungen und Trennschärfen der Items sowie Mittelwerte, Standardabweichungen und interne Konsistenzen der Skalenwerte) auf eine zufriedenstellende Güte der entwickelten Items und Skalen hinsichtlich der berichteten Kriterien hinweisen.

Die Ergebnisse der MTMM-Analysen zur Prüfung der Konstruktvalidität der entwickelten Skalen ergeben das folgende Bild: Hinweise für konvergente Validität (Monotrait-Heteromethod-Analysen) finden sich insbesondere bei den Skalen 'Motiviertes Lernen', 'Conceptual Change', 'Schülervorstellungen', 'Praktizismus' und 'Laisser-faire'. Probleme der konvergenten Validität zeigen sich bei der Skala 'Diskussion von Schülervorstellungen' und eingeschränkt auch bei den Skalen 'Anwendungsbezogenes Lernen' und 'Transmission'.

Bei den Heteromethod-Heterotrait-Korrelationen zeigen sich erwartungskonform fast durchgängig keine substanziellen Zusammenhänge. Ein Vergleich der Monotrait-Heteromethod-Korrelationen mit

⁸ Die Korrelationen sind natürlich durch die Messfehler der Summenwerte verdünnt. Dennoch scheinen die Korrelationen hinreichend gering, um von eigenständigen Fähigkeiten zu sprechen. Die geringeren Reliabilitäten der Summenwerte im Vortest können dazu beitragen, dass die Korrelationen im Vortest geringer sind als im Nachtest.

den Heterotrait-Heteromethod-Korrelationen ergibt, dass im Falle der Skalen 'Motiviertes Lernen', 'Conceptual Change', 'Schülvorstellungen', 'Laisser-faire' und 'Praktizismus' erwartungsgemäß die höchsten Korrelationen in der Diagonalen liegen. Etwas eingeschränkt gilt dies auch noch für die Skala 'Entwicklung eigener Deutungen'. Bei den Skalen 'Schülvorstellungen' und 'Praktizismus' konnte außerdem gezeigt werden, dass sie, wie theoretisch gefordert, nicht die Konstrukte 'Quantitatives oder unspezifisches Verständnis des Vorwissens der Schüler' bzw. 'Betonung der Bedeutung von 'hands-on'-Erfahrungen' erfassen.

In den Heterotrait-Monomethod-Analysen zeigte sich, dass die diskriminante Validität der Skalen untereinander z.T. eher gering ausfällt. In die gefundenen Korrelationen geht jedoch neben der gemeinsamen Trait-Varianz, die auf geringe diskriminante Validität hinweist, vermutlich auch gemeinsame Methoden-Varianz ein. Die Inter-Korrelationen der Skalen sind jedoch nicht so hoch, dass von identischen erfassten Traits auszugehen wäre. Dies gilt auch für die Skalen, die auf einer gemeinsamen Hauptkomponente liegen. Es scheint daher sinnvoll, die auf den theoretischen Konstrukten basierenden neun Skalen in den weiteren Analysen auch getrennt zu berücksichtigen. Bei der Skala 'Entwicklung eigener Deutungen' scheinen Probleme der diskriminanten Validität vorzuliegen. Dies zeigt sich an substantiellen erwartungswidrigen Korrelationen mit den Skalen 'Praktizismus' und 'Laisser-faire'.

Insgesamt findet sich somit einige Evidenz für Konstruktvalidität der Skalen 'Motiviertes Lernen', 'Conceptual Change', 'Schülvorstellungen', 'Praktizismus' und 'Laisser-faire'. Bei den Skalen 'Anwendungsbezogenes Lernen', 'Diskussion von Schülvorstellungen' und eingeschränkt auch bei der Skala 'Transmission' deuten die Ergebnisse auf Probleme der konvergenten Validität hin. Bei der Skala 'Entwicklung eigener Deutungen' und eingeschränkt auch bei der Skala 'Anwendungsbezogenes Lernen' zeigen sich Probleme der diskriminanten Validität.

Die Ergebnisse der Analysen des Tests zum 'Schwimmen und Sinken' zeigen, dass die Itemschwierigkeiten im Test zum integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' (ICU-Wert) insbesondere im Vortest z.T. sehr hoch sind (im Sinne 'schwerer' Items). Im Nachtest sind die Schwierigkeiten der Items breiter gestreut, auch wenn hier ebenfalls leichte Items fehlen. Hohe Itemschwierigkeiten tragen i.d.R. zu einer verringerten Homogenität des Tests bei. Entsprechend sind die internen Konsistenzen des ICU-Wertes wie auch die der beiden zusätzlich gebildeten Werte zu 'Fehlvorstellungen' und zu '(vor-)physikalischen Konzepten' für die jeweilige Testlänge nicht allzu hoch. Dennoch können sie (mit Einschränkungen beim PHY-Wert im Vortest) als zufriedenstellend angesehen werden. Die Inter-Korrelationen der drei Summenwerte sprechen dafür, dass die drei Werte zwar korrelierte, aber dennoch eigenständige Fähigkeiten erfassen.

5.2 Ergebnisse der Analysen zum Zusammenhang von Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten der Schüler

In diesem Kapitel werden die zentralen Befunde der vorliegenden Arbeit zu Zusammenhängen der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit Lern-

zuwachsen der Schüler bzw. genauer mit Fortschritten der Schüler im konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' berichtet. Zuvor werden Ergebnisse zur Varianz der Lernfortschritte der Schüler *zwischen* den Klassen dargestellt. Denn nur wenn bedeutsame Varianz auf Klassenebene und nicht nur innerhalb der Klassen vorliegt, ist im Weiteren eine Aufklärung dieser Varianz durch Prädiktoren auf der Klassenebene wie z.B. Vorstellungen der Lehrkräfte sinnvoll und interessant. Im folgenden Abschnitt 5.2.2.1 werden dann die zentralen Befunde zum Zusammenhang der erfassten Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit den Fortschritten der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' berichtet. Es folgen Ergebnisse der vertiefenden Analysen zu Zusammenhängen der Vorstellungen der Lehrkräfte mit dem Abbau von Fehlvorstellungen und mit dem Erwerb wissenschaftsnaher Vorstellungen bei den Schülern. Im letzten Abschnitt werden Befunde zur Frage differenzieller Zusammenhänge zwischen Vorstellungen der Lehrkräfte und Lernfortschritten der Schüler in Abhängigkeit individueller (Lern-)Voraussetzungen der Schüler dargestellt.

5.2.1 Varianz in den Lernzuwachsen zwischen Klassen

In diesem Abschnitt wird zunächst also dargestellt, wie stark die Lernzuwächse zwischen den Klassen überhaupt variieren. Einen ersten Eindruck der Variation der Lernzuwächse auf Klassenebene liefert Abbildung 10, in der die mittleren Lernzuwächse der Kinder der untersuchten 46 Klassen jeweils mit einer Standardabweichung über und unter dem Mittelwert dargestellt sind. Lernzuwächse sind hier als Differenzwerte aus Nach- und Vortest-Leistung berechnet. Die eingezogene horizontale Linie deutet den durchschnittlichen Lernzuwachs aller 932 Schüler an.

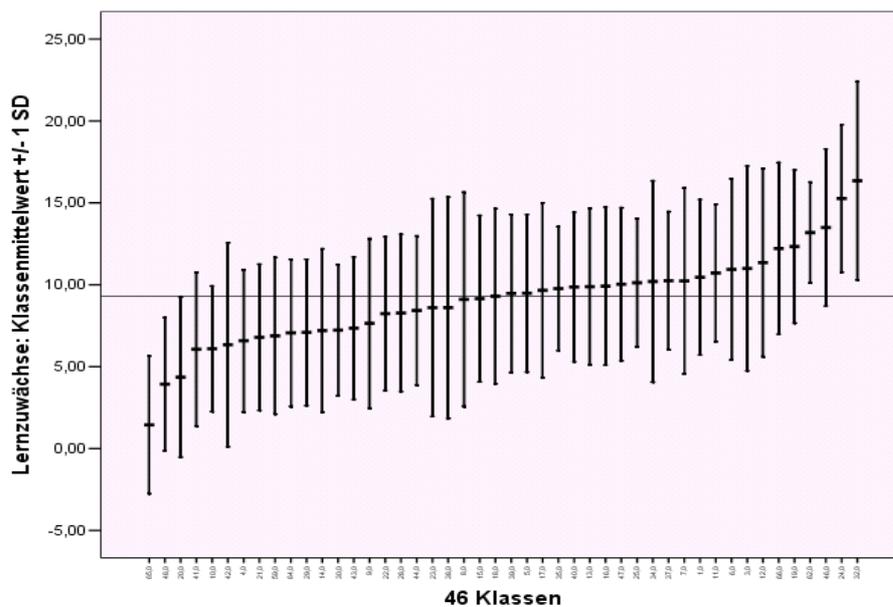


Abbildung 10: Klassenmittelwerte (+/- eine Standardabweichung) der Lernzuwächse basierend auf dem ICU-Summenwert; unstandardisierte Werte; max. Punktwert = 30; die horizontale Linie deutet den durchschnittlichen Lernzuwachs aller Schüler an

Schon 'augenscheinlich' zeigt sich eine große Variation der durchschnittlichen Lernfortschritte in den Klassen. Die mittleren Lernzuwächse reichen von ca. zwei bis ca. 16 Punkten im ICU-Summenwert, der maximal 30 Punkte erreichen kann. Auch unterscheiden sich die Klassen anscheinend in der Streuung der Lernzuwächse.

Um das Verhältnis der Varianz, die innerhalb der Klassen vorliegt, und derjenigen, die zwischen den Klassen liegt, ermitteln zu können, wurde, wie in Kapitel 4.7.1 beschrieben, auf hierarchisch lineare Modelle zurückgegriffen. Die oben berichteten Differenzwerte als 'Lernzuwachs-Maße' berücksichtigen noch nicht, dass weitere Schülermerkmale in den Klassen unterschiedlich verteilt sein können. Wie in Kapitel 4.7.2 dargestellt, sollen daher neben der Vortestleistung der Schüler auch deren Alter und Geschlecht kontrolliert werden. Das entsprechende Mehrebenen-Modell ist bereits in Kapitel 4.7.1 beschrieben worden. Gleichung 4.1 beschreibt das Individualebenen-Modell, Gleichung 4.2 das Modell für die Klassenebene. Dieses Modell kann als analog zur Kovarianzanalyse verstanden werden (vgl. Ditton, 1998, S. 64-66).

Es zeigt sich, dass die klassenspezifische Varianzkomponente u_{0j} signifikant von Null verschieden ist (Chi-Quadrat = 346.94861; $df = 45$). D.h. die Klassen unterscheiden sich signifikant in der um die Vortest-Leistung, das Alter und das Geschlecht der Schüler adjustierten Leistung im Nachtest zum Verständnis von 'Schwimmen und Sinken'. Es kann daher auch von Unterschieden der Klassen in den um Alter und Geschlecht adjustierten Lernfortschritten der Schüler gesprochen werden (vgl. Kapitel 4.7.1).

Setzt man die Varianz auf Klassenebene ins Verhältnis zur Gesamtvarianz (die Summe der Varianz auf Individualebene und auf Klassenebene), so erhält man die Intraklassen-Korrelation. Multipliziert mit 100 zeigt sie den prozentualen Varianzanteil an, der auf der Klassenebene angesiedelt ist. Bei den vorliegenden Daten beträgt die Intraklassen-Korrelation .26, d.h. 26% der Gesamtvarianz der adjustierten Lernzuwächse liegt zwischen den Klassen und 74% innerhalb der Klassen. Es ist also ein beträchtlicher Varianzanteil zwischen den Klassen vorhanden. Im folgenden Kapitel wird der zentralen Frage dieser Arbeit nachgegangen, ob und inwieweit Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften dazu beitragen, diese Varianz zwischen den Klassen aufzuklären. Liegen hierarchisch strukturierte Daten in Kombination mit einer substanziellen Intraklassen-Korrelation vor, so darf, wie im Methodenkapitel beschrieben wurde, bei der Analyse von Zusammenhängen von Lehrer- oder Klassenmerkmalen mit Individualdaten der Schüler nicht auf Standard-Regressionsverfahren zurückgegriffen werden, sondern es müssen Mehrebenenanalysen verwendet werden. Ergebnisse solcher Analysen werden im folgenden Kapitel dargestellt.

5.2.2 Zusammenhänge von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit Lernfortschritten der Schüler

In diesem Kapitel werden die zentralen Befunde der vorliegenden Arbeit dargestellt. Zuerst wird auf Ergebnisse zum Zusammenhang der erfassten Lehrervorstellungen mit Fortschritten der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' (basierend auf dem ICU-Summenwert) eingegangen. Anschließend werden vertiefende Analysen zu Zusammenhängen der Lehrervorstel-

lungen mit dem Abbau von Fehlvorstellungen und mit dem Erwerb physikalischer (Vor-)Konzepte berichtet. Schließlich wird auf Befunde zu differenziellen Zusammenhängen der Lehrervorstellungen mit Lernfortschritten der Schüler in Abhängigkeit von individuellen (Lern-)Voraussetzungen der Schüler eingegangen.

5.2.2.1 Zusammenhänge von Lehrervorstellungen mit Fortschritten im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' bei Schülern

In der folgenden Tabelle 16 sind die Gamma-Koeffizienten (s. Kapitel 4.7.1) aus Mehrebenenanalysen wiedergegeben. Da alle metrischen Variablen z-standardisiert wurden (s. Kapitel 4.7.1) können diese Koeffizienten wie standardisierte Beta-Koeffizienten in der klassischen Regressionsanalyse interpretiert werden. Abhängige Variable ist das integrierte konzeptuelle Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' (ICU-Wert), das die Schüler im Nachtest erreicht haben. Dieses wird auf Individualebene durch das Alter, das Geschlecht und den ICU-Wert im Vortest vorhergesagt, auf Klassenebene durch die in Kapitel 4.7.2 beschriebenen Kontrollvariablen sowie die Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften (eine der neun Skalen je Mehrebenenmodell: Modelle 1-9).⁹ Durch die Adjustierung der Nachtest-Leistung der Schüler um die Vortest-Leistung können die Prädiktoren auf Klassenebene als Regressoren der *Lernfortschritte* der Schüler (im konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken') interpretiert werden.

Zur Beschreibung der Größe von Effekten bei Befunden aus Mehrebenenanalysen hat sich etabliert, den Anteil aufgeklärter Varianz, die Intraklassen-Korrelation sowie die (Gamma-)Koeffizienten selbst heranzuziehen (Tymms, 2004). Die Intraklassen-Korrelation wurde bereits im vorigen Kapitel berichtet. Das in den folgenden Ergebnistabellen angegebene R^2 gibt den Anteil der zwischen den Klassen liegenden Varianz in den adjustierten Lernfortschritten der Schüler wieder, der durch die in das jeweilige Modell eingefügten Prädiktoren auf Klassenebene aufgeklärt wird. Da dieser Anteil aufgeklärter Varianz noch nichts über die spezielle Größe des 'Effekts'¹⁰ der Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen aussagt, wurde zunächst ein Modell (Modell 0; im Folgenden auch als 'Null-Modell' bezeichnet; s. Tabelle 16) spezifiziert, das sämtliche Kontrollvariablen enthält, aber keine der Vorstellungen zum Lehren und Lernen. Anschließend wurde ermittelt, welcher Anteil der zwischen den Klassen liegenden Varianz in den adjustierten Lernfortschritten zusätzlich erklärt wird, wenn eine der Vorstellungen zum Lehren und Lernen in das Modell eingefügt wird. Dieser zusätzlich erklärte Varianzanteil

9 In diesen wie in allen Analysen der Kapitel 5.2.2.1 und 5.2.2.2 wurden die β_{1j} - und die β_{2j} -Koeffizienten (hier klassenspezifische Steigungsparameter für 'Alter' und 'Vortestleistung') als sog. feste Effekte (vgl. Ditton, 1998, S. 64-66) modelliert. D.h. es wurde in den entsprechenden Modellen nicht zugelassen, dass die Zusammenhänge des Alters der Schüler und der Vortestleistung mit dem erreichten Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' klassenspezifisch variieren. Dies geschah vor dem Hintergrund von Ergebnissen, die zeigen, dass keine signifikante Variation in diesen Parametern vorliegt. Diese Ergebnisse werden erst im noch folgenden Kapitel 5.2.2.3 berichtet. Durch das Fixieren der Effekte wird erreicht, dass zwei Parameter weniger zu schätzen sind, was zu stabileren Schätzungen der (anderen) Parameter beitragen kann.

10 Wenn hier und im Folgenden von 'Effekten' oder auch von 'Prädiktoren' und der Nachtest-Leistung als 'abhängige Variable' bzw. 'Kriterium' gesprochen wird, so geschieht dies in Anlehnung an die Terminologie in der Regressionsanalyse. Es ist dabei allerdings zu beachten, dass die beschriebenen Befunde lediglich auf korrelativen Beziehungen der Merkmale basieren. Auf die Frage der Kausalität wird noch in der Diskussion in Kapitel 6 eingegangen.

wurde berechnet, indem die residuale ('nicht erklärte') zwischen den Klassen liegende Varianz des Modells mit eingefügter Lehrervorstellung von der Residualvarianz des Null-Modells abgezogen und diese Differenz durch die gesamte zwischen den Klassen liegende Varianz geteilt wurde. Bis auf Rundungsfehler erhält man diesen Wert auch, indem man vom R^2 eines Modells mit eingefügter Lehrervorstellung das R^2 des Null-Modells abzieht. Mit 100 multipliziert erhält man wie auch beim R^2 den entsprechenden prozentualen Anteil der aufgeklärten zwischen den Klassen liegenden Varianz in den adjustierten Lernfortschritten.

Tabelle 16

Befunde (Gamma-Koeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage des von den Schülern im Nachtest erreichten Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken' (ICU-Wert)

Abhängige Variable	ICU-Wert Nachtest									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Modell										
<i>Prädiktoren</i>										
Alter	-.05	-.05	-.05	-.05	-.06	-.05	-.05	-.05	-.06	-.05
Geschlecht (männl.)	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13	.13
ICU-Wert Vortest	.61***	.61***	.61***	.61***	.61***	.60***	.61***	.61***	.61***	.61***
<i>Vorstellung zum Lehren und Lernen</i>										
'Motiviertes Lernen'		.16*								
'Anwendungsbezogenes Lernen'			-.15							
'Entwicklung eigener Deutungen'				-.03						
'Diskussion von Schülervorstellungen'					.11					
'Conceptual change'						.34**				
'Schülervorstellungen'							.39***			
'Laisser-faire'								-.17*		
'Praktizistisch'									-.26**	
'Transmissiv'										-.21*
Selbstkonzept Physik (Lehrkraft)	.23	.23	.22	.23	.24	.34*	.39*	.30	.31	.22
Sachinteresse Physik (Lehrkraft)	-.11	-.10	-.10	-.10	-.11	-.19	-.23	-.12	-.18	-.10
Berufserfahrung (Jahre)	-.04	-.07	-.02	-.04	-.05	-.08	-.05	-.03	-.00	-.06
Unterrichtszeit	.25**	.24*	.28**	.26**	.25**	.28**	.21**	.27**	.27**	.24*
Klassengröße	.30*	.30**	.29*	.30*	.29*	.34**	.31**	.30*	.38**	.35*
R^2 : Durch die Ebene-2-Prädiktoren aufgeklärte zwischen den Klassen liegende Varianz in den adjustierten Lernfortschritten der Schüler	.12	.15	.15	.12	.13	.36	.41	.16	.23	.19
Durch die jeweilige Lehrervorstellung im Vergleich zu Modell 0 zusätzlich aufgeklärter Anteil der zwischen den Klassen liegenden Varianz		.03	.03	.00	.01	.24	.29	.04	.11	.07

Anm. Grau hinterlegt: Prädiktoren auf Schülerebene; türkis hinterlegt: Prädiktoren auf Klassenebene
Die Gamma-Koeffizienten können analog zu standardisierten Regressionskoeffizienten interpretiert werden. Angegeben sind die aus den HLM-Analysen von zehn imputierten Datensätzen zusammengefassten Koeffizienten (s. Kapitel 4.6 zu fehlenden Werten)
 † $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Bei den Koeffizienten zu den Prädiktoren auf Individualebene zeigen sich durchgängig in allen neun Modellen keine signifikanten Zusammenhänge des Alters und des Geschlechts der Schüler mit der Nachtest-Leistung. Der Effekt des Alters ist praktisch gleich Null. Das Vorwissen der Schüler, also das im Vortest gezeigte integrierte konzeptuelle Verständnis von 'Schwimmen und Sinken', ist von allen Prädiktoren, auch denen auf Klassenebene, am stärksten (und signifikant) mit der Nachtest-Leistung assoziiert. Da alle metrischen Variablen z-standardisiert wurden, besagt der Koeffizient von etwa .60, dass

bei einer um eine Standardabweichung höheren (bzw. niedrigeren) Vortest-Leistung die um Alter und Geschlecht adjustierte Nachtest-Leistung um etwa .60 Standardabweichungen höher (bzw. niedriger) ist.

Anhand der Koeffizienten zu den Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen als Prädiktoren der adjustierten Lernfortschritte der Schüler können die zentralen Hypothesen dieser Arbeit geprüft werden. Erwartet wurden in einer ersten Gruppe von Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen positive Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler. Zu dieser Gruppe gehören die mit den Etiketten 'Motiviertes Lernen', 'Anwendungsbezogenes Lernen', 'Diskussion von Schülervorstellungen', 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' versehenen Vorstellungen zum Lehren und Lernen. Hier zeigt sich, dass anders als erwartet die Lehrervorstellungen 'Anwendungsbezogenes Lernen' und 'Diskussion von Schülervorstellungen' in keinem signifikanten Zusammenhang mit den Lernzuwächsen der Schüler stehen. Bei den drei übrigen Vorstellungen dieser Gruppe, d.h. den Vorstellungen 'Motiviertes Lernen', 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen', zeigen sich jedoch wie erwartet positive Zusammenhänge mit den Zuwächsen der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken'. Die Vorstellungen 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' klären dabei einen beträchtlichen Anteil der zwischen den Klassen liegenden Varianz in den adjustierten Lernfortschritten der Schüler auf. Im Falle der Vorstellung 'Conceptual Change' sind dies 24%, bei der als 'Schülervorstellungen' bezeichneten Vorstellung sogar 29%. Die Vorstellung 'Motiviertes Lernen' klärt hingegen nur 3% der 'Zwischen-Klassen-Varianz' auf.

In einer zweiten Gruppe von Lehrervorstellungen wurden negative Zusammenhänge mit den Lernzuwächsen der Schüler erwartet. Zu dieser Gruppe gehören die mit den Etiketten 'Transmission', 'Laisser-faire' und 'Praktizismus' versehenen Vorstellungen zum Lehren und Lernen. Hier zeigt sich, dass alle drei Vorstellungen zum Lehren und Lernen wie erwartet signifikant und negativ mit Fortschritten der Schüler im konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' assoziiert sind. Die Vorstellungen 'Transmission' und 'Laisser-faire' klären 7% bzw. 4% der zwischen Klassen liegenden Varianz in den Lernfortschritten auf, die Vorstellung 'Praktizismus' sogar 11%.

Die dritte Gruppe von Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften besteht nur aus der als 'Entwicklung eigener Deutungen' bezeichneten Vorstellung. Bei dieser Vorstellung wurde keine konkrete Hypothese bzgl. der Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler aufgestellt. Es zeigt sich hier, dass die Vorstellungen 'Entwicklung eigener Deutungen' nicht mit Lernfortschritten der Schüler kovariiert.

Bei den Kontrollvariablen auf Klassenebene zeigen sich beim physikbezogenen Interesse der Lehrkräfte und bei deren Berufserfahrung (Dauer der Diensttätigkeit in Jahren) keine signifikanten Zusammenhänge mit den adjustierten Lernfortschritten der Schüler. Der Effekt der Berufserfahrung ist praktisch gleich Null. Lediglich in den beiden Modellen, in die die Lehrervorstellungen 'Conceptual Change' bzw. 'Schülervorstellungen' aufgenommen sind, zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen dem physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte und den adjustierten Lernfortschritten der Schüler. Sowohl bei der Unterrichtszeit als „nutzbare Instruktionszeit“ (Helmke, 2003, S. 105), d.h. die Zeit, die für das Thema 'Schwimmen und Sinken' verwandt wurde, als auch bei der Klassengröße

zeigen sich signifikante positive Zusammenhänge mit den Lernfortschritten der Schüler. Insgesamt werden durch die Kontrollvariablen auf Klassenebene etwa 12% der zwischen den Klassen liegenden Varianz in den Lernfortschritten der Schüler aufgeklärt.

Suppressionseffekte. Wie sich in ergänzenden Mehrebenenanalysen gezeigt hat, bei denen die Kontrollvariablen auf Klassenebene erst sukzessive in die Modelle eingefügt wurden, sind bei den in Tabelle 16 dargestellten Befunden z.T. offenbar sog. Suppressionseffekte (vgl. Bortz, 1999, S. 442-449) wirksam. Wird das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte als Kontrollvariable entfernt, so wird der Koeffizient der Lehrervorstellung 'Conceptual Change' nicht, wie man erwarten würde, größer, sondern sogar etwas kleiner. Das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte wirkt hier anscheinend als Suppressorvariable, indem es für die Lernfortschritte der Schüler irrelevante Varianzen in der Variable 'Conceptual Change'-Vorstellung der Lehrkraft 'bindet' (vgl. ausführlicher Bortz, 1999, S. 442-449). Solche Suppressionseffekte des physikbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepts zeigen sich auch bei den Koeffizienten der übrigen erfassten Lehrervorstellungen.

Zusätzliche Kontrolle von Kontexteffekten. Zusätzlich wurden zu den in Tabelle 16 berichteten Analysen auch noch Modelle berechnet, in denen Kontexteffekte des Leistungsniveaus und der Leistungsheterogenität der Klassen auf die Lernfortschritte der Schüler kontrolliert wurden (s. Kapitel 4.7.2 zu Kontrollvariablen). Dazu wurden neben der individuellen Vortestleistung auch noch die auf Klassenebene aggregierte Vortest-Leistung und in einem weiteren Modell die Standardabweichung der Vortest-Leistungen der Schüler pro Klasse (als Maß für die Leistungsheterogenität) in die Modelle aufgenommen. Bei Zentrierung dieser Variablen am jeweiligen Grand Mean können die im Modell geschätzten Gamma-Koeffizienten direkt als Kontexteffekte interpretiert werden (vgl. Raudenbusch & Bryk, 2002). Die Ergebnisse zeigen, dass weder für das Leistungsniveau noch für die Leistungsheterogenität signifikante Kontexteffekte bestehen (alle Koeffizienten $<.15$, alle $p>.10$). Lediglich in zwei Modellen wird der Kontexteffekt des Leistungsniveaus marginal signifikant ($.10>p>.05$). An den Effekten der Lehrervorstellungen auf die Lernfortschritte ändert dies jedoch nichts: Die Vorstellung 'Motiviertes Lernen' ist weiterhin signifikant mit den Lernfortschritten der Schüler assoziiert, bei der Vorstellung 'Anwendungsbezogenes Lernen' liegt weiterhin kein signifikanter Zusammenhang vor.

5.2.2.2 Zusammenhänge von Lehrervorstellungen mit dem Abbau von Fehlvorstellungen und dem Erwerb (vor-)physikalischer Konzepte von 'Schwimmen und Sinken' bei Schülern

Das integrierte konzeptuelle Verständnis der Schüler von 'Schwimmen und Sinken', wie es in den Analysen des vorigen Kapitels als Kriterium zugrunde lag, ist so operationalisiert, dass die Annahme physikalischer (Vor-)Konzepte bei 'gleichzeitiger' Ablehnung von Fehlvorstellungen erforderlich ist. Das Aufgeben naiver Vorstellungen und der Erwerb vorwissenschaftlicher Konzepte sind jedoch nicht notwendigerweise verbundene Prozesse. In einem weiteren Schritt wurde daher getrennt analysiert, inwieweit die erfassten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen mit dem Rückgang der Nutzung von Fehlvorstellungen einerseits und dem Erwerb physikalischer (Vor-)Konzepte andererseits zusammenhängen. In der folgenden Tabelle 17 sind die Befunde zum Zusammenhang der Lehrervorstellungen mit dem Abbau von Fehlvorstellungen seitens der Schüler dargestellt.

Tabelle 17

Befunde (Gamma-Koeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage der Nutzung von Fehlvorstellungen zum 'Schwimmen und Sinken' durch die Schüler im Nachtest (FV-Wert)

Abhängige Variable	FV-Wert Nachtest									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Prädiktoren</i>										
Alter	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.03
Geschlecht (männl.)	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.10	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09	-0.09
FV-Wert Vortest	.25***	.25***	.25***	.25***	.24***	.25***	.25***	.25***	.25***	.25***
<i>Vorstellung zum Lehren und Lernen</i>										
'Motiviertes Lernen'		-0.10†								
'Anwendungsbezogenes Lernen'			.07							
'Entwicklung eigener Deutungen'				.01						
'Diskussion von Schülervorstellungen'					-0.11*					
'Conceptual change'						-0.20**				
'Schülervorstellungen'							-0.18**			
'Laisser-faire'								.09		
'Praktizistisch'									.15**	
'Transmissiv'										.09
Selbstkonzept Physik (Lehrkraft)	-0.14	-0.14	-0.13	-0.14	-0.15	-0.20†	-0.21†	-0.17	-0.18†	-0.13
Sachinteresse Physik (Lehrkraft)	.05	.04	.05	.05	.05	.10	.11	.06	.10	.05
Berufserfahrung (Jahre)	.00	.02	-0.01	.00	.01	.03	.01	-0.00	-0.02	.01
Unterrichtszeit	-0.16*	-0.15*	-0.17*	-0.16*	-0.16*	-0.18**	-0.14*	-0.17*	-0.17*	-0.15*
Klassengröße	-0.14†	-0.15†	-0.14†	-0.14†	-0.13†	-0.17*	-0.15*	-0.14†	-0.19**	-0.16†
R²: Durch die Ebene-2-Prädiktoren aufgeklärte zwischen den Klassen liegende Varianz in der adjustierten Zunahme der Nutzung von Fehlvorstellungen durch die Schüler	.14	.17	.13	.12	.18	.34	.29	.16	.23	.16
Durch die jeweilige Lehrervorstellung im Vergleich zu Modell 0 zusätzlich aufgeklärter Anteil der zwischen den Klassen liegenden Varianz		.04	.00	.00	.04	.20	.15	.02	.09	.02

Anm. Grau hinterlegt: Prädiktoren auf Schülerenebene; türkis hinterlegt: Prädiktoren auf Klassenebene; angegeben sind die aus den HLM-Analysen von zehn imputierten Datensätzen zusammengefassten Koeffizienten (s. Kapitel 4.6 zu fehlenden Werten)
 † $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Es zeigt sich hinsichtlich der Prädiktoren auf Individualebene ein ähnliches Bild wie bei den im vorigen Kapitel berichteten Befunden: Alter und Geschlecht der Schüler stehen in keinem Zusammenhang mit der Nennung von Fehlvorstellungen im Nachtest. Die Häufigkeit der Nennung von Fehlvorstellungen im Vortest ist hingegen signifikant mit dem FV-Wert im Nachtest assoziiert. Der Gamma-Koeffizient ist hier mit ca. .25 allerdings nicht so hoch wie bei den Befunden zum integrierten konzeptuellen Verständnis, was zumindest teilweise auf die geringe Reliabilität des FV-Wertes im Vortest zurückzuführen ist.

Bei der Interpretation der Koeffizienten in Tabelle 17 ist zu berücksichtigen, dass in den zugrunde liegenden HLM-Analysen nicht der Rückgang, sondern die Zunahme der Nutzung von Fehlvorstellungen modelliert wurde, da die Nachtest-Leistung als abhängige Variable um die Vortest-Leistung adjustiert wurde. Bei den Lehrervorstellungen 'Diskussion von Schülervorstellungen', 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' zeigen sich signifikante negativen Koeffizienten. Diese Lehrervorstellungen tragen offensichtlich zu einem Abbau von Fehlvorstellungen seitens der Schüler bei. Bei der Vorstellung 'Motiviertes Lernen' zeigt sich ein marginal signifikanter Zusammenhang. Da diese Vorstellung immerhin 4% der Zwischen-Klassen-Varianz im Abbau von Fehlvorstellungen bei den Schülern aufklärt,

scheint der Zusammenhang substantziell zu sein. Die Vorstellungen 'Conceptual Change' und 'Schüler-
vorstellungen' klären beträchtliche 20% bzw. 15% der Varianz auf. Anders als bei den im vorigen Kapi-
tel berichteten Befunden zum integrierten Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' zeigt sich beim
Abbau von Fehlvorstellungen ein substantzieller Zusammenhang mit der Lehrervorstellung 'Diskussion
von Schülervorstellungen', die 4% Varianzaufklärung leistet.

Während die Vorstellungen 'Transmission' und 'Laisser-faire' keine Zusammenhänge mit dem
Rückgang der Nutzung von Fehlvorstellungen durch die Schüler aufweisen, zeigt sich bei der Lehrer-
vorstellung 'Praktizismus' ein signifikanter Zusammenhang. Sie klärt 9% der Zwischen-Klassen-Varianz
auf. Die Vorstellungen 'Anwendungsbezogenes Lernen' und 'Entwicklung eigener Deutungen' stehen in
keinem Zusammenhang mit dem Rückgang der Nutzung von naiven Vorstellungen zum 'Schwimmen
und Sinken' durch die Schüler. Bei den Kontrollvariablen auf Klassenebene zeigt sich wiederum durch-
gängig in allen Modellen ein signifikanter Zusammenhang der Unterrichtszeit mit dem Abbau von
Fehlvorstellungen (mehr Zeit ist mit stärkerem Abbau von Fehlvorstellungen assoziiert). Auch die
Klassengröße kovariert in einigen Modellen signifikant mit dem Rückgang des Gebrauchs naiver Erklä-
rungen zum 'Schwimmen und Sinken'.

Tabelle 18

*Befunde (Gamma-Koeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage der Nutzung (vor-)physikalischer Konzepte
zum 'Schwimmen und Sinken' durch die Schüler im Nachtest (PHY-Wert)*

Abhängige Variable	PHY-Wert Nachtest									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Prädiktoren</i>										
Alter	-.03	-.03	-.03	-.03	-.04	-.03	-.02	-.03	-.03	-.03
Geschlecht (männl.)	.06	.06	.06	.06	.06	.06	.06	.06	.06	.06
PHY-Wert Vortest	.21***	.20***	.21***	.21***	.21***	.20***	.20***	.21***	.21***	.21***
<i>Vorstellung zum Lehren und Lernen</i>										
'Motiviertes Lernen'		.16†								
'Anwendungsbezogenes Lernen'			-.10							
'Entwicklung eigener Deutungen'				-.06						
'Diskussion von Schülervorstellungen'					.11					
'Conceptual change'						.32***				
'Schülervorstellungen'							.39***			
'Laisser-faire'								-.19*		
'Praktizistisch'									-.30***	
'Transmissiv'										-.21*
Selbstkonzept Physik (Lehrkraft)	.09	.10	.09	.09	.10	.19	.26†	.16	.19	.08
Sachinteresse Physik (Lehrkraft)	.08	.09	.08	.09	.08	-.00	-.04	.07	-.01	.09
Berufserfahrung (Jahre)	.04	.00	.05	.05	.03	-.00	.03	.05	.08	.02
Unterrichtszeit	.33**	.32**	.35***	.35**	.32***	.35***	.29***	.35***	.35**	.32***
Klassengröße	.23†	.23†	.22	.24†	.22†	.27*	.24**	.23*	.33**	.29*
R²: Durch die Ebene-2-Prädiktoren aufgeklärte zwischen den Klassen liegende Varianz in der adjustierten Zunahme der Nutzung von Fehlvorstellungen durch die Schüler	.26	.29	.26	.24	.27	.45	.52	.30	.41	.33
Durch die jeweilige Lehrervorstellung im Vergleich zu Modell 0 zusätzl. aufgekl. Anteil d. zwischen d. Klassen liegenden Varianz		.03	.00	.00	.01	.19	.26	.04	.15	.07

*Anm. Grau hinterlegt: Prädiktoren auf Schülerenebene; türkis hinterlegt: Prädiktoren auf Klassenebene; angegeben sind die aus den HLM-Analysen von zehn imputierten Datensätzen zusammengefassten Koeffizienten (s. Kapitel 4.6 zu fehlenden Werten)
† p<.10; * p<.05; ** p<.01; ***p<.001*

In Tabelle 18 sind Ergebnisse zu Zusammenhängen der erfassten Vorstellungen zum Lehren und Lernen mit der Zunahme des Gebrauchs (vor-)physikalischer Konzepte zum 'Schwimmen und Sinken' durch die Schüler dargestellt. Die Interpretation der Vorzeichen der Koeffizienten kann hier wieder analog zu den Befunden erfolgen, bei denen das integrierte Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' als abhängige Variable zugrunde lag.

Die Vorstellungen 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' zeigen sich hier ebenfalls als signifikante Prädiktoren der Lernfortschritte der Schüler und klären jeweils beträchtliche Anteile (19% bzw. 26%) in der Zwischen-Klassen-Varianz der Zuwächse in der Nutzung vorwissenschaftlicher Vorstellungen auf. Die Vorstellung 'Motiviertes Lernen', deren Koeffizient nur marginal signifikant ist, klärt 3% dieser Varianz auf, so dass hier ebenfalls von einem substantiellen Zusammenhang ausgegangen wird. Bei der Vorstellung 'Anwendungsbezogenes Lernen' zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang mit Zunahmen im Gebrauch (vor-)physikalischer Konzepte bei den Schülern.

Signifikante negative Zusammenhänge mit Zunahmen in der Nutzung vorwissenschaftlicher Vorstellungen zum 'Schwimmen und Sinken' seitens der Schüler zeigen sich ferner bei den Lehrervorstellungen 'Laisser-faire', 'Praktizismus' und 'Transmission'. Die Vorstellung 'Praktizismus' klärt beträchtliche 15% der Zwischen-Klassen-Varianz in Zunahmen beim Gebrauch wissenschaftsnaher Vorstellungen zum 'Schwimmen und Sinken' seitens der Schüler auf, die Vorstellungen 'Laisser-faire' und 'Transmission' immerhin noch 4% bzw. 7%. Die Vorstellungen 'Eigene Ideen entwickeln' und 'Ideen diskutieren' stehen in keinem Zusammenhang mit Zuwächsen in der Nutzung vorwissenschaftlicher Vorstellungen zum 'Schwimmen und Sinken'.

Bei den auf Klassenebene eingefügten Kontrollvariablen zeigt sich ein enger Zusammenhang der Unterrichtszeit mit der Zunahme des Gebrauchs (vor-)physikalischer Konzepte seitens der Schüler. Auch die Klassengröße zeigt sich hier fast durchgängig als relevanter Prädiktor.

5.2.2.3 Differenzielle Effekte von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen auf Fortschritte der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' in Abhängigkeit von individuellen (Lern-)Voraussetzungen der Schüler

Nachdem in den beiden vorigen Kapiteln generelle 'Effekte' von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen auf Lernfortschritte der Schüler untersucht wurden, wird in diesem Kapitel der Frage nach differenziellen Effekten in Abhängigkeit von individuellen (Lern-)Voraussetzungen der Schüler nachgegangen. Besonders interessiert die Frage, ob Schüler mit unterschiedlichem Vorwissens-Niveau auch unterschiedlich stark von der Ausprägung der Vorstellungen ihrer Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften profitieren. Aber auch der Frage nach differenziellen Effekten der Lehrervorstellungen in Abhängigkeit des Geschlechts der Schüler soll nachgegangen werden: Profitieren bspw. Mädchen von der Ausprägung bestimmter Vorstellungen ihrer Lehrkräfte zum Lehren und Lernen mehr als Jungen?

Differenzielle Effekte dieser Art müssten sich, wie in Kapitel 4.7.1 beschrieben, in sog. Cross-Level-Interaktionen, also Interaktionen zwischen Merkmalen der Klassenebene und der Individualebene, zeigen. Notwendige Voraussetzung für die hier interessierenden differenziellen Effekte von Lehrervor-

stellungen zum Lehren und Lernen ist erstens eine substanzielle Variation zwischen den Klassen in den Individualprädiktoren 'Vortest-Leistung' bzw. 'Geschlecht' zugehörigen Steigungsparametern (slopes; in diesem Fall die Koeffizienten β_{1j} und β_{3j} in Gleichung 4.1). Diese Steigungsparameter können als Zusammenhang der Vortest-Leistung bzw. des Geschlechts mit der (um die je anderen Individualprädiktoren adjustierten) Nachtest-Leistung interpretiert werden. Zu prüfen ist also erstens, ob eine signifikante Variation in diesen Zusammenhängen zwischen den Klassen besteht.¹¹ Ist dies der Fall, kann in einem zweiten Schritt geprüft werden, ob die erfassten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen einen Beitrag zur Aufklärung dieser zwischen den Klassen liegenden Varianz in den Steigungsparametern liefern. In Tabelle 19 sind Ergebnisse zur ersten Frage nach der klassenspezifischen Variation der Steigungsparameter dargestellt.

Tabelle 19

Befunde aus Mehrebenenanalysen: Varianz (Var.) in den Steigungsparametern (Gamma-Koeffizienten) auf Individual-Ebene

Abhängige Variable	ICU-Wert Nachtest																	
	M1_mot		M2_anw		M3_eig		M4_dis		M5_con		M6_sch		M7_lai		M8_pra		M9_tra	
Modell	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.
<i>Prädiktoren</i>																		
Alter	-.05	.00	-.05	.00	-.05	.00	-.06	.00	-.05	.00	-.05	.00	-.05	.00	-.06	.00	-.05	.00
Geschlecht (männl.)	.13	.18*	.13	.18*	.14	.18*	.13	.18*	.13	.18*	.13	.18*	.13	.18*	.13	.18*	.13	.17*
ICU-Wert Vortest	.61***	.03	.61***	.03	.61***	.03	.61***	.03	.60***	.03	.61***	.03	.61***	.03	.61***	.03	.61***	.03

Prädiktoren auf Klassenebene wie in den zuvor berichteten Modellen (Tabellen 16, 17 und 18)

† $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Es zeigt sich, dass in keinem der neun Modelle eine signifikante klassenspezifische Varianz des Zusammenhangs zwischen Vor- und (adjustierter) Nachtest-Leistung vorliegt. In Abbildung 11 sind zur Illustration dieses Befundes die Regressionen der Nachtest- auf die Vortest-Leistung in den einzelnen 46 Klassen dargestellt. Die Grafik gibt einen gewissen Eindruck davon, dass eine Variation der Geradensteigungen (slopes) zwar vorhanden, jedoch nur sehr gering ausgeprägt ist. Des Weiteren spiegelt sich hier der bereits in Kapitel 5.2.2.1 beschriebene generelle enge Zusammenhang zwischen Vor- und Nachtest-Leistung wider: In allen Klassen zeigt sich eine deutliche Steigung der Geraden, d.h. Schüler mit höheren Eingangswerten erreichen auch ein besseres Verständnis im Nachtest. In der horizontalen Verschiebung der Geraden spiegelt sich die recht beträchtliche Intraklassen-Korrelation von .26 wider.

11 Profitieren bspw. insbesondere Schüler mit geringem Vorwissen von einer speziellen Lehrervorstellung oder einem speziellen Unterrichtsmerkmal, während die Lehrervorstellung oder das Unterrichtsmerkmal für Schüler mit elaborientem Vorwissen keinen Unterschied macht (ordinaler Interaktionseffekt; bspw. von Möller et al. (vgl. 2002) gefunden), so muss sich dies in unterschiedlichen Zusammenhängen der Vor- mit der Nachtest-Leistung der Schüler zwischen den Klassen bzw. zwischen den Treatments zeigen. Auch disordinale Interaktionseffekte (bspw.: Mädchen profitieren von einer Unterrichtsmethode, während diese den Jungen 'schadet') müssen sich in Klassen- bzw. Treatment-spezifischen Zusammenhängen der jeweiligen individuellen (Lern-)Voraussetzung mit der Kriteriumsvariable niederschlagen.

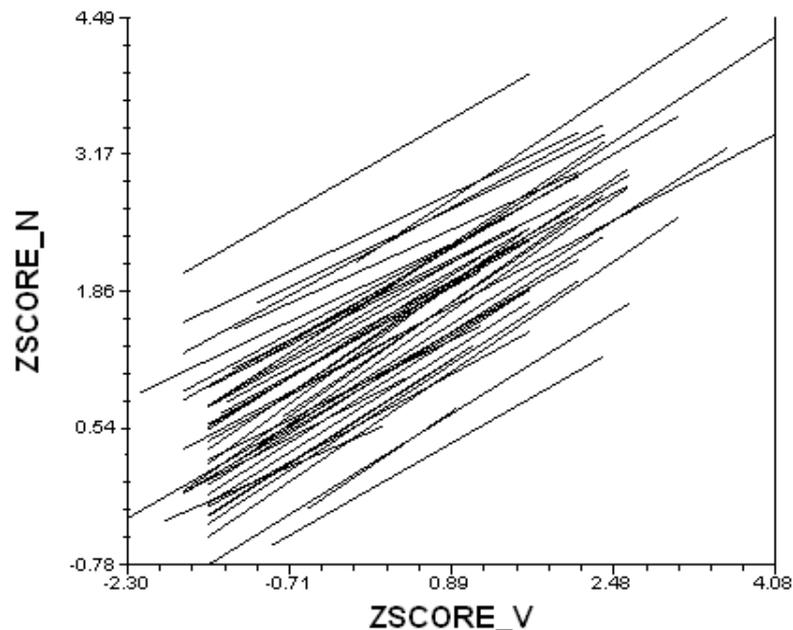


Abbildung 11: Gepoolte Intra-Klassen-Regressionen: Regressionen der Nachttest-Leistung ($zscore_n$) auf die Vortest-Leistung ($zscore_v$) in den untersuchten 46 Klassen

Da die klassenspezifischen Zusammenhänge zwischen Vor- und Nachttest-Leistung nicht signifikant variieren, ist bereits die erste o.g. Voraussetzung für das Vorliegen differenzieller Effekte der Lehrervorstellungen auf die Lernfortschritte der Schüler in Abhängigkeit deren vorunterrichtlichen Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken' nicht gegeben.

Hinsichtlich des Geschlechts der Schüler zeigen die in Tabelle 19 wiedergegeben Befunde jedoch, anders als bei der Vortest-Leistung, durchgängig eine signifikante Variation der Steigungsparameter zwischen den Klassen. Hier wurde daher weitergehend geprüft, ob die erfassten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen einen Beitrag zur Erklärung dieser klassenspezifischen Varianz in den Zusammenhängen zwischen Geschlecht und dem adjustierten nachunterrichtlichen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' leisten können. Dazu wurde der dem Geschlecht zugehörige Steigungsparameter (β_{1j}) selbst als abhängige Variable modelliert, die durch die erfassten Lehrervorstellungen vorhergesagt wird (s. Kapitel 4.7.1). Die entsprechende Erweiterung des Modells auf Klassenebene lautet: $\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11} * VLL_j + u_{1j}$. Ein differenzieller Effekt der Lehrervorstellungen auf die Lernfortschritte in Abhängigkeit des Geschlechts der Schüler würde sich in einem signifikant von Null verschiedenen γ_{11} -Koeffizienten ausdrücken.

Tabelle 20

Befunde aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage der Steigungsparameter (β_{1j}) der Vortest-Leistung durch die erfassten Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften

Abhängige Variable	ICU-Wert Nachtest																	
	M1_mot		M2_anw		M3_cig		M4_dis		M5_con		M6_sch		M7_lai		M8_pra		M9_tra	
Modell	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.	γ -Koeff.	Var.
<i>Prädiktoren</i>																		
Alter	-.05	.00	-.05	.00	-.05	.00	-.06	.00	-.05	.00	-.05	.00	-.05	.00	-.06	.00	-.05	.00
Geschlecht (männl.)	.13	.18*	.13	.18*	.14	.17*	.13	.18*	.13	.19*	.13	.19*	.13	.18*	.13	.18*	.13	.17*
ICU-Wert Vortest	.61***	.03	.61***	.03	.61***	.03	.61***	.03	.60***	.03	.61***	.03	.61***	.03	.61***	.03	.61***	.03
γ_{11} -Koeffizient	-.01		.06		-.08		-.08		.05		.03		-.09		-.05		-.08	
<i>Weitere Prädiktoren auf Klassenebene wie in den Modellen, die in den Tabellen 16, 17 und 18 berichtet wurden</i>																		

† $p < .10$; * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Die in Tabelle 20 wiedergegebenen Koeffizienten zeigen jedoch, dass dies nicht der Fall ist. Auch hinsichtlich des Geschlechts der Schüler scheinen also keine differenziellen Effekte der erfassten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen auf die Fortschritte der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' vorzuliegen.

5.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse zu Zusammenhängen der erfassten Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit Fortschritten der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken'

In einem ersten Schritt wurde untersucht, ob substanzielle Varianz in den Lernfortschritten der Schüler *zwischen* den Klassen liegt. Denn nur wenn dies der Fall ist, ist es im Weiteren sinnvoll zu prüfen, ob und inwieweit diese Varianz zwischen Klassen bspw. durch Merkmale des Unterrichts oder der Lehrkräfte aufgeklärt werden kann. Befunde aus Mehrebenenanalysen zeigten, dass ein signifikanter Anteil der Gesamtvarianz der Lernfortschritte der Schüler zwischen den Klassen liegt. Anhand der Intraklassen-Korrelation wurde ermittelt, dass dieser Anteil .26 bzw. 26% beträgt. Es liegt also ein beträchtlicher Anteil an Varianz in den (um Alter und Geschlecht der Schüler adjustierten) Lernfortschritten zwischen den Klassen.

Im nächsten Schritt wurde daher geprüft, und dies ist die zentrale Frage der vorliegenden Arbeit, ob und inwieweit Zusammenhänge der erfassten fachspezifischen Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen mit Fortschritten der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' bestehen. Es zeigte sich, dass insbesondere die als 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' bezeichneten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen in einem engen positiven Zusammenhang mit den Lernfortschritten der Schüler stehen. Diese Vorstellungen klären beträchtliche 24% ('Conceptual Change') bzw. 29% ('Schülervorstellungen') der zwischen den Klassen liegenden Varianz in den adjustierten Lernfortschritten der Schüler auf. Auch der Grad, in dem Lehr-

kräfte die Vorstellung vertreten, dass Schüler motiviert sein müssen, um Naturphänomene verstehen zu können, ist mit den Lernzuwächsen der Schüler assoziiert ('Motiviertes Lernen'). Die Aufklärung der zwischen den Klassen liegenden Varianz beträgt hier jedoch 'nur' 4%. Wie erwartet zeigte sich des Weiteren, dass die Lehrervorstellungen 'Laisser-faire', 'Praktizismus' und 'Transmission' negativ mit den Fortschritten der Schüler im integrierten Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' zusammenhängen. Insbesondere der Grad, in dem Lehrkräfte die Vorstellung vertreten, dass praktisches Handeln im Unterricht eine hinreichende Bedingung für konzeptuelles Verständnis der Schüler darstellt ('Praktizismus'), klärt einen beachtlichen Teil (11%) der Zwischen-Klassen-Varianz in den Lernzuwächsen der Schüler auf. Aber auch die Vorstellungen 'Transmission' und 'Laisser-faire' erklären immerhin noch 7% bzw. 4% dieser Varianz. Anders als erwartet wurde kein Zusammenhang der als 'Anwendungsbezogenes Lernen' und 'Diskussion von Schülervorstellungen' bezeichneten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen mit den Lernfortschritten der Schüler gefunden. Das Ausmaß, in dem Lehrkräfte die Vorstellung vertreten, dass Schüler im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht eigene Deutungen zu Naturphänomenen entwickeln sollten ('Entwicklung eigener Deutungen'), wurde vorab als indifferent bzgl. der Lernfortschritte von Schülern beurteilt. Bei dieser Vorstellung der Lehrkräfte zeigt sich kein Zusammenhang mit Fortschritten der Schüler im integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken'.

Diesen zentralen Ergebnissen der vorliegenden Arbeit liegt eine Operationalisierung von integriertem konzeptuellem Verständnis zugrunde, die die Ablehnung von Fehlvorstellungen und die gleichzeitige Annahme von (vor-)physikalischen Erklärungen des 'Schwimmens und Sinkens' erfordert. Da dies, wie sich auch in den hohen Itemschwierigkeiten insbesondere im Vortest zeigte, eine hohe Anforderung an das Wissen der Schüler bedeutet und da außerdem die Prozesse des Abbaus von Fehlvorstellungen und des Erwerbs (vor-)wissenschaftlicher Vorstellungen nicht notwendigerweise 'parallel' ablaufende Prozesse darstellen, wurde in einem weiteren Schritt untersucht, inwieweit die erfassten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen mit dem Rückgang der Nutzung von Fehlvorstellungen und mit dem Erwerb (vor-)physikalischer Konzepte zum 'Schwimmen und Sinken' zusammenhängen.

Hier zeigte sich wie bei den Befunden zum integrierten Verständnis, dass der Grad, in dem Lehrkräfte die Vorstellung vertreten, dass Grundschulkinder bereits mit z.T. fest verwurzelten Vorstellungen zu Naturphänomenen in den Unterricht kommen (Skala 'Schülervorstellungen') und dass naturwissenschaftliches Lehren und Lernen als Veränderung solcher Schülervorstellungen zu verstehen ist (Skala 'Conceptual Change'), signifikant mit dem Abbau von Fehlvorstellungen wie auch mit dem Erwerb (vor-)physikalischer Konzepte zum 'Schwimmen und Sinken' assoziiert ist. Die Erklärung der zwischen den Klassen liegenden Varianz durch diese fachspezifischen Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen ist sowohl bezüglich des Abbaus von Fehlvorstellungen ('Conceptual Change' 20%; 'Schülervorstellungen' 15%) wie auch hinsichtlich des Erwerbs vorwissenschaftlicher Konzepte ('Conceptual Change' 19%; 'Schülervorstellungen' 26%) beträchtlich. In engem Zusammenhang mit dem Abbau von Fehlvorstellungen wie auch dem Erwerb (vor-)physikalischer Konzepte steht die als 'Praktizismus' bezeichnete Vorstellung. Je stärker Lehrkräfte die Vorstellung vertreten, dass praktisches Tun wie das Durchführen von Versuchen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine hinreichende Bedingung für

konzeptuelles Verständnis seitens der Schüler darstellt, desto geringer der Abbau von Fehlvorstellungen und desto geringer auch die Zunahme in der Nutzung wissenschaftsnaher Konzepte zum 'Schwimmen und Sinken'. Die Aufklärung der zwischen Klassen liegenden Varianz durch diese Vorstellung zum Lehren und Lernen beträgt hinsichtlich des Abbaus von Fehlvorstellungen 9%, bzgl. des Erwerbs (vor-)physikalischer Konzepte 15%. Geringer, aber dennoch substanziell ist die Varianzaufklärung durch die Vorstellung 'Motiviertes Lernen' (4% bzgl. des Rückgangs der Nutzung von Fehlvorstellungen und 3% hinsichtlich des Erwerbs wissenschaftsnaher Erklärungen).

Die Vorstellungen 'Transmission' und 'Laisser-faire' zeigten sich als nur für die Zunahme der Nutzung von (vor-)physikalischen Konzepten zum 'Schwimmen und Sinken' relevant, nicht jedoch für den Abbau von Fehlvorstellungen. Je stärker Lehrkräfte der Ansicht sind, dass naturwissenschaftliches Wissen den Schülern erklärt werden müsse ('Transmission') und dass Schüler im naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht möglichst selbstständig arbeiten und Probleme lösen sollten, ohne dass die Lehrkraft strukturierend 'eingreift' ('Laisser-faire'), desto weniger werden seitens der Schüler wissenschaftsnaher Vorstellungen aufgebaut. Die als 'Anwendungsbezogenes Lernen' und 'Entwicklung eigener Ideen' bezeichneten Vorstellungen zum Lehren und Lernen stehen weder mit dem Rückgang des Gebrauchs von Fehlvorstellungen noch mit dem Erwerb wissenschaftsnaher Konzepte seitens der Schüler im Zusammenhang.

Als irrelevant für Fortschritte der Schüler im integrierten Verständnis wie auch für den Abbau von Fehlvorstellungen und den Erwerb (vor-)physikalischer Konzepte haben sich also nur die Vorstellungen 'Anwendungsbezogenes Lernen' und 'Entwicklung eigener Ideen' herausgestellt. Bei der Vorstellung, der zufolge ein diskursiver Austausch der Erklärungsansätze der Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule angeregt werden sollte ('Diskussion von Schülervorstellungen'), zeigte sich speziell nur ein Zusammenhang mit dem Rückgang der Nutzung von Fehlvorstellungen zum 'Schwimmen und Sinken'.

Schließlich wurde untersucht, ob es differenzielle Effekte der Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen auf die Fortschritte der Schüler im integrierten Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' in Abhängigkeit von individuellen (Lern-)Voraussetzungen der Schüler gibt. Konkret wurden differenzielle Effekte der Lehrervorstellungen in Abhängigkeit des vorunterrichtlichen Verständnisses der Schüler von 'Schwimmen und Sinken' ('Vorwissen') sowie in Abhängigkeit des Geschlechts der Schüler geprüft. Die Befunde sprechen gegen das Vorliegen solcher differenzieller Effekte. Weder Schüler mit geringem 'Vorwissen' noch Schüler mit einem bereits vor dem Unterricht besser integrierten Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' scheinen in besonderem Maße von den neun erfassten Vorstellungen ihrer Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zu profitieren bzw. nicht zu profitieren. Auch scheinen weder Jungen noch Mädchen von den untersuchten Vorstellungen ihrer Lehrkräfte in unterschiedlichem Maße hinsichtlich der Fortschritte im Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' zu profitieren.

6 Diskussion und Ausblick

Das zentrale Anliegen der vorliegenden Arbeit (**Zielsetzung 1**) besteht darin, Zusammenhänge zwischen Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften und Lernfortschritten der Schüler zu untersuchen. Grundlage für die Untersuchung dieser Zusammenhänge waren insbesondere zwei Forschungsbereiche: Forschungen zu Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften sowie Ansätze und Befunde der naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung. Es wurde den Fragestellungen nachgegangen, inwieweit Vorstellungen der Lehrkräfte, die mit konstruktivistisch und Conceptual-Change-orientierten Ansätzen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften weitgehende Übereinstimmungen aufweisen, mit Fortschritten von Grundschulern im naturwissenschaftlichen konzeptuellen Verständnis zusammenhängen und inwiefern dies bei Vorstellungen der Lehrkräfte der Fall ist, die zumindest in wesentlichen Aspekten mit diesen Ansätzen konfligieren. Außerdem wurde untersucht, inwieweit eine bei Grundschullehrkräften verbreitete Vorstellung zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, die als 'Entwickeln eigener Deutungen' bezeichnete Vorstellung, im Zusammenhang mit Lernfortschritten der Schüler steht. Schließlich wurde der Frage nachgegangen, inwiefern Schüler mit unterschiedlichen (Lern-)Voraussetzungen auch in unterschiedlichem Maße von der Ausprägung der Vorstellungen ihrer Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften 'profitieren'.

Da bisher kein Instrument zur Erfassung von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen existiert, mit dem die interessierenden, den Vorstellungen von Grundschullehrkräften zugrunde liegenden Konstrukte erfasst werden könnten und das außerdem auch bei größeren Stichproben eingesetzt werden kann, stellt es ein weiteres Ziel (**Zielsetzung 2**) dieser Arbeit dar, ein solches Instrument zu entwickeln und hinsichtlich testtheoretischer Gütekriterien zu analysieren.

Im Folgenden werden die Befunde zu Zusammenhängen der Lehrervorstellungen mit den Lernfortschritten der Schüler und auch zu den Analysen des entwickelten Instruments zunächst zusammenfassend aufeinander bezogen und vor dem Hintergrund anderer Forschungsergebnisse bewertet. Anschließend werden Beschränkungen der vorliegenden Studie diskutiert und es wird gesondert auf die Frage der Fachspezifität der erfassten Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen und auf die Frage von zwischen Lehrervorstellungen und Lernfortschritten der Schüler vermittelnden Unterrichtsprozessen eingegangen. Es folgt eine Diskussion möglicher Konsequenzen aus den Befunden für die Aus- und Fortbildung von Grundschullehrkräften. Schließlich werden offene Forschungsfragen diskutiert, die sich aus der Anlage und den Befunden der vorliegenden Studie ergeben.

6.1 Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion der Ergebnisse

Die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit wurden von zwei zentralen Hypothesen geleitet. Erstens wurde erwartet, dass Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen, die in weitgehender Übereinstimmung mit konstruktivistisch und insbesondere mit Conceptual-Change-orientierten Ansätzen zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen stehen, positive Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler zeigen (Hypothese 1). Zweitens wurde angenommen, dass solche Vorstellungen der Lehrkräfte, die in wichtigen Aspekten Widersprüche zu diesen Ansätzen aufweisen, in negativen Zusammenhängen mit dem Lernerfolg der Schüler stehen (Hypothese 2).

Die im Ergebnisteil beschriebenen Befunde der Mehrebenenanalysen bestätigen die erste Hypothese in weiten Teilen. Es zeigte sich: Je größer das Ausmaß, mit dem Grundschullehrkräfte

- Motivation als eine notwendige Voraussetzung für verstehendes naturwissenschaftliches Lernen der Schüler ansehen ('Motiviertes Lernen'),
- naturwissenschaftliches Lehren und Lernen als mitunter schwierige und langwierige Veränderung bereits vorhandener Vorstellungen der Schüler sehen ('Conceptual Change'),
- betonen, dass Grundschulkinder bereits z.T. fest verwurzelte Vorstellungen zu Naturphänomenen und naturwissenschaftlichen Begriffen haben ('Schülervorstellungen'),

desto größer auch die Fortschritte der Schüler im sog. integrierten konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis. Das Ausmaß, mit dem Lehrkräfte betonen, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule ein diskursiver Austausch über die Präkonzepte der Schüler stattfinden sollte ('Diskussion von Schülervorstellungen'), zeigte sich für den Abbau von Fehlvorstellungen seitens der Schüler bedeutsam. Lediglich bei einer Vorstellung der Lehrkräfte, die Anwendungsbezüge im Sinne von Alltagsbezügen im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht betont, konnten anders als erwartet keine Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler festgestellt werden.

Die als 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' bezeichneten Vorstellungen der Lehrkräfte klären dabei beträchtliche Anteile der Varianz in den Lernfortschritten zwischen den Klassen auf ('Conceptual Change' 24%, 'Schülervorstellungen' 29%). Die gefundene Intra-Klassen-Korrelation von .26 deutet an, dass diese zwischen den Klassen liegende Varianz immerhin 26% der Gesamtvarianz der Lernfortschritte ausmacht.

Des Weiteren zeigte sich, dass die zweite o.g. Hypothese vollständig bestätigt werden kann. Je stärker Grundschullehrkräfte eine Vorstellung vertreten, der zufolge

- Schüler im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht am besten aus Erklärungen der Lehrkraft lernen und Schüler das Wissen eher passiv-rezipierend aufnehmen ('Transmission'),
- praktische Aktivitäten ('hands-on-activities') wie das Durchführen von Versuchen eine hinreichende Bedingung für das Erreichen konzeptuellen Verständnisses seitens der Schüler darstellen ('Praktizismus'),
- Schüler im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht weitgehend selbstständig arbeiten bzw.

lernen sollten, ohne dass prozessbezogene Hilfestellungen und Strukturierungsmaßnahmen durch die Lehrkraft notwendig wären ('Laisser-faire'),

desto geringer fallen die Fortschritte der Schüler im naturwissenschaftlichen konzeptuellen Verständnis aus. Hier zeigte sich bei der als 'Praktizismus' bezeichneten Vorstellung der Lehrkräfte eine beträchtliche Aufklärung von 11% der Zwischen-Klassen-Varianz in den Lernfortschritten der Schüler. Die als 'Transmission' überschriebene Vorstellung klärt immerhin 7% dieser Varianz auf. Es scheint zudem mitnichten der Fall zu sein, dass diese Vorstellung der Lehrkräfte mit einem stärkeren Erwerb (vor-)wissenschaftlicher Konzepte bei den Schülern assoziiert wäre, wie vielleicht vermutet werden könnte. Es zeigt sich im Gegenteil sogar, dass hier ein negativer Zusammenhang besteht.

Diese zentralen Befunde der vorliegenden Arbeit reihen sich damit ein in die Befunde der aus dem Bereich Mathematik bereits vorliegenden Studien von Peterson, Fennema, Carpenter und Loef (1989), Staub und Stern (2002) sowie Dubberke und Kollegen (eingereicht) im Rahmen von COACTIV. Seidel und Kollegen (2006), die in ihrer Studie keine Zusammenhänge der erfassten Vorstellungen von Physiklehrkräften zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten der Schüler fanden, führen dies auf Validitätsprobleme der eingesetzten Skalen zur Erfassung der Lehrervorstellungen zurück. Diese wurden mit Hilfe von Items erfasst, die aus dem von Staub und Stern eingesetzten Instrument für den Bereich Mathematik adaptiert wurden. Die Befunde der vorliegenden Studie deuten an, dass offensichtlich auch im naturwissenschaftlichen Lernbereich der Grundschule auf das Lehren und Lernen in einem Fach generalisierte Vorstellungen der Lehrkräfte eine Rolle dafür spielen, was Schüler im Unterricht dieser Lehrkräfte lernen. Die gefundenen Anteile aufgeklärter Varianz reichen zwar nicht an die von Staub und Stern berichteten Werte bei anspruchsvollen Textaufgaben aus dem Bereich Multiplikation/Division heran, sind aber bei den als 'Conceptual Change', 'Schülvorstellungen' und 'Praktizismus' bezeichneten Vorstellungen ebenfalls beträchtlich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Lernfortschritte der Schüler in der vorliegenden Studie im Zusammenhang nur einer Unterrichtsreihe erfasst wurden ('mikrogenetischer Ansatz' der Studie). Es wäre eine zu prüfende Annahme, dass in einer längerfristigen Perspektive aufgrund sich kumulierender Lernfortschritte der Schüler (s. Kapitel 2.1.5) die Zusammenhänge von Lehrervorstellungen, die auf das Lehren und Lernen in einem Fach oder Lernbereich bezogen sind, mit Lernzuwachsen der Schüler noch stärker ausgeprägt sind.

Ebenfalls zu berücksichtigen ist bei der Interpretation der berichteten Befunde, dass den Lehrkräften für den Unterricht zum 'Schwimmen und Sinken' ein Unterrichtspaket zur Verfügung gestellt wurde, um die materiale Ausstattung für den Unterricht konstant zu halten. Diese Klassenkiste enthält neben einem Handbuch für Lehrkräfte auch Materialien für 'hands-on'-Aktivitäten der Schüler (Experimente und Materialien für Erfahrungslernen) (s. Kapitel 4.2). Eine Konfundierung der gefundenen Zusammenhänge mit der materialen Ausstattung der Schulen scheint also wenig wahrscheinlich. Die Intra-Klassen-Korrelation von .26 zeigt, dass trotz dieser Bereitstellung von Material und Handbuch beträchtliche Varianz in den Lernfortschritten der Schüler zwischen den Klassen liegt.

Keine Zusammenhänge mit Lernzuwachsen der Schüler fanden sich bei der bei Grundschullehrkräften verbreiteten Vorstellung, der zufolge Schüler im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht eigene Deutungen zu Naturphänomenen und zu naturwissenschaftlichen Fragestellungen entwickeln

sollten ('Entwicklung eigener Deutungen'). Diese Lehrervorstellung war bereits theoretisch als indifferent mit Blick auf Fortschritte der Schüler im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis beurteilt worden, da nicht klar erscheint, wie diese Vorstellung zum Abbau von Fehlvorstellungen wie auch zum Aufbau (vor-)wissenschaftlicher Konzepte bei den Schülern beitragen kann. Bei dieser Vorstellung wie auch bei der als 'Diskussion von Schülervorstellungen' bezeichneten Vorstellung zeigten sich in den MTMM-Analysen jedoch auch Probleme der Konstruktvalidität der entwickelten Skalen (s. auch das folgende Teilkapitel). Die Frage nach Zusammenhängen dieser Vorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten der Schüler muss also weiterhin als offen angesehen werden. Voraussetzung für die Klärung dieser Frage wäre die Entwicklung eines valideren Instruments zur Erfassung dieser Vorstellungen.

Die vorgenommenen Analysen in Anlehnung an den MTMM-Ansatz geben ansonsten allerdings Hinweise darauf, dass auch anhand von 'geschlossenen' Verfahren, die auf den Annahmen der Likert-Skalierung beruhen, die intendierten Konstrukte valide erfasst werden konnten. Hinsichtlich der Monotrait-Heteromethod-Analysen, für die teilstrukturierte Interviews mit den Lehrkräften herangezogen wurden, zeigten sich insbesondere bei den Skalen 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' recht zufriedenstellende konvergente Validitäten.

Die Befunde dieser Arbeit können auch als Hinweis verstanden werden, dass es zumindest im naturwissenschaftlichen Lernbereich der Grundschule sinnvoll sein kann, fachspezifische Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen anhand mehrerer und nicht nur einer oder zweier zugrunde liegender Dimensionen (bspw. 'Transmission' und 'Konstruktivistisch') zu erfassen. Erste Evidenz dafür liefern die in Kapitel 5.1.1.1 berichteten Faktorenanalysen. Die Ergebnisse der MTMM-Analysen deuten ferner an, dass die entwickelten neun Skalen zwar z.T. auch deutlich korrelierte Merkmale erfassen, dass die Skalen aber dennoch hinreichende diskriminante Validität zeigen, um eigenständige Konstrukte zu erfassen. Des Weiteren zeigen die zentralen Befunde dieser Arbeit zu Zusammenhängen zwischen Lehrervorstellungen und Lernfortschritten der Schüler, dass die eingesetzten neun Skalen differenzielle prädiktive Validität bezüglich des Lernerfolgs der Schüler besitzen.

Hinweise auf differenzielle Effekte der untersuchten Vorstellungen der Lehrkräfte auf die Lernfortschritte der Schüler in Abhängigkeit derer individueller (Lern-)Voraussetzungen (vorunterrichtliches Verständnis von 'Schwimmen und Sinken', Geschlecht) fanden sich in der vorliegenden Untersuchung wie auch in der Studie von Staub und Stern aus dem Bereich Mathematik der Grundschule nicht. Differenzielle Effekte schienen vor dem Hintergrund der theoretischen Ansätze und Befunde zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen zumindest plausibel. Bspw. hat sich gezeigt, dass der Grad der Strukturierung von Lernumgebungen und das Ausmaß von Scaffolding durch die Lehrkraft insbesondere für das Lernen von Schülern mit ungünstigen Lernvoraussetzungen relevant ist, wohingegen Schüler mit günstigeren Lernvoraussetzungen gegenüber gering bzw. schlechter strukturiertem Unterricht bis zu einem gewissen Ausmaß 'immun' sind (Helmke, 2003; Lipowsky, 2006; Möller, Jonen, Hardy & Stern, 2002). Analog wäre bspw. zumindest plausibel gewesen, dass ein geringerer Grad, mit dem Lehrkräfte die als 'Laisser-faire' bezeichnete Vorstellung vertreten, insbesondere Schülern mit ungünstigen Lernvoraussetzungen zugute kommt. Dies scheint aber nicht der Fall zu sein. Die Befunde sprechen

eher dafür, dass die erfassten Vorstellungen der Lehrkräfte die Lernfortschritte der Schüler unabhängig deren Vorwissens (und auch Geschlechts) begünstigen oder beschränken.

Bewertet man die Befunde dieser Arbeit insgesamt im Zusammenhang mit den Befunden der o.g. Studien und der in Kapitel 2.3.3.5 referierten Studien zu Zusammenhängen von Vorstellungen der Lehrkräfte mit deren unterrichtlicher Praxis, so deuten die Ergebnisse an, dass fachspezifische Vorstellungen von erfahrenen Lehrkräften zum Lehren und Lernen eine wichtige Rolle für das unterrichtliche Geschehen und auch für Lernfortschritte der Schüler spielen. Die Befunde unterstreichen damit auch die Feststellungen „Teachers matter“ (Resnick, 2004) oder „Teachers make a difference“ (Hattie, 2003), die vor dem Hintergrund neuerer Studien zur Bedeutsamkeit von Merkmalen der Lehrerpersönlichkeit und der Unterrichtsgestaltung getroffen wurden.

Mit der Fokussierung auf das konzeptuelle naturwissenschaftliche Verständnis von Schülern wurde ein wichtiges Zielkriterium naturwissenschaftlichen Unterrichts ausgewählt, das zudem seit einigen Jahren intensiv diskutiert wird, da internationale Schulleistungsstudien auf Defizite deutscher Schüler in diesem Bereich aufmerksam gemacht haben (Baumert & Lehmann, 1997; Rost et al., 2004). Die Befunde dieser Arbeit können unter der Voraussetzung einer Replikation durch weitere Studien einen Ansatzpunkt zur Förderung dieses als defizitär betrachteten Zielbereichs bedeuten. Da mit den Vorstellungen zum Lehren und Lernen Merkmale der Lehrerpersönlichkeit untersucht wurden, scheinen sich direkte Möglichkeiten der Intervention zu bieten. Darauf wird in Abschnitt 6.5 im Zusammenhang mit der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften noch eingegangen.

6.2 Beschränkungen der Studie

Repräsentativität und Größe der Stichprobe

Um die Repräsentativität der Lehrerstichprobe, die dieser Untersuchung zugrunde liegt, einschätzen zu können, wurde diese Stichprobe mit einer für nordrhein-westfälische Grundschullehrkräfte weitgehend repräsentativen Stichprobe verglichen. Dabei zeigten sich in allgemeinen soziodemografischen Daten wie dem Alter, der Berufserfahrung in Dienstjahren sowie dem Anteil männlicher Lehrkräfte höchstens als 'klein' zu bewertende Abweichungen der Untersuchungsstichprobe von dem 'NRW-Sample'. Mittlere bis große Abweichungen wurden jedoch in motivationalen und selbstbezogenen Voraussetzungen der Lehrkräfte für das Unterrichten physikbezogener Themen des Sachunterrichts gefunden. Auch bei Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, den zentralen unabhängigen Variablen dieser Untersuchung, zeigten sich teilweise mittlere bis große Abweichungen der Untersuchungsstichprobe von der repräsentativen Stichprobe.

Diese Abweichungen sind sehr wahrscheinlich auf die Fortbildungen zurückzuführen, an denen die Lehrkräfte der Untersuchungsstichprobe im Rahmen des BiQua-Projekts teilgenommen hatten. Mit Ausnahme der als 'Diskussion von Schülervorstellungen' und 'Transmission' bezeichneten Vorstellungen, bei denen sich im Rahmen der BiQua-Studie keine signifikanten Effekte der Fortbildungsintervention zeigten, finden sich genau in den Variablen Abweichungen von der repräsentativen Stichprobe, in

denen sich Effekte der Fortbildungsvariation (tutoriell angeleitete Fortbildungen vs. nicht tutoriell unterstützte Fortbildung) zeigten (vgl. Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann, Blumberg, 2006; Kleickmann, Möller & Jonen, 2006).

Bei der Stichprobe von Lehrkräften, die dieser Untersuchung zugrunde liegt, handelt es sich somit nicht um eine für Grundschullehrkräfte repräsentative Stichprobe. 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. Zum anderen zeigen diese Lehrkräfte Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften, die in stärkerem Maße mit Sichtweisen der naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Forschung in Übereinstimmung stehen. Die Validität der oben getroffenen Aussagen zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten bei Schülern ist also prinzipiell auf spezifisch fachdidaktisch fortgebildete Lehrkräfte beschränkt.

Die recht große Stichprobe auf Schülerebene sollte nicht darüber hinwegtäuschen, dass auf der Klassenebene nur 46 Lehrkräfte bzw. Klassen untersucht wurden, und dass die geschätzten Effekte somit letztlich auf Regressionsrechnungen mit 46 Fällen basieren. Simulationsstudien zeigen, dass die Stabilität der Parameterschätzungen (z.B. der γ -Koeffizienten oder der Varianzkomponenten) u.U. eingeschränkt ist, wenn die Stichprobe auf Klassenebene kleiner als 50 ist (vgl. Mok, 1995; Maas & Hox, 2005). Die berichteten Koeffizienten und 'Anteile aufgeklärter Varianz' sind also unter diesem Vorbehalt zu interpretieren. Eine Replikation der Ergebnisse auf der Grundlage größerer Stichproben wäre daher wünschenswert.

Validitätsprobleme bei der Erfassung der Lehrervorstellungen

Im Rahmen der MTMM-Analysen zeigten sich Probleme der Konstruktvalidität der Skalen, die die als 'Entwicklung eigener Deutungen' und 'Diskussion von Schülervorstellungen' bezeichneten Vorstellungen zum Lehren und Lernen erfassen sollen. Bei der Skala 'Entwicklung eigener Deutungen' sind dies vor allem Probleme der diskriminanten Validität, bei der Skala 'Diskussion von Schülervorstellungen' insbesondere Probleme der konvergenten Validität. Hier könnte bereits der festgestellte Deckeneffekt zu einer beeinträchtigten Validität der Messwerte beitragen. Die Skala 'Entwicklung eigener Deutungen' scheint eher eine Vorstellung zu erfassen, die einem 'naiven Konstruktivismus' nahe steht. Darauf deuten die vergleichsweise hohen und signifikanten Korrelationen mit den Skalen 'Praktizismus' und 'Laisser-faire' hin.

Bei den Monotrait-Heteromethod-Analysen, für die teilstrukturierte Interviews mit den Lehrkräften herangezogen wurden, zeigten sich zwar bei den Skalen 'Conceptual Change', 'Schülervorstellungen', 'Praktizismus' und mit Einschränkungen auch bei der Skala 'Motiviertes Lernen' recht zufriedenstellende Korrelationen, bei den übrigen fünf Skalen scheint jedoch eine Überarbeitung mit dem Ziel der Verbesserung der konvergenten Validität sinnvoll. Wünschenswert scheint auch eine weitergehende Analyse und differenziertere Operationalisierung der Konstrukte, die Vorstellungen von (Grundschul-)Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zugrunde liegen. Vermutlich lässt sich so die Konstruktvalidität der entwickelten Skalen weiter verbessern. Die Entwicklung ei-

ner Skala zur direkten Erfassung des ursprünglich intendierten Konstrukts 'Angeleitetes Lernen' bzw. 'Scaffolding von Lernprozessen' ist im Rahmen der Testkonstruktion in dieser Arbeit nicht gelungen. Die Skala 'Laisser-faire', die aus den Items, die zur Erfassung des ursprünglich interessierenden Konstrukts entwickelt wurden, hervorging, erfasst nur in Ansätzen das Gegenteil des beabsichtigten Konstrukts. Die Entwicklung einer solchen Skala, die das Konstrukt 'Angeleitetes Lernen' direkt erfasst, wäre also ein weiteres Ziel für künftige Forschung.

Eigenschaften des Tests zum konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken'

Die Analysen des eingesetzten Tests zum integrierten konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' haben ergeben, dass insbesondere leichte Aufgaben fehlen, die eine bessere Differenzierung auch im unteren Fähigkeitsbereich ermöglichen würden. Gerade im Vortest fallen die Lösungshäufigkeiten sehr niedrig aus, was sich auch in einer eingeschränkten internen Konsistenz des Summenwertes niederschlägt. Eine bessere Streuung der Schwierigkeitskoeffizienten wäre daher ein wichtiges Ziel für eine Überarbeitung des Tests. Hinsichtlich der beiden zusätzlich gebildeten Summenwerte zu Fehlvorstellungen und (vor-)physikalischen Konzepten wäre die Entwicklung intern konsistenterer Maße wünschenswert. Die Kontext-Abhängigkeit von Schülervorstellungen (vgl. Wandersee, Mintzes & Novak, 1994) stellt in dieser Hinsicht jedoch vermutlich ein Problem dar.

Einschränkungen aufgrund der korrelativen Anlage der Studie

Beziehungen zwischen Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen und Lernfortschritten bei Schülern wurden in dieser Arbeit anhand von korrelativen Analysen untersucht. Aussagen über kausale Beziehungen sind daher nicht bzw. nur sehr eingeschränkt möglich (vgl. Bortz & Döring, 2002, S. 518 f.). Auch wenn bspw. von 'differenziellen Effekten' oder 'Lehrervorstellungen als Prädiktoren' gesprochen wurde, so ist dies nicht im Sinne einer Annahme zugrunde liegender kausaler Beziehungen zu verstehen.¹²

Aussagen über die Wirkungen von Lehrervorstellungen auf das im Unterricht erreichte Verständnis der Schüler sind in korrelativen Studien durch nicht berücksichtigte, aber mit Blick auf die untersuchten Wirkungen bedeutsame Dritt-Variablen beschränkt. In Kapitel 4.7.2 wurden die Variablen beschrieben, die in die Analysen der vorliegenden Studie aufgenommen wurden. Im Folgenden werden Variablen diskutiert, die als mögliche unberücksichtigte, aber relevante Dritt-Variablen in Frage kommen könnten.

Bei individuellen Merkmalen der Schüler zeigen sich insbesondere bei querschnittlichen Designs allgemeine kognitive Fähigkeiten und auch Merkmale des sozialen Hintergrundes der Schüler als relevante Bedingungen der Lernleistungen (vgl. Helmke & Weinert, 1997; Scheerens & Bosker, 1997; Hattie, 2003; Ehmke, Hohensee, Heidemeier & Prenzel, 2004; Lipowsky, 2006). Beide Variablen wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt. Die Effektstärken allgemeiner kognitiver Fähigkeiten und sozialer Hintergrundvariablen verringern sich aber, wenn die Leistungsmaße über Messwieder-

12 Die Begrifflichkeiten wurden in Anlehnung an die Terminologie der Regressionsanalyse und auch aus sprachlichen Gründen gewählt (vgl. auch Bortz & Döring, 2002, S. 518 f.).

holungen längsschnittlich erhoben werden, wie das auch in dieser Studie der Fall ist. Über die Kontrolle des vorunterrichtlichen Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken' werden allgemeine kognitive Fähigkeiten wie auch eine 'Bevor- oder Benachteiligung' hinsichtlich sozialer Hintergrundvariablen zu einem gewissen Grad mit erfasst und kontrolliert. Dennoch wäre eine Berücksichtigung dieser Variablen natürlich wünschenswert gewesen, um deren Relevanz für die zentralen Befunde dieser Arbeit besser einschätzen zu können.

Müssen Schüler die Aufgaben des Tests, mit dem die Leistungen erfasst werden, selbstständig lesen, spielt auch die Lesekompetenz der Schüler eine bedeutsame Rolle (vgl. z.B. Kunter et al., 2006). Da in dieser Untersuchung die Tests zum Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' vollständig durch die Lehrkräfte instruiert und vorgelesen wurden, dürfte diese Variable jedoch nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Bei den Merkmalen der Lehrkräfte könnten deren fachspezifisches Wissen, insbesondere das Verständnis von 'Schwimmen und Sinken', sowie nicht erfasste Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens (z.B. themenspezifisches fachspezifisch-pädagogisches Wissen; s. Kapitel 2.3.1.2) weitere bedeutsame, aber nicht berücksichtigte Variablen darstellen. Jüngste Ergebnisse aus COACTIV (vgl. Kunter et al., 2006) deuten zumindest für den Bereich Mathematik der Sekundarstufe an, dass das fachspezifische Wissen von Lehrkräften vermittelt über das fachspezifisch-pädagogische Wissen eine bedeutsame Rolle für Lernfortschritte der Schüler spielt. In der vorliegenden Untersuchung könnte hinsichtlich des fachspezifischen und fachspezifisch-pädagogischen Wissens eine Konfundierung mit Effekten der Fortbildungen vorliegen, an denen die Lehrkräfte teilgenommen hatten. Ergebnisse aus dem BiQua-Projekt zeigen, dass Lehrkräfte, die an den tutoriell angeleiteten Fortbildungen teilgenommen haben, höhere Lernfortschritte bei ihren Schülern erreichen als dies bei Lehrkräften der Fall ist, die fachspezifisches und fachspezifisch-pädagogisches Wissen weitgehend selbstgesteuert auf der Basis schriftlicher Handreichungen erworben haben (vgl. Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann & Blumberg, 2006). Da die Lehrkräfte der beiden Experimentalgruppen tutorielle Unterstützung beim Erwerb des fachspezifischen und fachspezifisch-pädagogischen Wissens erhielten, ist es nicht unwahrscheinlich, dass sie auch ein tieferes Verständnis der erarbeiteten fachlichen Inhalte und damit auch von 'Schwimmen und Sinken' haben, das eines der Fortbildungsinhalte (aller drei Gruppen) war. Analog wäre zu vermuten, dass Experimentalgruppen-Lehrkräfte auch ein elaborierteres fachspezifisch-pädagogisches Wissen zum 'Schwimmen und Sinken' erworben haben.

Da sich die 29 Experimentalgruppen-Lehrkräfte und die 17 Kontrollgruppen-Lehrkräfte, die an der vorliegenden Untersuchung teilgenommen haben, hinsichtlich einiger der erfassten Vorstellungen zum Lehren und Lernen unterscheiden¹³, könnte eine Konfundierung mit Fortbildungseffekten auf das fachspezifische und/oder fachspezifisch-pädagogische Wissen der Lehrkräfte vorliegen. Aus diesem Grund wurde in zusätzlichen HLM-Analysen geprüft, ob die gefundenen Zusammenhänge zwischen Vorstel-

13 Effektgrößen (d) bei den erfassten Vorstellungen zum Lehren und Lernen: 'Motiviertes Lernen' (.50); 'Anwendungsbezogenes Lernen' (.01); 'Entwicklung eigener Deutungen' (.30); 'Diskussion von Schülervorstellungen' (.14); 'Conceptual Change' (.69); 'Schülervorstellungen' (1.05); 'Laisser-faire' (.43); 'Praktizismus' (.45); 'Transmission' (.38); Cohen (vgl. 1992) schlägt vor, Effektgrößen mit einem Betrag bis .20 als 'klein', bis .50 als 'mittel' und ab .80 als 'groß' zu bezeichnen.

lungen der Lehrkräfte und Lernfortschritten der Schüler auch bei Kontrolle der Zugehörigkeit zu Experimental- oder Kontrollgruppe bestehen bleiben. Es zeigt sich dabei, dass die Zusammenhänge der Lehrervorstellungen, die als 'Conceptual Change', 'Schülervorstellungen' und 'Praktizismus' bezeichnet wurden, mit Lernfortschritten der Schüler weiterhin bestehen. Bei den als 'Motiviertes Lernen', 'Laisser-faire' und 'Transmission' bezeichneten Vorstellungen sind die Zusammenhänge nicht mehr signifikant. Diese Analysen sind jedoch sehr restriktiv und unterschätzen die 'Effekte' der Vorstellungen der Lehrkräfte, da durch die Kontrolle der Fortbildungsgruppe auch gemeinsame Varianz von Lehrervorstellungen (die sich gruppenspezifisch unterscheiden) und Lernfortschritten der Klassen 'gebunden' wird. Außerdem geht ein weiterer Freiheitsgrad durch den zu schätzenden Effekt der Fortbildungsgruppe verloren. Dass die Zusammenhänge der Vorstellungen, die als 'Conceptual Change', 'Schülervorstellungen' und 'Praktizismus' bezeichnet wurden, mit den Lernfortschritten der Schüler dennoch substantiell bleiben, unterstreicht die Bedeutung dieser Lehrerkognitionen für das Lernen der Schüler. Bei der Ermittlung der zentralen Befunde dieser Arbeit wurde außerdem das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte kontrolliert, das als gewisser Indikator für das fachspezifische Wissen der Lehrkräfte angesehen werden kann. Es erwies sich in den Analysen auch zum Teil als signifikanter Prädiktor der Lernfortschritte. Die Wahrscheinlichkeit einer Konfundierung der gefundenen Effekte mit dem fachspezifischen Wissen der Lehrkräfte scheint daher zumindest reduziert zu sein. Durch die Bereitstellung der Lehrer-Handreichungen zum Thema 'Schwimmen und Sinken', die u.a. Informationen zu themenspezifischen Schülervorstellungen und zu Möglichkeiten der Herausforderung dieser Vorstellungen enthalten, scheint auch die Wahrscheinlichkeit einer Konfundierung mit (nicht erfasstem) fachspezifisch-pädagogischem Wissen der Lehrkräfte zumindest verringert zu sein. Dennoch wären Untersuchungen wünschenswert, die fachspezifisches Wissen und fachspezifisch-pädagogisches Wissen über Vorstellungen zum Lehren und Lernen hinaus direkt erfassen und bei der Analyse von Zusammenhängen zwischen Lehrervorstellungen und Lernzuwachsen der Schüler kontrollieren.

Nicht-lineare Zusammenhänge zwischen Lehrervorstellungen und Zielkriterien seitens der Schüler

Die zentralen Befunde dieser Arbeit basieren auf Ergebnissen, die mit hierarchisch-linearen Modellen ermittelt wurden. Es wurden also lediglich *lineare* Zusammenhänge, d.h. 'je-desto'-Beziehungen ('je größer, desto größer'; 'je größer, desto kleiner' usw.) von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernzuwachsen der Schüler betrachtet. Wie bereits angedeutet wurde, sind jedoch bei speziellen Lehrervorstellungen, wie im Übrigen auch bei bestimmten Unterrichtsprozess-Merkmalen, nicht-lineare Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler denkbar. Dies wäre bspw. der Fall, wenn eine 'Optimum-Beziehung' zwischen Prädiktor und Kriterium bestehen würde. Es könnte sein, dass Lehrkräfte mit einer mittleren Ausprägung einer Vorstellung zum Lehren und Lernen bessere Lernergebnisse erreichen als Lehrkräfte, die sehr hohe oder sehr niedrige Ausprägungen aufweisen. Dies würde in einem (umgekehrt) u-förmigen Zusammenhang zum Ausdruck kommen. Eine solche Beziehung könnte ggf. bei der als 'Anwendungsbezogenes Lernen' bezeichneten Vorstellung zum Lehren und Lernen zugrunde liegen, für die keine linearen Zusammenhänge mit Lernfortschritten gefunden wurden. Alternativ zu der in Kapitel 3 formulierten Hypothese wäre denkbar, dass Lehrkräfte, die diese Vorstellung besonders stark vertreten, Schüler durch eine zu starke Situierung und damit verbundene zu hohe Komplexi-

tät des Unterrichts überfordern. Neben 'Optimum-Beziehungen' sind auch 'Sättigungs-Beziehungen' denkbar, bei der sich ein linearer Zusammenhang nur bis zu einem Schwellenwert zeigen würde. Ein weiterer Anstieg der Prädiktorvariable (hier: Lehrervorstellung) hätte in diesem Fall keinen Effekt auf das Kriterium (hier: Lernzuwächse der Schüler). Für die Untersuchung solcher nicht-linearer Zusammenhänge dürften jedoch größere Stichproben als die 46 Klassen dieser Untersuchung (relevant ist das N auf Klassenebene) notwendig sein. Hill, Rowan und Ball (2005) gruppierten in ihrer Studie die teilnehmenden 334 Lehrkräfte nach deren in einem Test gezeigten fachspezifisch-pädagogischen Wissen in Dezile. Für die 10 Lehrergruppen wurden die Lernfortschritte der Schüler berechnet und grafisch wie auch inferenzstatistisch verglichen. Auf diese Weise konnten Hinweise für eine 'Sättigungsbeziehung' zwischen dem Wissen der Lehrkräfte und den Lernzuwächsen der Schüler gefunden werden. Ein solches Vorgehen führt jedoch bei 46 Lehrkräften, auch wenn weniger als 10 Gruppen betrachtet werden, zu sehr zufälligen Ergebnissen je nach dem, welche Trennwerte für die Gruppen festgelegt werden. Auch die Interpretation von Streudiagrammen, in denen die adjustierten Lernzuwächse der Klassen gegen die erfassten Lehrervorstellungen abgetragen werden, scheint zumindest bei einem N von 46 sehr uneindeutig. Der Frage nach nicht-linearen Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten bei Schülern nachzugehen, wäre also ebenfalls eine Aufgabe für spätere Studien.

6.3 Fachspezifität von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen

In der vorliegenden Arbeit wurde es als wichtig angesehen, die Lehrervorstellungen und ihre Wirkungen fachspezifisch zu untersuchen. Dieser Ansatz wurde insbesondere durch den Rückgriff auf Forschungen aus dem Experten-Paradigma begründet, die die besondere Bedeutung fachspezifisch-pädagogischen Wissens für das professionelle Handeln von Lehrkräften gezeigt haben. Dennoch bleibt die Frage, inwieweit die in dieser Arbeit untersuchten Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften tatsächlich spezifisch für diesen Bereich sind.

Nimmt man zu den in Kapitel 2.3.2.3 berichteten Befunden zu Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen in Naturwissenschaften noch solche aus anderen Fächern hinzu, so fallen einige Parallelen auf, die die Annahme der Fachspezifität in gewisser Weise in Frage stellen: So wird bspw. auch in Mathematik- und auf das Sprachen-Lernen-bezogenen Studien von 'transmissiven' wie auch von 'schülerorientierten' oder 'konstruktivistischen' Vorstellungen der Lehrkräfte berichtet (vgl. z.B. Staub & Stern 2002; Fang, 1996). Andererseits finden sich aber auch Belege für solche Vorstellungen, die stärker fachspezifisch ausgerichtet zu sein scheinen. So wird von Conceptual-Change-orientierten Vorstellungen oder den sog. praktizistischen Lehrervorstellungen nur in naturwissenschaftsbezogenen Untersuchungen berichtet (vgl. z.B. Smith & Neale, 1991; Keys, 2005), von Vorstellungen zu 'Fehleroffenheit' hingegen in Mathematik-bezogenen Studien (vgl. z.B. Stipek, Givvin, Salmon & MacGyvers, 2001).

Es könnte also sein, dass einige der in der vorliegenden Arbeit erfassten Lehrervorstellungen nicht nur auf das Lehren und Lernen in Naturwissenschaften bezogen sind, sondern eher auf das schulische Lehren und Lernen generalisierte Vorstellungen darstellen, die von den Lehrkräften auch auf das natur-

wissenschaftliche Lehren und Lernen angewendet werden. Die Frage der Fachspezifität der Vorstellungen zum Lehren und Lernen kann auch als Frage der diskriminaten Validität der erfassten Lehrervorstellungen gesehen werden. Diese wäre dann hoch, wenn Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit anderen Konstrukten, wie eben auch allgemein auf schulisches Lehren und Lernen bezogenen Vorstellungen der Lehrkräfte, nur mäßig kovariierten. Zu dieser Frage liegen m.E. bislang keine Studien vor. Gewisse Hinweise liefern die im Rahmen der MTMM-Analysen berechneten Korrelationen mit den beiden von Drechsel entwickelten Skalen (vgl. 2001), die einen nicht fachspezifischen reaktiven und einen ebenso nicht fachspezifischen konstruktiven Lernbegriff erfassen. Hier zeigten sich außer bei der Skala 'Entwicklung eigener Deutungen' durchweg sehr geringe oder Null-Korrelationen mit den erfassten Vorstellungen zum Lehren und Lernen. Allerdings basieren die Skalen von Drechsel auch auf einer anderen Methode (semantisches Differential) und erfassen eher Konnotationen mit dem Lernbegriff.

Die Frage, ob möglicherweise fachspezifisch unterschiedliche Zusammenhänge von Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen mit dem unterrichtlichen Handeln der Lehrkräfte und mit der Erreichung von Zielkriterien bei den Schülern existieren, wurde m.E. bislang ebenfalls noch nicht systematisch untersucht.

6.4 Vermittelnde Unterrichtsprozesse

In der vorliegenden Studie wurden Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Lehrkräfte und 'Output'-Variablen in einer Art 'Black-Box-Ansatz' untersucht, da unterrichtliche Prozesse, deren vermittelnde Funktion angenommen werden kann, nicht berücksichtigt wurden. Einblicke in diese Black-Box zu nehmen und die zwischen fachspezifischen Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen und den Lernfortschritten der Schüler vermittelnden unterrichtlichen Prozesse zu untersuchen, scheint ein viel versprechender Ansatz. Wie in Kapitel 2.3.3 beschrieben, ist bei fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen vor allen Dingen eine Vermittlung über die „Entwicklung fachlicher Inhalte im Unterricht“ (Bromme, 1992; 1997) zu vermuten, und weniger eine Vermittlung über allgemeine, eher fachunabhängige Aspekte der Unterrichtsqualität, die sich bspw. auf eine störungspräventive Klassenführung beziehen. Im Bereich Mathematik der Sekundarstufe identifizierten Dubberke und Kollegen im Rahmen von COACTIV drei Faktoren der Unterrichtsqualität: Kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung von Lernprozessen und Classroom-Management. Es konnte gezeigt werden, dass Effekte fachspezifischer Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen (hier eines 'transmission view') auf Lernfortschritte der Schüler über die kognitiv aktivierende Unterrichtsgestaltung und über die konstruktive Unterstützung von Lernprozessen vermittelt werden. Das Classroom-Management als weitgehend fachunabhängiges Unterrichtsqualitäts-Merkmal fungierte hingegen nicht als Mediator der Beziehung zwischen Lehrervorstellungen und Lernfortschritten der Schüler (vgl. Dubberke et al., eingereicht).

Erste Ergebnisse zu Zusammenhängen der im Rahmen der vorliegenden Studie erfassten Vorstellungen der Lehrkräfte mit der per Videoanalyse erfassten Unterrichtsgestaltung deuten an, dass im Bereich naturwissenschaftlichen Lernens in der Grundschule ebenfalls die Art und Weise der Entwicklung von fachlichen Inhalten im Unterricht eine vermittelnde Rolle in der Beziehung zwischen fachspezifischen Lehrervorstellungen und dem Lernerfolg der Schüler spielt. Insbesondere scheinen die in Kapitel 2.2.4 beschriebenen Maßnahmen der Unterrichtsgestaltung bedeutsam zu sein, die Conceptual Change bei den Schülern unterstützen können. Zu diesen Maßnahmen gehören das Bewusstmachen von Schülervorstellungen im Unterricht, die Herausforderung dieser Vorstellungen mit konfligierender empirischer Evidenz oder mit Argumenten sowie Maßnahmen, die dem Scaffolding zugeordnet werden können (Hervorhebung wichtiger Erkenntnisse durch die Lehrkraft, inhaltliche Sequenzierung 'komplexer' Fragestellungen) (vgl. Vehmeyer, Kleickmann & Möller, 2007).

In den vorgenommenen HLM-Analysen zum Zusammenhang von Lehrervorstellungen und Lernfortschritten der Schüler wurde die Klassengröße mit kontrolliert. Sie zeigte sich etwas unerwartet als z.T. bedeutsamer Prädiktor der Lernfortschritte der Schüler. Der gefundene positive Zusammenhang bleibt auch bestehen, wenn die eine sehr kleine Klasse mit sieben Schülern ausgeschlossen wird. Unerwartet ist dieser Befund insofern, als sich die Klassengröße in vielen Studien als weitgehend irrelevant für den Lernerfolg der Schüler erwiesen hat (Helmke & Weinert, 1997; Blatchford, 2003). Einen möglichen Erklärungsansatz liefern Befunde der in der Grundschule angesiedelten SCHOLASTIK-Studie. Sie zeigen, dass der Grad der Effizienz der Klassenführung in positivem Zusammenhang mit der Klassengröße steht: Je größer die Klasse, desto effizienter die Klassenführung (vgl. Weinert & Helmke, 1997). Vor dem Hintergrund der robusten Befunde zur Bedeutung der Klassen- und Unterrichtsführung für die Erreichung von leistungsbezogenen Zielkriterien (vgl. Brophy & Good, 1986; Wang, Haertel & Walberg, 1993; Klieme, Schümer & Knoll, 2001) könnte ein über die Klassenführung vermittelter Effekt der Klassengröße auf die Lernfortschritte der Schüler angenommen werden. Ein weiterer Erklärungsansatz könnte darin bestehen, dass in kleinen Klassen möglicherweise eine geringere Bandbreite an Fehlvorstellungen in die Unterrichtsgespräche eingebracht und diskutiert wird. Dies könnte zur Folge haben, dass weniger Fehlvorstellungen im Unterricht diskursiv revidiert werden. Fehlvorstellungen könnte von den Schülern somit (nach wie vor) ein höherer Status beigemessen werden als den im Unterricht angebotenen (vor-)physikalischen Konzepten. Da in dem eingesetzten Test zum konzeptuellen Verständnis von 'Schwimmen und Sinken' sowohl die Ablehnung von Fehlvorstellungen als auch der Aufbau (vor-)physikalischer Konzepte erfasst werden, wären Auswirkungen auf die gemessenen Lernfortschritte plausibel.

6.5 Konsequenzen für die Lehrerbildung

Aus den zentralen Befunden dieser Arbeit lassen sich – unter der Voraussetzung, dass sie in weiteren Studien insbesondere auch bei nicht spezifisch fortgebildeten Lehrkräften repliziert werden – zunächst Folgerungen für die Fortbildung bereits praktizierender und erfahrener Grundschullehrkräfte formulieren. Die Befunde werfen die Frage auf, wie es gelingen kann, Grundschullehrkräfte darin zu unterstüt-

zen, solche Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften abzubauen, die in negativen Zusammenhängen mit Lernfortschritten der Schüler stehen, und statt dessen Vorstellungen aufzubauen, die positiv mit Fortschritten der Schüler im naturwissenschaftlichen Verständnis zusammenhängen. Bezogen auf die Befunde dieser Arbeit stellt sich also die Frage, wie Grundschullehrkräfte angeleitet werden können, die als 'Transmission', 'Praktizismus' und 'Laisser-faire' bezeichneten Vorstellungen aufzugeben und dafür den als 'Conceptual Change', 'Schülervorstellungen', 'Motiviertes Lernen' und 'Diskussion von Schülervorstellungen' überschriebenen Vorstellungen mehr Bedeutung beizumessen. Insbesondere der Erwerb eines Verständnisses von naturwissenschaftlichem Lehren und Lernen im Sinne von Conceptual-Change-Ansätzen sowie der Erwerb einer Sichtweise, der zufolge Schüler mit bereits z.T. fest in Alltagserfahrungen verankerten Vorstellungen über Naturphänomene und naturwissenschaftliche Begriffe in den Unterricht kommen, scheinen wichtige Aufgaben für die Lehreraus- und -fortbildung zu sein; zum Einen, da Studien darauf hinweisen, dass diese Vorstellungen bei Grundschullehrkräften nur wenig verbreitet sind (vgl. Smith & Neale, 1991; Heran-Dörr, 2006), und zum Anderen, da diese Vorstellungen in engem Zusammenhang mit dem Erwerb eines naturwissenschaftlichen konzeptuellen Verständnisses seitens der Schüler zu stehen scheinen.

Die Veränderung bzw. Erweiterung von Vorstellungen bei Lehrkräften zum Lehren und Lernen wird als schwierige und oft nur über längerfristige Interventionen zu bewerkstellende Aufgabe angesehen (King, Shumow & Lietz, 2001; Richardson & Placier, 2001). Vorstellungen zum Lehren und Lernen sind wie in Kapitel 2.3.2.2 angedeutet z.T. tief in langjährigen eigenen Lehr- und Lernerfahrungen (u.a. etwa 13 Jahre Erfahrung als Schüler) verankert. Bereits vor 20 Jahren haben Hewson und Hewson (vgl. 1987) vor dem Hintergrund erster Befunde zu 'Misconceptions' (angehender) Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften empfohlen, Conceptual-Change-Ansätze auch in der Ausbildung von Lehrkräften zu implementieren. Hewson und Hewson schlagen vor, die aus der Conceptual-Change-Forschung bekannten Bedingungen für Konzeptwechsel (dissatisfaction, plausibility, intelligibility, fruitfulness) aufzugreifen (vgl. auch Hewson et al., 1999). Diese Sicht ist auch in jüngerer Zeit noch einflussreich (vgl. Duit, 1995; Northfield, Gunstone & Erickson, 1996; Richardson & Placier, 2001) und wurde um das Kriterium „feasibility“ (Duit, 1995, S. 919) erweitert, also die Einschätzung der 'Umsetzbarkeit in der Unterrichtspraxis' bspw. subjektiv neuer Ansätze zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen.

Im Rahmen des BiQua-Projekts, in das die vorliegende Untersuchung eingebettet ist, konnte gezeigt werden, dass durch umfangreiche (16 ganztägige Veranstaltungen) tutoriell angeleitete Fortbildungen Vorstellungen von erfahrenen Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften modifiziert werden können. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die nur schriftliche Materialien mit Informationen über Conceptual-Change-Ansätze, typische Schülervorstellungen und fachliche Hintergründe bei elf naturwissenschaftlichen Unterrichtsthemen erhielten, zeigten die Teilnehmer der tutoriell angeleiteten Fortbildungen einen stärkeren Aufbau der als 'Conceptual Change' und 'Schülervorstellungen' bezeichneten Vorstellungen zum Lehren und Lernen sowie einen stärkeren Abbau der als 'Praktizismus' überschriebenen Vorstellung (vgl. Kleickmann, Möller & Jonen, 2006). Die tutorielle Unterstützung durch die Fortbildungsleitung war dabei an Conceptual-Change-Ansätzen orientiert: Die

vorhandenen fachlichen naturwissenschaftsbezogenen Vorstellungen der Lehrkräfte wurden aufgegriffen und verstehensorientiert weiterentwickelt. Die Lehrkräfte wurden dazu angeregt, ihre Vorstellungen zu den thematisierten Naturphänomenen untereinander zu diskutieren und Möglichkeiten der Überprüfung dieser Vorstellungen durch Experimente zu entwickeln. Die Teilnehmer wurden schließlich zur Reflexion ihrer eigenen fachbezogenen Lernprozesse angeregt. Dabei wurden vorhandene Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften aufgegriffen und es wurde die Bedeutung vorhandener Vorstellungen für Lernprozesse diskutiert. Auch Bedingungen, die Conceptual Change begünstigen, wurde auf der Grundlage der eigenen fachbezogenen Lernprozesse reflektiert (vgl. Möller, Hardy, Jonen, Kleickmann & Blumberg, 2006).

Zusammen mit den Befunden der vorliegenden Arbeit geben die Ergebnisse des skizzierten BiQua-Projekts Hinweise darauf, wie es gelingen kann, Aspekte des professionellen Wissens von Lehrkräften zu modifizieren, die im Zusammenhang mit dem Lernerfolg von Schüler zu stehen scheinen.

Insbesondere die Reflexion eigener Conceptual Changes im fachspezifischen Wissen, die im Rahmen einer genetisch und verstehensorientiert angelegten fachbezogenen Ausbildung stattfinden, könnte einen fruchtbaren Ansatzpunkt für die naturwissenschaftsdidaktische Aus- und Fortbildung von Grundschullehrkräften darstellen. Auf diese Weise könnten konstruktivistisch und insbesondere Conceptual-Change-orientierte Vorstellungen (angehenden) Lehrkräften plausibler und auch für das eigene Unterrichten fruchtbarer erscheinen. Neben der Veränderung und Erweiterung fachspezifischer Vorstellungen zum Lehren und Lernen scheint darüber hinaus aber auch der Erwerb von fachspezifisch-pädagogischem Wissen im Sinne der weiteren in Kapitel 2.3.1.2 beschriebenen Facetten erforderlich zu sein. Dies dürfte eine Voraussetzung dafür darstellen, dass erworbene Vorstellungen zum Lehren und Lernen auch handlungsrelevant werden können (s. Kapitel 2.3.3.4).

Hinsichtlich der als 'Praktizismus', 'Laisser-faire' und 'Transmission' bezeichneten Vorstellungen, bei denen sich negative Zusammenhänge mit Lernfortschritten der Schüler zeigten, stellt sich die Frage, welche Erfahrungen der Lehrkräfte zur Entstehung dieser Vorstellungen beitragen. Bei der als 'Transmission' überschriebenen Vorstellung liegen zahlreiche Hinweise vor, dass diese Vorstellung zumindest zu einem bedeutenden Anteil bereits in der eigenen Schulzeit erworben wird (s. Kapitel 2.3.2.2). Bei den als 'Praktizismus' und 'Laisser-faire' bezeichneten Vorstellungen scheint dies weniger klar zu sein. Es scheint aber nicht unplausibel, dass diese Vorstellungen eine Art 'Fehlinterpretation' konstruktivistischer oder auch 'kindorientierter' Ansätze in der Pädagogik und der (Fach-)Didaktik darstellen ('naiver Konstruktivismus'; vgl. Prawat, 1992; Keys, 2005). Solchen Fehlinterpretationen vorzubeugen, wäre dann eine wichtige Aufgabe für die Lehrerbildung. Die Lehreraus- und -fortbildung für das Unterrichten von Naturwissenschaften scheint den schwierigen Weg finden zu müssen, einerseits vorhandene 'transmissive' Vorstellungen zum Lehren und Lernen abzubauen und dabei andererseits nicht durch eine falsch verstandene Kindorientierung den Aufbau 'praktizistischer' oder 'laisser-faire' orientierter Vorstellungen zu unterstützen. Vielmehr scheint es erforderlich, auch die Notwendigkeit der lernprozessbezogenen Unterstützung und Strukturierung im naturwissenschaftlichen Unterricht hervorzuheben und erfahrbar zu machen.

6.6 Ausblick

Bereits in den vorigen Abschnitten wurden Fragen, die für zukünftige Forschung lohnend erschienen, angedeutet. Hier sollen noch einmal einige offene Forschungsfragen und möglicherweise lohnenswerte Untersuchungsansätze zu fachspezifischen Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen skizziert werden.

Die Einschränkungen der Repräsentativität der untersuchten Stichprobe von Lehrkräften werfen natürlich die Frage auf, ob die in der vorliegenden Untersuchung gefundenen Zusammenhänge von Vorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernfortschritten bei Schülern auch bei nicht spezifisch fachdidaktisch fortgebildeten Lehrkräften repliziert werden können. Im Rahmen eines Projekts in Kooperation mit der Forschergruppe 'Naturwissenschaftlicher Unterricht' der Universität Essen-Duisburg werden wir u.a. dieser Frage nachgehen.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Variablen-orientierter Ansatz zur Analyse der Zusammenhänge von Lehrervorstellungen mit verständnisvollem naturwissenschaftlichen Lernen bei Schülern gewählt (vgl. Helmke & Weinert, 1997 sowie Kapitel 2.1.5). Für vertiefende Analysen dieser Zusammenhänge dürfte die Wahl eines Person-orientierten Ansatzes viel versprechend sein. So könnten z.B. im Rahmen der vorliegenden Daten (um relevante Kontrollvariablen auf Individual- und Klassenebene adjustierte) Lernfortschritte der Klassen als Kriterium für die Auswahl von Experten-Lehrkräften dienen, deren Expertise dann z.B. anhand der ebenfalls vorliegenden Interviewdaten zu Vorstellungen über das Lehren und Lernen weiter analysiert wird. Eine interessante Frage wäre dabei z.B. die nach spezifischen latenten Profilen der Vorstellungen zum Lehren und Lernen bei erfolgreichen und weniger erfolgreichen Lehrkräften. Ebenso viel versprechend scheint eine Analyse der von erfolgreichen und weniger erfolgreichen Lehrkräften geschaffenen Lerngelegenheiten im Unterricht. Dazu stehen im Rahmen des BiQua-Projekts Videodaten aus dem Unterricht der Lehrkräfte zur Verfügung.

Für die vorliegende Untersuchung wurde das konzeptuelle naturwissenschaftliche Verständnis der Schüler als (Lern-)Erfolgskriterium gewählt. Mit dieser Entscheidung ist natürlich eine erhebliche Beschränkung des Spektrums an Zielkriterien schulischen Lernens verbunden. Wichtig wäre es daher, in weiteren Studien die Relevanz von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen für die Erreichung multipler Ziele, d.h. insbesondere auch für motivationale und persönlichkeitsbezogene Kriterien zu untersuchen. Erste Hinweise in diese Richtung finden sich in den Untersuchungen von Gow und Kember (vgl. 1993), Kage, Uebuchi und Oie (vgl. 1997) sowie Hartinger, Kleickmann und Hawelka (vgl. 2006). Allerdings wurden in allen drei Studien die Vorstellungen der Lehrkräfte (bzw. der Hochschul-Dozenten bei Gow und Kemper) nicht fachspezifisch erhoben. Die drei Studien berichten von Zusammenhängen der erfassten Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernhaltungen von Studierenden (Gow & Kember, 1993), intrinsischer Motivation bei Schülern (Kage, Uebuchi & Oie, 1997) sowie Selbstbestimmungsempfinden und Interesse am Unterricht ebenfalls bei Schülern (Hartinger, Kleickmann und Hawelka, 2006). Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen scheinen also auch in Beziehung mit weiteren, nicht-leistungsbezogenen Erfolgskriterien schulischen Lernens zu stehen. Zu prüfen wäre des Weiteren, ob Vorstellungen, bei denen in dieser Untersuchung keine Zusammenhänge

mit Lernfortschritten der Schüler gefunden wurden ('Anwendungsbezogenes Lernen', 'Entwicklung eigener Deutungen'), ggf. für nicht-leistungsbezogene Zielkriterien relevant sind.

Bei den in dieser Arbeit untersuchten Vorstellungen der Lehrkräfte handelt es sich um situationsübergreifende Vorstellungen zum Lehren und Lernen in einem Unterrichtsfach (hier der naturwissenschaftliche Lernbereich der Grundschule). In Kapitel 2.3.3 wurde bereits angedeutet, dass derartige Vorstellungen vermutlich bereits eine wichtige Rolle für vorunterrichtliche Planungsprozesse bei Lehrkräften spielen. Es wäre also über die Frage nach der vermittelnden Rolle von Unterrichtsprozessen hinaus interessant, ob situationsübergreifende und recht stark verallgemeinerte Vorstellungen zum Lehren und Lernen sich nicht schon und insbesondere in der Unterrichtsplanung der Lehrkräfte niederschlagen. Dies erschiene insofern plausibel, als in der Unterrichtsplanung die generelle Anlage der Lehr-Lern-Struktur von Unterricht eine größere Rolle spielt als die vielen situativen Entscheidungen, die das interaktive Unterrichtshandeln erfordert.

Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften wurden in dieser Arbeit als eine Komponente des naturwissenschaftsbezogenen fachspezifisch-pädagogischen Wissens der Lehrkräfte aufgefasst (s. Kapitel 2.3.1.3). Als besonders relevant für Lernfortschritte der Schüler haben sich Vorstellungen der Lehrkräfte herausgestellt, denen zufolge naturwissenschaftliches Lehren und Lernen als Veränderung von z.T. fest in Erfahrungen verankerten Schülervorstellungen über die natürliche Umwelt zu verstehen ist. Neben diesen generellen Vorstellungen bzw. „overarching conceptions“ (z.B. Putnam & Borko, 1997) zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen dürften weitere Facetten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens wie bspw. das Wissen über konkrete Schülervorstellungen in einem Inhaltsbereich oder auch das Wissen über themenspezifische Lehrstrategien, Repräsentationsformen oder Schüleraktivitäten, die Conceptual Change begünstigen können, höchst relevant sein für die Gestaltung naturwissenschaftlichen Unterrichts wie auch für das naturwissenschaftliche Verständnis, das Schüler in diesem Unterricht erreichen. Im Bereich Mathematik gibt es bereits Studien, die diese Annahmen auf viel versprechende Weise stützen (Hill, Rowan & Ball, 2005; COACTIV: Kunter et al., 2006). Für den naturwissenschaftlichen Bereich stehen Untersuchungen noch aus. Auch die Frage der Bedeutung von fachspezifischen Vorstellungen zum Lehren und Lernen für den Wissenserwerb von Lehrkräften in anderen Komponenten des fachspezifisch-pädagogischen Wissens scheint eine wichtige Frage, die bisher noch kaum untersucht ist.

7 Literaturverzeichnis

- AAAS. (1967). *Science - A Process Approach*. Washington, DC: The Xerox Corporation.
- AAAS. (1994). *Benchmarks on-line. Benchmarks for Science Literacy*. Retrieved 30.06.2005, 2005, from www.project2061.org/publications/bsl/online/bolintro.htm
- Abbott, M. L., & Fouts, J. T. (2003). *Constructivist teaching and student achievement: The results of a school-level classroom observation study in Washington* (Tech. Rep. No. 5). Lynnwood, WA: Seattle Pacific University, Washington School Research Center.
- Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Edu-*

- cation, 72, 175-184.
- 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.
- Adey, P., & Shayer, M. (1994). *Really raising standards. Cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), *Action control: From cognition to behavior*. (pp. 11-39). New York: Springer.
- Alexander, P. A., & Dochy, F. J. (1995). Conceptions of knowledge and beliefs: A comparison across varying cultural and educational communities. *American Educational Research Journal*, 32, 413-442.
- Alexander, P. A. (1997). Mapping the multi-dimensional nature of domain learning: The interplay of cognitive, motivational, and strategic forces. In M. L. Maehr & P. R. Pintrich (Eds.), *Advances in motivation and achievement* (Vol. 10, pp. 213-250). Greenwich: JAI Press.
- Alexander, P. A. (2000). Toward a model of academic development: Schooling and the acquisition of knowledge. *Educational Researcher*, 29(2), 28-33 and 44.
- An, S., Kulm, G., & Wu, J. (2004). The pedagogical content knowledge of middle school mathematics teachers in China and the U.S. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 7(2), 145-172.
- Barnett, J., & Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85, 426-453.
- Bassarear, T. J. (1989). The interactive nature of cognition and affect in the learning of mathematics: Two case studies. In C. A. Maher, G. A. Goldin & R. B. Davis (Eds.), *Proceedings of the PME-NA-8* (Vol. 2, pp. 3-10). Piscataway, NJ.
- Basturkmen, H., Loewen, S., & Ellis, R. (2004). Teachers' stated beliefs about incidental focus on form and their classroom practices. *Applied Linguistics*, 25(2), 243-272.
- 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., Kunter, M., Brunner, M., Krauss, S., Blum, W., & Neubrand, M. (2004). Mathematikunterricht aus der Sicht der PISA-Schülerinnen und -Schüler und ihrer Lehrkräfte. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost & U. Schiefele (Hg.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleiches* (S. 314-354). Münster: Waxmann.
- 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.
- Beauducel, A. (2001). Problems with parallel analysis in data sets with oblique simple structure. *Methods of Psychological Research*, 6, 141-157.
- Beck, J., Czerniak, C. M., & Lumpe, A. T. (2000). An exploratory study of teachers' beliefs regarding the implementation of constructivism in their classroom. *Journal of Science Teacher Education*, 11(4), 323-343.
- Beeth, M. E., & Hewson, P. W. (1999). Learning goals in an exemplary science teacher's practice: Cognitive and social factors in teaching for conceptual change. *Science Education*, 83(6), 738-760.
- Berliner, D. C. (1992). Expertise in teaching. In F. Oser, A. Dick & J.-L. Patry (Eds.), *Effective and responsible teaching. The new synthesis* (pp. 223-225). San Francisco: Jossey-Bass.
- Blatchford, P. (2003). *The class size debate. Is small better?* Maidenhead: Open University Press.
- Bliss, J., Askew, M., & Macrae, S. (1996). Effective teaching and learning: scaffolding revisited. *Oxford Review of Education*, 22(1), 37-61.

- Borich, G. D., & Klinzing, H. G. (1987). Paradigmen der Lehrereffektivitätsforschung und ihr Einfluss auf die Auffassung von effektivem Unterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 15, 90-111.
- 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. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (5. vollst. überarb. u. akt. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bortz, J., & Döring, N. (2002). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (3. überarb. Aufl.). Berlin: Springer.
- Bromme, R., & Hömberg, E. (1980). Methodische Probleme und Möglichkeiten der Untersuchung sprachlich gefaßter handlungsregulierender Kognitionen. In W. Volpert (Aufl.), *Beiträge zur Psychologischen Handlungstheorie* (S. 105-120). Bern: Huber.
- Bromme, R., & Brophy, J. (1986). Teachers' cognitive activities. In B. Christiansen, A. G. Howson & M. Otte (Eds.), *Perspectives on mathematics education* (pp. 99-139). Dordrecht: Reidel.
- 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 (Hg.), *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 (Aufl.), *Handbuch der Schulforschung* (S. 777-793). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bromme, R., Jucks, R., & Rambow, R. (2004). Experten-Laien-Kommunikation im Wissensmanagement. In G. Reinmann & H. Mandl (Aufl.), *Der Mensch im Wissensmanagement: Psychologische Konzepte zum besseren Verständnis und Umgang mit Wissen* (S. 176-188). Göttingen: Hogrefe.
- 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., 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 (Hg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 54-82). Münster: Waxmann.
- Bryan, L. A., & Atwater, M. M. (2002). Teacher beliefs and cultural models: A challenge for science teacher preparation programs. *Science Teacher Education*, 86, 821-839.
- Bryan, L. A. (2003). Nestedness of beliefs: Examining a prospective elementary teacher's belief system about science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), 835-868.
- 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.
- Bühner, M. (2004). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. München: Pearson.
- 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: Macmillian.
- Bybee, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Eds.), *Scientific literacy - An international symposium* (pp. 37-68). Kiel: IPN.
- 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.
- 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, D. T., & Fiske, D. W. (1959). Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod

- matrix. *Psychological Bulletin*, 56, 81-105.
- Campbell, J., Kyriakides, L., Muijs, D., & Robinson, W. (2004). *Assessing teacher effectiveness. Developing a differentiated model*. London: RoutledgeFalmer.
- Caravita, S. (2001). A re-framed conceptual change theory? *Learning and Instruction*, 11(4/5), 421-429.
- 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.
- 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.
- Carpenter, T. P., Fennema, E., Peterson, P. L., & Carey, D. A. (1988). Teachers' pedagogical content knowledge of students' problem solving in elementary mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(5), 385-401.
- 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.
- Chan, K.-W., & Elliott, R. G. (2004). Relational analysis of personal epistemology and conceptions about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education*, 20, 817-831.
- Chen, A., & Ennis, C. D. (1995). Content knowledge transformation: An examination of the relationship between content knowledge and curricula. *Teaching and Teacher Education*, 11(4), 389-401.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1998). Theories of knowledge acquisition. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 97-113). Dordrecht: Kluwer.
- Christianson, R. G., & Fisher, K. M. (1999). Comparison of student learning about diffusion and osmosis in constructivist and traditional classrooms. *International Journal of Science Education*, 21(6), 687-698.
- Clandinin, D. J., & Connelly, F. M. (1987). Teachers' personal knowledge: What counts as "personal" in studies of the personal. *Journal of Curriculum Studies*, 17, 487-500.
- Clandinin, D. J., & Connelly, F. M. (1991). Narrative and story in practice and research. In D. A. Schön (Ed.), *The reflective turn: Case studies in and on educational practice* (pp. 258-281). New York: Teachers College Press.
- Clark, C. M., & Peterson, P. L. (1986). Teachers' thought processes. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 255-296). New York: Macmillan.
- Clark, C. M. (1988). Asking the right questions about teacher preparation: Contributions of research on teacher thinking. *Educational Researcher*, 17(2), 5-12.
- Cobb, P., Wood, T., Yackel, E., Nicholls, J. G., Wheatley, G., Trigatti, B., et al. (1991). Assessment of a problem-centered second-grade mathematics project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 3-29.
- 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.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112, 155-159.
- Collins, A. M., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction. Essays in honour of Robert Glaser* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Combe, A., & Kolbe, F.-U. (2004). Lehrerprofessionalität: Wissen, Können, Handeln. In W. Helsper & J. Böhme (Aufl.), *Handbuch der Schulforschung* (S. 833-877). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Confrey, J. (1990). A review of the research on student conceptions in mathematics, science, and programming. In C. B. Cazden (Ed.), *Review of Research in Education* (Vol. 16, pp. 3-56). Washington, DC: American Educa-

- tional Research Association.
- 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.
- Council, N. R. (1995). *National science education standards*. Washington: National Academy Press.
- Cronbach, L. J. (1970). *Essentials of psychological testing* (3rd ed.). New York: Harper.
- Dann, H.-D. (2000). Lehrerkognition und Handlungsentscheidungen. In M. K. W. Schweer (Hg.), *Lehrer-Schüler-Interaktion. Pädagogisch-psychologische Aspekte des Lehrens und Lernens in der Schule* (Bd. 24, S. 79-108). Opladen: Leske & Budrich.
- 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., & Miyake, N. (2004). Explorations of scaffolding in complex classroom systems. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 265-272.
- Deci, E., & Ryan, R. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238.
- Diakidoy, I.-A. N., & Kendeo, P. (2001). Facilitating conceptual change in astronomy: A comparison of the effectiveness of two instructional approaches. *Learning and Instruction*, 11, 1-20.
- Diedrich, M., Thußbas, C., & Klieme, E. (2002). Professionelles Lehrerwissen und selbstberichtete Unterrichtspraxis im Fach Mathematik. *Zeitschrift für Pädagogik*. 45. Beibest, 107-123.
- diSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age* (pp. 49-70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- diSessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2/3), 105-225.
- Ditton, H. (1998). *Mehrebenenanalyse: Grundlagen und Anwendungen des hierarchisch linearen Modells*. Weinheim: Juventa.
- Ditton, H. (2002). Unterrichtsqualität – Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 30(3), 197-212.
- Doll, J., & Prenzel, M. (2004). Das DFG-Schwerpunktprogramm "Bildungsqualität von Schule (BIQUA): Schulsche und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen". In J. Doll & M. Prenzel (Hg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 9-26). Münster: Waxmann.
- Doyle, W. (1977). Paradigms for research on teacher effectiveness. In L. S. Shulman (Ed.), *Review of Research in Education* (pp. 163-198). Itasca: Peacock.
- Doyle, W. (1986). Classroom organization and management. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3. ed., pp. 392-431). New York: Macmillan.
- Drechsel, B. (2001). *Subjektive Lernbegriffe und Interesse am Thema Lernen bei angehenden Lehrpersonen*. Münster: Waxmann.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.). (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Dubberke, T., Kunter, M., McElvany, N., Brunner, M., & Baumert, J. (eingereicht). Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften: Einflüsse auf die Unterrichtsgestaltung und den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*.
- Dubs, R. (1995). Konstruktivismus: Einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 889-903.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 905-923.
- Duit, R. (1996). Lernen als Konzeptwechsel in naturwissenschaftlichen Unterricht. In R. Duit & C. von Rhöneck (Hg.), *Lernen in den Naturwissenschaften* (S. 145-162). Kiel: IPN.
- Duit, R., & Häußler, P. (1997). Physik und andere naturwissenschaftliche Lernbereiche. In F. E. Weinert (Hg.),

- Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule* (Bd. 3, S. 427-460). Göttingen: Hogrefe.
- 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 (Hg.), *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt* (S. 233-246). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Duit, R., & Treagust, D. (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.
- Duschl, R. A., & Hamilton, R. J. (1998). Conceptual change in science and in the learning of science. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 1047-1065). Dordrecht: Kluwer.
- 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 (Hg.), *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 (Hg.), *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 (Hg.), *Forschung zum Sachunterricht* (S. 29-42). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Einsiedler, W. (2000). Von Erziehungs- und Unterrichtsstilen zur Unterrichtsqualität. In M. K. W. Schweer (Hg.), *Lehrer-Schüler-Interaktion. Pädagogisch-psychologische Aspekte des Lehrens und Lernens in der Schule* (Bd. 24, S. 109-128). Opladen: Leske & Budrich.
- Einsiedler, W. (2003). Unterricht in der Grundschule. In K. Cortina, J. Baumert, A. Leschinsky, K. U. Mayer & L. Trommer (Hg.), *Das Bildungswesen in der Bundesrepublik Deutschland* (S. 285-341). Reinbek: Rowohlt.
- 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, 8-40.
- Elbaz, F. (1983). *Teacher thinking: A study of practical knowledge*. New York: Nichols.
- Embretson, S. E. (2007). Mixed rasch models for measurement in cognitive psychology. In M. von Davier & C. H. Carstensen (Eds.), *Multivariate and mixture distribution rasch models. Extensions and applications* (pp. 235-254). New York, NY: Springer.
- Enders, C. K. (2003). Using the expectation maximization algorithm to estimate coefficient alpha for scales with item-level missing data. *Psychological Methods*, 8(3), 322-337.
- Fabrigar, L. R., Wegener, D. T., MacCallum, R. C., & Strahan, E. J. (1999). Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4(3), 272-299.
- Fang, Z. (1996). A review of research on teacher beliefs and practices. *Educational Research*, 38(1), 47-65.
- 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.
- Fischler, H. (1994). Concerning the difference between intention and action: teachers' conceptions and actions in physics teaching. In I. Carlgren, G. Handal & S. Vaage (Hg.): *Teachers' minds and actions. Research on teachers thinking and practice* (S. 165-180). Washington, DC: Falmer Press.
- Fischler, H. (2000). Über den Einfluss von Unterrichtserfahrungen auf die Vorstellungen vom Lehren und Lernen bei Lehrerstudenten der Physik. Teil 1: Stand der Forschungen sowie Ziele und Methoden einer Untersuchung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 6, 27-36.

- Fischler, H. (2001). Verfahren zur Erfassung von Lehrer-Vorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, Jg., 105-120.
- Fischler, H. (2004). Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften - Konsequenzen für die Lehrerbildung. In M. Looß, K. Höner, R. Müller & W. E. Theuerkauf (Hg.), *Naturwissenschaftlich-technischer Unterricht auf dem Weg in die Zukunft. Ansätze aus Theorie und Praxis* (S. 123-132). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Fishbein, M. (1967). A consideration of beliefs, and their role in attitude measurement. In M. Fishbein (Ed.), *Readings in attitude theory and measurement* (pp. 257-266). New York: Wiley.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Fresch, M. J. (2003). A national survey of spelling instruction: Investigating teachers' beliefs and practice. *Journal of Literacy Research*, 35(3), 819-848.
- Fung, L., & Chow, L. P. (2002). Congruence of student teachers' pedagogical images and actual classroom practice. *Educational Research*, 44, 313-321.
- Furinghetti, F., & Pehkonen, E. (2002). Rethinking characterizations of beliefs. In G. C. Leder, E. Pehkonen & G. Törner (Eds.), *Beliefs: a hidden variable in mathematics education?* (pp. 39-57). Dordrecht: Kluwer.
- Gao, L., & Watkins, D. A. (2002). Conceptions of teaching held by school science teachers in P.R. China: Identification and crosscultural comparisons. *International Journal of Science Education*, 24(1), 61-79.
- Garrison, W. (2004). Profiles of classroom practices in U.S. public schools. *School effectiveness and school improvement*, 15(3/4), 377-406.
- GDSU. (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- 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.
- Gow, L., & Kember, D. (1993). Conceptions of teaching and their relationship to student learning. *British Journal of Educational Psychology*, 63, 20-33.
- Graham, S., Harris, K. R., MacArthur, C., & Fink, B. (2002). Primary grade teachers' theoretical orientations concerning writing instruction: Construct validation and a nationwide survey. *Contemporary Educational Psychology*, 27, 147-166.
- 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.
- Gräber, W., & Bolte, C. (Eds.). (1997). *Scientific literacy - An international symposium*. Kiel: IPN.
- Green, T. F. (1971). *The activities of teaching*. New York: McGraw-Hill.
- Greeno, J. G., Smith, D. R., & Moore, J. C. (1993). Transfer of situated learning. In D. K. Detterman & T. J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction*. (pp. 99-167). Norwood: Ablex.
- Greeno, J. G. (1997). On claims that answer the wrong questions. *Educational Researcher*, 26, 5-17.
- Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers' cognition and appraisal processes during conceptual change. *Educational Psychology Review*, 15, 147-179.
- Groeben, N. (1988). Explikation des Konstrukts Subjektive Theorien. In N. Groeben, D. Wahl, J. Schlee & B. Scheele (Hg.), *Forschungsprogramm Subjektive Theorien. Eine Einführung in die Psychologie des reflexiven Subjekts* (S. 17-24). Tübingen: Francke.
- 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*

- dia of education* (2nd ed., Vol. 10, pp. 6117-6122). Oxford: Elsevier.
- Gruber, H., & Mandl, H. (1996). Das Entstehen von Expertise. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Lernen* (Bd. 7, S. 583-615). Göttingen: Hogrefe.
- Gruehn, S. (2000). *Unterricht and schulisches Lernen*. Münster: Waxmann.
- Gustafson, B. J., & Rowell, P. M. (1995). Elementary preservice teachers: Constructing conceptions about learning science, teaching science and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 17(5), 589-605.
- Haefner, L. A., & Zembal-Saul, C. (2004). Learning by doing? Prospective elementary teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1653-1674.
- Halldén, O., Petersson, G., Scheja, M., Ehrlén, K., Haglund, L., Österlind, K., et al. (2002). Situating the question of conceptual change. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 137-148). Dordrecht: Kluwer.
- Haney, J. J., & McArthur, J. (2002). Four case studies of prospective science teachers' beliefs concerning constructivist teaching practices. *Science Education*, 86, 783-802.
- 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. (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.
- Hartinger, A. (1997). *Interessensförderung. Eine Studie zum Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Hartinger, A., Kleickmann, T., & Hawelka, B. (2006). Der Einfluss von Lehrervorstellungen zum Lernen und Lehren auf die Gestaltung des Unterrichts und auf motivationale Schülervariablen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(1), 109-126.
- Hashweh, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 47-63.
- Hattie, J. (2003). *Teachers make a difference. What is the research evidence?* Auckland: Australian Council for Educational Research.
- Havu-Nuutinen, S. (2005). Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective. *International Journal of Science Education*, 27(3), 259-279.
- Helmke, A., & Weinert, F. E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistungen. In F. E. Weinert (Hg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie der Schule und des Unterrichts* (Bd. 3, S. 71-176). Göttingen: Hogrefe.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität - erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze: Kallmeyer.
- Heran-Dörr, E. (2006). Orientierung an Schülervorstellungen - Wie verstehen Lehrkräfte diesen Appell an ihre didaktische und methodische Kompetenz? In D. Cech, H.-J. Fischer, W. Holl-Giese, K. Martina & M. Schrenk (Hg.), *Bildungswert des Sachunterrichts* (S. 159-176). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Herrera, S., & Thier, H. (1967). *Beginnings. Teacher's Guide. Science Curriculum Improvement Study*. Chicago: Rand McNally.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. (1987). Science teachers' conceptions of teaching: Implications for teacher education. *International Journal of Science Education*, 9(4), 425-440.
- Hewson, O. W., Beeth, M. E., & Thorley, R. N. (1998). Teaching for conceptual change. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education. Part one* (Vol. 2, pp. 199-218). Dordrecht: Kluwer.
- Hewson, P., Tabachnik, R., Zeichner, K. M., Blomker, K. B., Meyer, H., Lemberger, J., et al. (1999). Educating prospective teachers of biology: Introduction and research methods. *Science Education*, 83, 247-273.
- Hewson, P. W., Tabachnik, R., Zeichner, K. M., & Lemberger, J. (1999). Educating prospective teachers of biology: Findings, limitations, and recommendations. *Science Education*, 83, 373-384.

- 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.
- Hickey, D. T., Moore, A. L., & Pellegrino, J. W. (2001). The motivational and academic consequences of elementary mathematics environments: Do constructivist innovations and reforms make a difference? *American Educational Research Journal*, 38(3), 611-652.
- Hiebert, J., & Carpenter, T. P. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning. A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 65-97). New York: Macmillan.
- Hiebert, J., Gallimore, R., & Stigler, J. W. (2002). A knowledge base for the teaching profession: What would it look like and how can we get one? *Educational Researcher*, 31(5), 3-15.
- Hiebert, J., & Stigler, J. W. (2000). A proposal for improving classroom teaching: Lessons learned from the TIMSS video study. *Elementary School Journal*, 101, 3-20.
- Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371-406.
- Hofer, B., & Pintrich, P. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88-140.
- Hogan, K., & Pressley, M. (1997). Scaffolding scientific competencies within classroom communities of inquiry. In K. Hogan & M. Pressley (Eds.), *Scaffolding student learning: Instructional approaches and issues* (pp. 74-107). Louiseville, QB: Brookline Books.
- Hosenfeld, I., Helmke, A., Ridder, A., & Schrader, F.-W. (2001). Eine mehrbenenanalytische Betrachtung von Schul- und Klasseneffekten. *Empirische Pädagogik*, 15, 513-534.
- Howe, C., & Tolmie, A. (2003). Group work in primary school science: Discussion, consensus and guidance from experts. *International Journal of Educational Research*, 39, 51-72.
- Hubbard, P., & Abell, S. (2005). Setting sail or missing the boat: Comparing the beliefs of preservice elementary teachers with and without an inquiry-based physics course. *Journal of Science Teacher Education*, 16, 5-25.
- Huffman, D., & Lawrenz, F. (2001). TIMSS and relationships between instruction and achievement in Minnesota science and mathematics classes. *Proceedings of the National Science Council (Part D): Mathematics, science and technology education*, 11(3), 103-113.
- Huibregtse, I., Korthagen, F., & Wubbels, T. (1994). Physics teachers' conceptions of learning, teaching and professional development. *International Journal of Science Education*, 16(5), 539-561.
- Jacobusse, G. (2005a, July). *Multiple imputation of missing data in a multilevel setting*. Paper presented at the IMPS, Tilburg.
- Jacobusse, G. (2005b). *WinMICE user's manual*. TNO Quality of Life.
- Janke, B. (1995). Entwicklung naiven Wissens über den physikalischen Auftrieb: Warum schwimmen Schiffe? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 27(2), 122-138.
- Jarvis, T., & Pell, A. (2004). Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science in-service programme and their effect on pupils. *International Journal of Science Education*, 19(14), 1787-1811.
- Jonen, A., & Möller, K. (2005). *Die KiNT-Boxen – Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik. Klassenkisten für den Sachunterricht. Paket 1: Schwimmen und Sinken*. Essen: Spectra.
- Kagan, D. M., & Tippins, D. J. (1991). How student teachers describe their pupils. *Teaching and Teacher Education*, 7(5/6), 455-466.
- Kagan, D. M. (1992). Implications of research on teacher belief. *Educational Psychologist*, 27(1), 65-90.
- Kage, M., Uebuchi, H., & Oie, M. (1997). Effects of teachers' beliefs related to teaching methods in classroom teaching and children's attitudes. In relation with teachers' orientation toward autonomy. *Japanese Journal of Educational Psychology*, 45, 192-202.
- Kang, N.-H., & Wallace, C. S. (2005). Secondary science teachers' use of laboratory activities: Linking epistemo-

- logical beliefs, goals, and practices. *Science Education*, 89, 140-165.
- Kelly, G. J., & Green, J. (1998). The social nature of knowing: Toward a sociocultural perspective on conceptual change and knowledge construction. In B. Guzzetti & C. Hynd (Eds.), *Perspectives on conceptual change. Multiple ways to understand knowing and learning in a complex world* (pp. 145-181). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Keys, P. M. (2005). Are teachers walking the walk or just talking the talk in science education? *Teachers and teaching: Theory and practice*, 11(5), 499-516.
- King, K., Shumow, L., & Lietz, S. (2001). Science education in an urban elementary school: Case studies of teacher beliefs and classroom practices. *Science Education*, 85(2), 89-110.
- Kintsch, W. (1994). Text comprehension, memory, and learning. *American Psychologist*, 49, 294-303.
- Klafki, W. (1992). Allgemeinbildung in der Grundschule und der Bildungsauftrag des Sachunterrichts. In R. Lauterbach, W. Köhnlein, K. Spreckelsen & E. Klewitz (Hg.), *Brennpunkte des Sachunterrichts* (S. 11-31). Kiel: IPN.
- 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* (S. 51-58). Regensburg: Roderer.
- Kleickmann, T., Möller, K., & Jonen, A. (2006). Die Wirksamkeit von Fortbildungen und die Bedeutung von tutorieller Unterstützung. In R. Hinz & T. Pütz (Hg.), *Professionelles Handeln in der Grundschule. Entwicklungslinien und Forschungsbefunde* (S. 121-128). Hohengehren: Schneider.
- 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 (Hg.), *TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit* (S. 85-133). Opladen: Leske u. Budrich.
- Klieme, E., Schümer, G., & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: "Aufgabenkultur" und Unterrichtsgestaltung. In B. f. B. u. F. (BMBF) (Hg.), *TIMSS - Impulse für Schule und Unterricht* (S. 43-57). Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Klieme, E., & Reusser, K. (2003). Unterrichtsqualität und mathematisches Verständnis im internationalen Vergleich - ein Forschungsprojekt und erste Schritte zur Realisierung. *Unterrichtswissenschaft*, 31(3), 194-205.
- Koballa, T., Gräber, W., Coleman, D. C., & Kemp, A. C. (2000). Prospective gymnasium teachers' conceptions of chemistry learning and teaching. *International Journal of Science Education*, 22(2), 209-224.
- Koch-Priewe, B. (1986). *Subjektive didaktische Theorien von Lehrern. Tätigkeitstheorie, bildungstheoretische Didaktik und alltägliches Handeln im Unterricht*. Frankfurt a. M.: Haag und Herrchen.
- Köhnlein, W. (1991). Grundlegende Bildung und Curriculum des Sachunterrichts. In W. Wittenbruch & P. Sorger (Hg.), *Allgemeinbildung und Grundschule* (S. 107-125). Münster.
- Köhnlein, W. (1996). Leitende Prinzipien und Curriculum des Sachunterrichts. In E. Glumpler & S. Wittkowske (Hg.), *Sachunterricht heute. Zwischen interdisziplinärem Anspruch und traditionellem Fachbezug* (S. 46-76). 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., 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 (Hg.), *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. Bau-

- mert, W. Blum, R. Lehmann, D. Leutner, M. Neubrand, R. Pekrun, H.-G. Rolff, J. Rost & U. Schiefele (Hg.), *PISA 2003: Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres*. Münster: Waxmann.
- Laplante, B. (1997). Teachers' Beliefs and Instructional Strategies in Science: Pushing Analysis Further. *Science Education*, 81, 277-294.
- Lazarowitz, R., & Hertz-Lazarowitz, R. (1998). Cooperative learning in the science curriculum. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 449-471). Dordrecht: Kluwer.
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.
- Lehrer, K. (1990). *Theory of knowledge*. Boulder, CO: Westview Press.
- Leinhardt, G., & Smith, D. (1985). Expertise in mathematics instruction: Subject matter knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 77, 247-271.
- Lemberger, J., Hewson, P. W., & Park, H.-J. (1999). Relationships between Prospective Secondary Teachers' Classroom Practice and Their Conceptions of Biology and Teaching Science. *Science Education*, 83(3), 347-371.
- Levitt, K. E. (2002). An analysis of elementary teachers' beliefs regarding the teaching and learning of science. *Science Education*, 86, 1-22.
- Lienert, G. A., & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6. Aufl.). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.
- Limón, M., & Mason, L. (2002). *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Dordrecht: Kluwer.
- Lindgren, S. (1999). Plato, knowledge, and mathematics education. In Philippou (Ed.), *MAVI-8 Proceedings* (pp. 73-78). Nicosia: University of Cyprus.
- Linn, M. C., Songer, N. B., & Eylon, B.-S. (1996). Shifts and convergences in science learning and instruction. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 438-490). Washington: MacMillan Reference Books.
- 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: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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.
- Lloyd, G. M., & Wilson, M. (1998). Supporting innovation: The impact of a teacher's conceptions on functions on his implementation of a reform curriculum. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 248-274.
- Lüdtke, O., & Köller, O. (2002). Individuelle Bezugsnormorientierung und soziale Vergleiche im Mathematikunterricht. Einfluss unterschiedlicher Referenzrahmen auf das fachspezifische Selbstkonzept der Begabung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 34(3), 156-166.
- Maas, C. J. M., & Hox, J. J. (2005). Sufficient sample sizes for multilevel modelling. *Methodology*, 1(3), 85-91.
- 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.
- Mandl, H., & Huber, G. (1983). Subjektive Theorien von Lehrern. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 30, 98-112.
- Mandl, H., Gruber, H., & Renkl, A. (1994). Zum Problem der Wissensanwendung. *Unterrichtswissenschaft*, 22, 233 - 242.
- Marton, F. (1990). The phenomenography of learning: A qualitative approach to educational research and some of its implications for didactics. In H. Mandl, E. DeCorte, N. Bennet & H. F. Friedrich (Eds.), *Learning and instruction* (pp. 601-616). Oxford: Pergamon.
- Mayer, R. E. (2002). Understanding conceptual change: A commentary. In M. Limón & L. Mason (Eds.), *Reconsi-*

- dering conceptual change: *Issues in theory and practice* (pp. 101-114). Dordrecht: Kluwer.
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*, 59(1), 14-19.
- Mayring, P. (2003). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (8. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- McGinnis, J. R., Kramer, S., Shama, G., Graeber, A. O., Parker, C. A., & Watanabe, T. (2002). Undergraduates' attitudes and beliefs about subject matter and pedagogy measured periodically in a reform-based mathematics and science teacher preparation program. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(8), 713-737.
- Mellado, V. (1998). The classroom practice of preservice teachers and their conceptions of teaching and learning science. *Science Education*, 82, 197-214.
- Mellado, V., Blanco, L. J., & Ruiz, C. (1998). A framework for learning to teach science in initial primary teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9(3), 195-219.
- Meyer, H., Tabachnik, R., Hewson, P. W., Lemberger, J., & Park, H.-J. (1999). Relationships between prospective elementary teachers' classroom practice and their conceptions of biology and of teaching science. *Science Education*, 83(3), 323-346.
- Meyer, H. (2004). Novice and expert teachers' conceptions of learners' prior knowledge. *Science Education*, 88, 970-983.
- Mok, M. (1995). Sample size requirements for 2-level designs in educational research. *Multilevel Modelling Newsletter*, 7(2), 11-15.
- 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.
- Möller, K. (1999). Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In W. Köhnlein (Ed.), *Vielperspektives Denken im Sachunterricht* (S. 125-191). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2001a). Wissenserwerb und Wissensqualität im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht. In J. Kahlert & E. Inckemann (Hg.), *Wissen, Können und Verstehen - Über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht* (S. 115-126). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2001b). Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In K. Czerwenka, K. Nölle & H.-G. Roßbach (Hg.), *Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten für die Grundschule* (S. 16-31). Opladen: Leske u. Budrich.
- 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 (Hg.), *Zeitschrift für Pädagogik. 45. Beiheft: Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (S. 176-191). Weinheim: Beltz.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merckens (Hg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen* (S. 65-84). Opladen: Leske & Budrich.
- 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 (Hg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 162-193). 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 (Hg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (S. 411-416). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- 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. (2006). Measuring teacher effectiveness: Some methodological reflections. *Educational Research and Eva-*

- luation, 12(1), 53-74.
- 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.
- Müller, C. T. (2004). *Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht*. Berlin: Logos.
- Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19(4), 317-328.
- Nettle, E. B. (1998). Stability and change in the beliefs of student teachers during practice teaching. *Teaching and Teacher Education*, 14(2), 193-204.
- Newton, L. D. (2001). Teaching for understanding in primary science. *Evaluation Research in Education*, 15(3), 143-153.
- Northfield, J., Gunstone, R., & Erickson, G. (1996). A constructivist perspective on science teacher education. In D. Treagust, R. Duit & B. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 201-211). New York: Teachers College Press.
- Nye, B., Konstantopoulos, S., & Hedges, L. V. (2004). How large are teacher effects? *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 26(3), 237-257.
- O'Connor, B. (2000). SPSS and SAS programs for determining the number of components using parallel analysis and Velicer's MAP test. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 32(3), 396-402.
- O'Donnell, A. M. (2006). The role of peers and group learning. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (2nd ed., pp. 781-802). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Oser, F. K., & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In L. Richardson (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 1031-1065). Washington: American Educational Research Association.
- 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, 345-375.
- Parker, J., & Heywood, D. (2000). Exploring the relationship between subject knowledge and pedagogic content knowledge in primary teachers' learning about forces. *International Journal of Science Education*, 22(1), 89-111.
- Parr, S. S. (1888). National Education Association *Journal of Proceedings and Addresses*.
- Pea, R. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13, 423-451.
- Pehkonen, E. K. (1994). On teachers' beliefs and changing mathematics teaching. *Journal für Mathematikdidaktik*, 15(3/4), 177-209.
- Peterson, P. L., Carpenter, T. P., & Fennema, E. (1989). Teachers' knowledge of students' knowledge in mathematics problem solving: Correlational and case analyses. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 558-569.
- Peterson, P. L., Fennema, E., Carpenter, T. P., & Loef, M. (1989). Teachers' pedagogical content beliefs in mathematics. *Cognition and Instruction*, 6(1), 1-40.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1977). *Von der Logik des Kindes zur Logik des Heranwachsenden*. Olten: Walter.
- 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.
- 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.
- Ponte, J. P. (1994). Knowledge, beliefs, and conceptions in mathematics teaching and learning. In L. Bazzini (Ed.), *Proceedings of the fifth International Conference on Systematic Cooperation between Theory and Practice in Mathema-*

- tics Education* (pp. 169-177). Pavia: ISDAF.
- Pontecorvo, C. (1993). Social interaction in the acquisition of knowledge. *Educational Psychology Review*, 5(3), 293-310.
- Pope, M., & Denicolo, P. (1993). The art and science of constructivist research in teacher thinking. *Teaching and Teacher Education*, 9(5/6), 529-544.
- Porlán, R., & Martín del Pozo, R. (2004). The Conceptions of in-service and prospective primary school teachers about the teaching and learning of science. *Journal of Science Teacher Education*, 15(1), 39-62.
- 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.
- Prawat, R. S. (1992). Teachers' beliefs about teaching and learning: A constructivist perspective. *American Journal of Education*, 100, 354-395.
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P., & Klopp, A. (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hg.), *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (S. 192-250). Opladen: Leske & Budrich.
- 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 (Hg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 143-188). Münster: Waxmann.
- Prosser, M., & Trigwell, K. (2006). Confirmatory factor analysis of the approaches to teaching inventory. *British Journal of Educational Psychology*, 76, 405-419.
- 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.
- Raudenbush, S., Bryk, A., Cheong, Y. F., Congdon, R., & du Toit, M. (2005). *HLM 6: Hierarchical linear and nonlinear modeling* (2. ed.). Lincolnwood: Scientific Software International.
- Reinmann-Rothmeier, G., & Mandl, H. (1998). Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In F. Klix & H. Spada (Hg.), *Wissen. Enzyklopädie der Psychologie*, Bd. 2 (S. 457-500). Göttingen: Hogrefe.
- Reinmann-Rothmeier, G., & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hg.), *Pädagogische Psychologie* (4. vollst. überarb. Aufl., S. 601-646). 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., & Stern, E. (1994). Die Bedeutung von kognitiven Eingangsvoraussetzungen und schulischen Lerngelegenheiten für das Lösen von einfachen und komplexen Textaufgaben. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 8, 27-39.
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47, 78-92.
- Resnick, L. (2004). Teachers matter: Evidence from value-added assessments. *AERA research points*, 2(2), 1-4.
- Reusser, K., & Reusser-Weyeneth, M. (1997). Verstehen als psychologischer Prozess und als didaktische Aufgabe: Einführung und Überblick. In K. Reusser & M. Reusser-Weyeneth (Hg.), *Verstehen. Psychologischer Prozess und didaktische Aufgabe* (S. 9-38). Bern: Hans Huber.
- Richardson, V. (1996). The role of attitudes and beliefs in learning to teach. In T. J. Bittery, E. Guyton & J. P. Sikula (Eds.), *Handbook of research on teacher education* (pp. 102-119). New York: MacMillan.
- 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.

- Rivkin, S., Hanushek, E. A., & Kain, J. F. (2005). Teachers, schools, and academic achievement. *Econometrica*, 73(2), 417-458.
- Rohrmann, B. (1978). Empirische Studien zur Entwicklung von Antwortskalen für die sozialwissenschaftliche Forschung. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 9, 222-245.
- Rokeach, M. (1968). *Beliefs attitudes and values a theory of organization and change*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Rosenberg, M. J., & Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective and behavioural components of attitudes. In M. J. Rosenberg, W. J. McGuire, R. P. Abelson & J. W. Brehm (Eds.), *Attitude organization and change* (pp. 1-14). New Haven: Yale University Press.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie - Testkonstruktion* (2. Aufl.). Bern: Verlag Hans Huber.
- 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 (Hg.), *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs* (S. 111-146). Münster: Waxmann.
- Rost, D. H., & Schilling, S. R. (2006). Leseverständnis. In D. H. Rost (Hg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 450-460). Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union.
- Schafer, J. L., & Graham, J. W. (2002). Missing data: Our view of the state of the art. *Psychological Methods*, 7(2), 147-177.
- Scheerens, J., & Bosker, R. (1997). *The foundations of educational effectiveness*. Oxford: Elsevier.
- Schmidt, S. J. (1987). Der Radikale Konstruktivismus: Ein neues Paradigma im interdisziplinären Diskurs. In S. J. Schmidt (Hg.), *Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus* (S. 11-88). Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Schmidt, H. G., & Boshuizen, H. P. (1992). Encapsulation of biomedical knowledge. In D. Evans & V. Patel (Eds.), *Advanced models of cognition for medical training and practice* (pp. 265-282). Berlin: Springer.
- Schmidt, H. G., & Moust, J. H. (2000). Factors affecting small-group tutorial learning: A review of research. In D. H. Evenson & C. E. Hmelo (Eds.), *Problem-based learning. A research perspective on learning interactions* (pp. 19-52). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schommer, M., Calvert, C., Gariglietti, G., & Bajaj, A. (1997). The development of epistemological beliefs among secondary students: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 89(1), 37-40.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner. How professionals think in action*. New York, NY: Basic books.
- 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 (Hg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 177-194). Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmel, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M., et al. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 798-821.
- Seiler, T. B. (1997). Zur Entwicklung des Verstehens - oder wie lernen Kinder und Jugendliche verstehen? In K. Reusser & M. Reusser-Weyeneth (Hg.), *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). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Shulman, L. S. (1986b). 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. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.

- Simmons, P. E., Emory, A., Carter, T., Coker, T., Finnegan, B., Crockett, D., et al. (1999). Beginning teachers: Beliefs and classroom actions. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 930-954.
- Sinatra, G. M., & Kardash, C. M. (2004). Teacher candidates' epistemological beliefs, dispositions, and views on teaching as persuasion. *Contemporary Educational Psychology*, 29(483-498).
- Skamp, K., & Mueller, A. (2001). A longitudinal study of the influence of primary and secondary school, university and practicum on student teachers' images of effective primary science practice. *International Journal of Science Education*, 23(3), 227-245.
- Smith, C., Carey, S., & Wiser, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177-237.
- 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.
- Smith, C., 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.
- So, W. W. M., & Watkins, D. A. (2005). From beginning teacher education to professional teaching: A study of the thinking of Hong Kong primary science teachers. *Teaching and Teacher Education*, 21, 525-541.
- 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 (Hg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 147-160). Münster: Waxmann.
- Soostmeyer, M. (1978). *Problemorientiertes Lernen im Sachunterricht*. Paderborn: Schöningh.
- Southerland, S. A., & Gess-Newsome, J. (1999). Preservice teachers' views of inclusive science teaching as shaped by images of teaching, learning, and knowledge. *Science Education*, 83, 131-150.
- Southerland, S. A., Sinatra, G. M., & Matthews, M. R. (2001). Belief, knowledge, and science education. *Educational Psychology Review*, 13(4), 325-351.
- Stark, R., Gruber, H., & Mandl, H. (1998). Motivationale und kognitive Passungsprobleme beim komplexen situiereten Lernen. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 3, 202-215.
- Stark, R. (2003). Conceptual change: Kognitiv oder situiert? Conceptual change: From a cognitive or situated perspective? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17(2), 133-144.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hg.). (2007). *Internationale Bildungsindikatoren im Ländervergleich. Ausgabe 2007*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- 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.
- Stern, E., & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichtes. In D. Lenzen, J. Baumert, R. Watermann & U. Trautwein (Hg.), *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Beiheft 3: PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung* (S. 25-36). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Stigler, J., Gonzales, P., Kawanaka, T., Knoll, S., & Serrano, A. (1999). *The TIMSS Videotape classroom study. Methods and findings from an exploratory research project on eighthgrade mathematics instruction in Germany, Japan and the United States*. Washington, DC: U.S. Department of Education.
- Stipek, D. J., Givvin, K. B., Salmon, J. M., & MacGyvers, V. L. (2001). Teachers' beliefs and practices related to mathematics instruction. *Teaching and Teacher Education*, 17, 213-226.
- Stofflett, R. T., & Stoddart, T. (1994). The ability to understand and use conceptual change pedagogy as a functi-

- on of prior content learning experience. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 31-51.
- Strauss, S., Ravid, D., Magen, N., & Berliner, D. C. (1998). Relations between teachers' subject matter knowledge, teaching experience and their mental models of children's minds and learning. *Teaching and Teacher Education*, 14(6), 579-595.
- Summers, M., & Kruger, C. (1994). A longitudinal study of a constructivist approach to improving primary school teachers' subject matter knowledge in science. *Teaching and Teacher Education*, 10(5), 499-519.
- Tabachnik, B. G., & Fidell, L. S. (2001). *Using multivariate statistics* (4th ed.). New York, NY: Allyn & Bacon.
- Tainton, B. E. (1990). The unit of analysis "problem" in educational research. *Queensland Researcher*, 6(1), 4-19.
- Tamir, P. (1991). Professional and personal knowledge of teachers and teacher educators. *Teaching and Teacher Education*, 7(3), 263-268.
- Tausch, R., & Tausch, A. (1970). *Erziehungspsychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Taylor, P. C., Fraser, B. J., & White, L. R. (1994). CLES: An instrument for monitoring the development of constructivist learning environments. *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association*. New Orleans, LA.
- Terhart, E. (2003a). Constructivism and teaching: A new paradigm in general didactics? *Journal of Curriculum Studies*, 35(1), 25-44.
- Terhart, E. (2003b). Lehrerbildung nach PISA. In H. Merckens (Hg.), *Lehrerbildung in der Diskussion* (S. 167-177). Opladen: Leske & Budrich.
- Thompson, A. G. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of the research. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. (pp. 127-146). New York: Macmillan.
- Tillema, H. H. (2000). Belief change towards self-directed learning in student teachers: immersion in practice or reflection on action. *Teaching and Teacher Education*, 16, 575-591.
- Tobin, K. G., Kahle, J. B., & Fraser, B. (Eds.). (1990). *Windows into science classes: Problems associated with higher level cognitive learning*. London: Falmer Press.
- Tobin, K., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 45-93). New York: MacMillan.
- Torff, B., & Warburton, E. C. (2005). Assessment of teachers' beliefs about classroom use of critical-thinking activities. *Educational and Psychological Measurement*, 65(1), 155-179.
- Treinius, G., & Einsiedler, W. (1996). Zur Vereinbarkeit von Steigerung des Lernleistungsniveaus und Verringerung von Leistungsunterschieden in Grundschulklassen. *Unterrichtswissenschaft*, 24, 290-311.
- Tsai, C.-C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771-783.
- Tymms, P. (2004). Effect sizes in multilevel models. In I. Schagen & K. Elliot (Eds.), *But what does it mean? The use of effect sizes in educational research* (pp. 55-66). Rotherham: B & B Press.
- Tynjälä, P. (1999). Towards expert knowledge? A comparison between a constructivist and a traditional learning environment in university. *International Journal of Educational Research*, 31(5), 357- 442.
- Tytler, R. (2002). Teaching for understanding in science: Student conceptions research, and changing views of learning. *Australian Science Teachers Journal*, 48(3), 14-21.
- van Buuren, S., Brand, J. P., Groothuis-Oudshoorn, C. G., & Rubin, D. B. (2006). Fully conditional specification in multivariate imputation. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 76(12), 1049-1064.
- 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.
- van den Berg, R. (2002). Teachers' meanings regarding educational practice. *Review of Educational Research*, 72(4), 577-625.
- Veal, W. R. (2004). Beliefs and knowledge in chemistry teacher development. *International Journal of Science Education*, 26(3), 329-351.

- Vehmeier, J., Kleickmann, T., & Möller, K. (2007). Zusammenhänge von Vorstellungen zum Lehren und Lernen mit unterrichtlichen Handlungen von Lehrkräften. In K. Möller, P. Hanke, C. Beinbrech, A. K. Hein, T. Kleickmann & R. Schages (Hg.), *Qualität von Grundschulunterricht entwickeln, erfassen und bewerten* (S. 317-320). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-221.
- 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*, 15, 317-419.
- Wagenschein, M. (1976). *Die pädagogische Dimension der Physik*, (4. Aufl.). Braunschweig: Westermann.
- Wagenschein, M. (1992). *Verstehen lehren. Genetisch - Sokratisch - Exemplarisch* (9. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Wahl, D. (1991). *Handeln unter Druck. Der weite Weg vom Wissen zum Handeln bei Lehrern, Hochschullehrern und Erwachsenenbildnern*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Wallace, J., & Louden, W. (1992). Science teaching and teachers' knowledge: Prospect for reform of elementary classrooms. *Science Education*, 76(5), 507-521.
- Wallace, C. S., & Kang, N.-H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 936 - 960.
- 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). Lerntheorien und Instruktionsmodelle. In F. E. Weinert (Hg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Lernens und der Instruktion* (Bd. 2, S. 2-48). Göttingen: Hogrefe.
- Weinert, F. E., & Helmke, A. (Hg.). (1997). *Entwicklung im Grundschulalter*. Weinheim: Beltz.
- White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London: The Falmer Press.
- Wilson, B., Abbott, M. L., Joireman, J., & Stroh, H. R. (2002). *The correlations among school environment variables and students: A structural equation modelling approach to effective schools research* (Tech. Rep. No. 4). Lynnwood, WA: Washington School Research Center, Seattle Pacific University.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe.
- Wirz, C., Fischer, H. E., Reyer, T., & Trendel, G. (2005). Lehrvoraussetzungen von Lehrerinnen und Lehrern in Physik- und Sachunterricht. In A. Pitton (Hg.), *Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung* (S. 92-94). Münster: LIT.
- Wittrock, M. C. (1986). Students' thought processes. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd ed., pp. 297-314). New York: MacMillan.
- Wodzinski, R. (1996). *Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht*. Münster: LIT.
- 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.
- Woolfolk Hoy, A., Davis, H., & Pape, S. J. (2006). Teacher knowledge and beliefs. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of Educational Psychology* (2nd ed., pp. 715-737). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Woolley, S. L., Benjamin, W.-J. J., & Woolley, A. W. (2004). Construct validity of a self-report measure of teacher beliefs related to constructivist and traditional approaches to teaching and learning. *Educational and Psy-*

- chological Measurement*, 64(2), 319-331.
- Wu, Y.-T., & Tsai, C.-C. (2005). Development of elementary school students' cognitive structures and information processing strategies under long-term constructivist-oriented science instruction. *Science Education*, 89, 822-846.
- Yerrick, R., Parke, H., & Nugent, J. (1997). Struggling to promote deeply rooted Change: The "filtering effect" of teachers' beliefs on understanding transformational views of teaching science. *Science Education*, 81, 137-159.
- Zedler, P., Fischler, H., Kirchner, S., & Schröder, H.-J. (2004). Fachdidaktisches Coaching - Veränderung von Lehrerkognitionen und unterrichtlichen Handlungsmustern. In J. Doll & M. Prenzel (Hg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 114-132). Münster: Waxmann.
- Zumbo, B. D. (1999). *A handbook on the theory and methods of differential item functioning (DIF): Logistic regression modeling as a unitary framework for binary and likert-type (ordinal) item scores*. Ottawa: Directorate of Human Resources Research and Evaluation.
- Zwick, W. R., & Velicer, W. F. (1986). Comparison of five rules for determining the number of components to retain. *Psychological Bulletin*, 99(3), 432-442.

8 **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1.	Vereinfachtes Angebots-Nutzungs-Modell zur Wirkungsweise von Unterricht	17
Abb. 2.	Komponenten fachspezifisch-pädagogischen Wissens im Bereich Naturwissenschaften	45
Abb. 3.	Zuordnung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen zu Komponenten des professionellen Lehrerwissens und Andeutung eines Kontinuums fachspezifischer Ausprägung von Vorstellungen zum Lehren und Lernen.....	49
Abb. 4.	Anlage des DFG-Projekts. Abfolge der Erhebungen vor und nach der Intervention durch Lehrerfortbildungen. Türkis markiert sind die Bereiche, die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegen.....	108
Abb. 5.	Beispielitem zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von Verdrängung.....	128
Abb. 6.	Beispielitem zu Erklärungen des Schwimmens und Sinkens von Gegenständen.....	129
Abb. 7.	Beispielitem zur Vorhersage des Schwimmverhaltens von Gegenständen.....	129
Abb. 8.	Item mit offenem Antwortformat: Selbst gewählte Erklärungen zum Schwimmen eines Schiffes.....	130
Abb. 9.	Ergebnis der Parallelanalyse: Empirisch gefundener (N = 277 Lehrkräfte) und zufällig generierter Eigenwerteverlauf (1000 simulierte Stichproben von N = 277 mit einem N(Items) = 47)	144
Abb. 10.	Klassenmittelwerte (+/- eine Standardabweichung) der Lernzuwächse basierend auf dem ICU-Summenwert; unstandardisierte Werte.....	157
Abb. 11.	Gepoolte Intra-Klassen-Regressionen: Regressionen der Nachtest-Leistung auf die Vortest-Leistung in den untersuchten 46 Klassen.....	167

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Studien zu Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften.....	63
Tabelle 2	Zusammenfassung der Befunde zu inhaltlichen Ausprägungen der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften.....	72
Tabelle 3	Studien zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen (LV) mit dem unterrichtlichen Handeln (UH) von Lehrkräften; LA bedeutet Lehramt.....	91
Tabelle 4	Studien zu Zusammenhängen von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen mit Lernerfolgsmaßen seitens der Schüler.....	95
Tabelle 5	Unterschiede zwischen der untersuchten Stichprobe von 46 Lehrkräften und einer für Grundschullehrkräfte in NRW weitgehend repräsentativen Stichprobe (N = 277) in Effektgrößeneinheiten sowie Mittelwerte und Standardabweichungen in der Untersuchungsstichprobe.....	111
Tabelle 6	Beschreibung der zu erfassenden Konstrukte: Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften.....	117
Tabelle 7	Faktorladungen auf der Basis einer promax-rotierten Hauptkomponenten-Analyse, fünf-faktorielle Lösung.....	144
Tabelle 8	Vergleich der Passung des (eindimensionalen) Partial-Credit-Modells mit der Passung der Partial-Credit-Variante des Mixed-Rasch-Modells mit zwei bis fünf Klassen anhand informationstheoretischer Maße (BIC, CAIC).....	146
Tabelle 9	Zentrale Kennwerte der Items und Skalen: Anzahl der Items pro Skala, Mittelwerte und Standardabweichungen der Skalen und Items, Item-Skalenwert-Korrelationen und interne Konsistenzen der Skalen (Cronbachs Alpha).....	148
Tabelle 10	Monotrait-Heteromethod- und Heterotrait-Heteromethod-Block: Korrelationen der neun Subskalen mit Kategorien der Interview-Analyse.....	149
Tabelle 11	Heterotrait-Heteromethod-Matrix 2: Korrelation der Skalen 'Schülervorstellungen' (sch) und 'Praktizismus' (pra) mit zwei zusätzlichen Interview-Kategorien.....	151

Tabelle 12	Heterotrait-Monomethod- und Monotrait-Monomethod-Block: Inter-Korrelationen und interne Konsistenzen der neun Subskalen.....	151
Tabelle 13	Schwierigkeit der Items im Vor- und Nachtest sowie mit 100 multiplizierte Ratewahrscheinlichkeiten der Items.	153
Tabelle 14	Interne Konsistenzen (Cronbachs Alpha) der drei Summernwerte ICU, PHY und FV.....	154
Tabelle 15	Korrelationen der drei Summenwerte ICU, PHY und FV.....	154
Tabelle 16	Befunde (Gamma-Koeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage des von den Schülern im Nachtest erreichten Verständnisses von 'Schwimmen und Sinken' (ICU-Wert).....	160
Tabelle 17	Befunde (Gamma-Koeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage der Nutzung von Fehlvorstellungen zum 'Schwimmen und Sinken' durch die Schüler im Nachtest (FV-Wert).....	163
Tabelle 18	Befunde (Gamma-Koeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage der Nutzung (vor-)physikalischer Konzepte zum 'Schwimmen und Sinken' durch die Schüler im Nachtest (PHY-Wert).....	164
Tabelle 19	Befunde aus Mehrebenenanalysen: Varianz (Var.) in den Steigungsparametern (Gamma-Koeffizienten) auf Individual-Ebene.....	166
Tabelle 20	Befunde aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage der Steigungsparameter (β_1) der Vortest-Leistung durch die erfassten Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften.....	168

10 Anhang

10.1 Interviewleitfaden

Nachfolgend ist der Interviewleitfaden wiedergegeben, mit dessen Hilfe Grundschullehrkräfte zu ihren Vorstellungen zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften befragt wurden.

1. Welche Haupt-Zielsetzungen sehen Sie für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht? Können Sie dies an Ihrer Unterrichtsplanung¹⁴ verdeutlichen?
2. Gibt es Lehrstrategien/ Lehrmethoden/ Unterrichtsprinzipien, die nach Ihrer Ansicht besonders effektiv sind, um Kinder beim Lernen von Naturwissenschaften zu unterstützen? Nachfragen: Gibt es sonst noch Prinzipien, die Ihnen effektiv erscheinen?
3. Wie sehen Sie Ihre Rolle als Lehrkraft im naturwissenschaftlichen Sachunterricht? [Falls Antwort 'Moderator', dies erläutern lassen.]
4. Welchen Stellenwert haben Experimente bzw. Versuche in Ihrem Sachunterricht?
5. Zu welchem Zweck setzen Sie Experimente im SU ein?
6. Ich denke, dass Sie nicht alle möglichen Experimente durchführen, sondern eine Auswahl treffen. Nach welchen Kriterien wählen Sie die Experimente aus?
7. Zu welchem Zweck setzen Sie Unterrichtsgespräche im naturwissenschaftlichen Sachunterricht ein?
8. Wie sehen Sie Ihre Funktion oder auch Rolle in Unterrichtsgesprächen?
9. Haben Sie besondere Strategien oder Leitgedanken, die Sie als Lehrerin in Unterrichtsgesprächen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht verfolgen?
10. Welche Bedeutung hat Ihrer Ansicht nach das Vorwissen der Kinder für das Lernen der Kinder? Mit Vorwissen meine ich das, was die Kinder an Erfahrungen und Vorstellungen mit in den Unterricht bringen.
11. Spielt dies eine Rolle in Ihrer Unterrichtsplanung und -durchführung?
12. Stellen Sie sich vor: In einem Unterrichtsgespräch merken Sie, dass ein oder mehrere Kinder eine ganz falsche Vorstellung oder eine ganz falschen Erklärung haben. Wie würden Sie damit umgehen?

14 Die Lehrkräfte waren gebeten worden, eine schriftliche Unterrichtsplanung zu der Unterrichtsreihe 'Schwimmen und Sinken' anzufertigen.

13. Wie schätzen Sie die Bedeutung des sozialen, gemeinsamen Lernens der Kinder im naturwissenschaftlichen Bereich des Sachunterrichts ein?
14. Halten Sie den Austausch der Kinder untereinander bei naturwissenschaftlichen Themen auch für sinnvoll, wenn Sie merken, dass einige Kinder sachlich falsche Vorstellungen oder Erklärungen haben?
15. Welche Bedeutung hat Ihrer Ansicht nach das selbstgesteuerte Lernen?
[ergänzend:] Welche Bedeutung hat Selbststeuerung für das Lernen der Kinder?
16. In Bezug auf das Lernen der Kinder wird ja viel über Motivation und Interesse im Sachunterricht gesprochen. Finden Sie das übertrieben?
17. Auch über den Lebensweltbezug im Sachunterricht wird viel gesprochen. Wie stehen Sie dazu?

10.2 Kodierschema für die Interviewanalyse

Nachfolgend ist das Kodierschema für die Analyse der Interviews zu Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften wiedergegeben. Kategorien, die mit '(-)' gekennzeichnet sind, wurden umkodiert. In diesem Fall heißt das, dass bei einer entsprechenden Aussage einer Lehrkraft ein Punkt vom Summenwert der jeweiligen Kategorie abgezogen wurde.

<i>Kategorie</i>	<i>Kürzel (Unter- kategorie)</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Beispiel-Aussagen</i>
Motiviertes Lernen	Mot1	Motivation (intrinsische oder zumindest identifiziert extrinsische Motivation) ist notwendige Voraussetzung für verständnisvolles Lernen	„Lernen muss Spaß machen und Freude machen, aber das das durchaus auch mal anstrengend sein kann. So schon. Und dass die Kinder motiviert sein müssen. Aber ich glaube einfach, das müssen nicht immer so Riesensachen sein. Also so - was weiß ich - es gibt so Kollegen, die meinen dann, wenn sie die Hausaufgaben hinterher stempeln, dann wären die Kinder motiviert. Und solche Motivation finde ich Quatsch.“
	Mot2	Naturwissenschaftliche Interessen von Grundschulkindern sollten im Unterricht aufgegriffen und gefördert werden.	„Häufig leite ich auch irgendwelche [...] neue Themen damit ein, dass ich die Kinder einfach mal Fragen zusammenstellen lasse oder was aufschreiben lasse, was ihnen an diesem Thema wichtig ist oder was sie glauben, was sie interessiert. Das man schon ein bisschen Interessen-bezogener arbeitet.“
	Mot3 (-)	Aufgrund bestimmter „Zwänge“ wie Vorgaben durch Lehrpläne muss auch Unterricht durchgeführt werden, in dem die Kinder nicht motiviert sind (intrinsisch oder zumindest identifiziert extrinsisch).	„Bestimmte Sachen muss man einfach machen. Auch wenn es dann mal nicht alle interessiert.“
Anwendungs- bezogenes Lernen	Anw1	Themen im nat. SU sollten von einer Fragestellung ausgehen, die einen Bezug zu Problemen oder Aspekten des alltäglichen Lebens hat. Das Gelernte sollte auf Aspekte der Lebenswelt der Kinder angewendet werden.	„Und die Naturphänomene, die um sie herum halt jeden Tag passieren -ch- genauer zu verstehen.“ „Also das finde ich gut, wenn der Unterricht eben an solchen Sachen aus dem Leben der Kinder auch aufgehängt wird.“

<i>Kategorie</i>	<i>Kürzel (Unter- kategorie)</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Beispiel-Aussagen</i>
Schüler sollten eigene Deutungen von Naturphänomenen entwickeln	Eig1	Kinder sollten die Möglichkeit haben, Deutungen bzw. Erklärungen für ein Naturphänomen selbst zu entdecken/entwickeln.	„Ich möchte eigentlich schon entdecken lassen // von den Kindern und eh- ... ja, ich denk, dass ist so das oberste Ziel, der oberste Leitgedanke, dass es entdeckt werden muss.“ „Ja im Gespräch natürlich die Kinder anzuregen, eigene Lösungsvorschläge oder Ideen zu entwickeln.“
Schüler sollten ihre Vorstellungen diskutieren	Dis1	Die Kinder sollten die Möglichkeit haben, ihre Ideen/ Deutungen zu einem Phänomen gegenüber Mitschülern zu vertreten, zu diskutieren	„Eh- und weil bestimmte Dinge auch nur im Gespräch letztendlich auf den Punkt kommen. Also Rede und Gegenrede, ein Argument und das andere Argument, das erlebe ich nicht, wenn ich nur Einzelarbeit mache.“ Nicht kodieren: „Dass sie lernen ja zuzuhören.“ o.ä.
Schüler mit Vorstellungen im Sinne von Präkonzepten	Sch1	Vorwissen im Sinne von Präkonzepten, die (vor-)physikalischen Konzepten u.U. entgegenstehen und weitere physikbezogene Lernprozesse erschweren können	„Die [Schüler] haben ja schon ganz oft eine Vorstellung, wie was funktioniert oder wie was zusammenhängt.“
'Quantitatives' oder unspezifisches Verständnis des Vorwissens der Schüler	Sch2	Unklarer und/oder quantitatives Verständnis von Vorwissen (auch im Sinne von Vorerfahrungen). Z.T. wird hervorgehoben, es solle auf diese im Unterricht aufgebaut werden (oft im Sinne eines 'additiven' Prozesses).	„Das ist heute so. Es gibt so vereinzelt ein zwei Kinder wo wirklich noch Wissen kommt. Viele bringen kaum Vorwissen mit.“ „Die haben einfach große Lücken im Wissen.“
Lehren und Lernen im Sinne von Conceptual Change	Con1	Naturwissenschaftliches Lernen als Conceptual Change und Bedingungen, die konzeptuelle Entwicklung begünstigen	„Und das zeigte sich ja auch bei dem Schwimmen und Sinken. Also einige kamen auch in der letzten Stunde noch damit um die Ecke, dass das noch daran läge // daran liegen konnte. Ne, es ist schon ne schwere Arbeit, die davon abzubringen.“ „Und besonders schön ist, wenn man dann, ja das also widerlegen kann.// Vielleicht erst so und dann im Experiment oder so nachweisen kann.“
Ablehnung Praktizismus	Pra1	Für den Erwerb konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnisses ist es nicht hinreichend, die Schüler im Sachunterricht praktisch handeln zu lassen.	„Und im Endeffekt, wenn sie nicht angehalten werden, darüber zu sprechen und das, das wirklich eh- das Für und Wider, das Richtig und Falsch und es ist aber doch so und // immer wieder rückgreifen auf, auf Dinge, die man vorher gesagt hat. Wenn sie das nicht lernen, dann lernen sie auch aus den Experimenten eigentlich // nicht viel, ne.“
Betonung der Bedeutung von 'hands-on'-Erfahrungen	Pra2	'Hands-on'-Aktivitäten wird eine besondere Bedeutung für das naturwissenschaftliche Lernen von Grundschulkindern beigemessen.	„Also, dass was ich (vorhin eben) auch sagte, unbedingt das eigene Tun, Ausprobieren und Notieren, beschreiben und dann eben im größeren Klassenzusammenhang auch darzustellen.“
Notwendigkeit prozessbezogener Hilfestellungen	Lai1	Die Kinder sollten bei der Entwicklung von Deutungen zu Naturphänomenen Hilfestellungen bekommen. Gespräche über die Deutung von Naturphänomenen müssen von der Lehrkraft strukturiert werden.	„[...] dass ich zum Beispiel die Kinder dazu auffordere zu überlegen, ob das was miteinander zu tun hat, ob sie das sehen können.“
Transmission (tra)	Tra1	Bestimmte Inhalte, Lösungen oder Verfahrensweisen sollten den Kindern erklärt werden. Falsche Vorstellungen bzw. falsches Wissen der Kinder sollte richtig gestellt werden.	„Dann sollte man das ja schon richtig stellen. Es soll ja nichts Falsches stehen bleiben, ne.“
	Tra2 (-)	Man sollte den Kindern keine fertigen Lösungen, Erklärungen oder Verfahren vorgeben. Falsche Ideen sollte man nicht einfach korrigieren.	„Leitgedanken? Ja, dass ich eigentlich nichts vorgeben möchte.“

10.3 Skalen zur Erfassung von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften

In diesem Abschnitt werden die ungekürzten und nach Skalen geordneten Items zur Erfassung von Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften aufgeführt. Mit (-) gekennzeichnete Items gehen umgepolt in die Analysen ein. 'Nat. SU' steht für 'naturwissenschaftlicher Sachunterricht'. Kennwerte werden hier nicht berichtet, da diese bereits im Ergebnisteil der Arbeit dargestellt sind.

Motiviertes Lernen

- mot6 Nur wenn für die Kinder die Auseinandersetzung mit einem naturwissenschaftlichen Thema wirklich bedeutsam ist, können sie erfolgreich lernen.
- mot7 Nur wenn die Kinder bei einem naturwissenschaftlichen Thema motiviert sind, können sie verstandenes Wissen aufbauen.
- mot9 Eine notwendige Voraussetzung jeden Wissenserwerbs ist auch im nat. SU, dass die Kinder motiviert sein müssen.
- mot2 Kinder können Naturphänomene nur verstehen, wenn sie motiviert sind, diese zu verstehen.

Anwendungsbezogenes Lernen

- anw2 Wenn Kinder nicht direkt an Anwendungsbeispielen lernen, haben sie Probleme, das Erlernte auf den Alltag zu übertragen.
- anw7 Themen im nat. SU sollten immer an einer Fragestellung aufgehängt werden, die einen direkten Bezug zu Problemen oder Aspekten des alltäglichen Lebens hat.
- anw9 Nur wenn Themen im nat. SU in echte Fragestellungen aus dem Alltag eingebunden sind, können die Kinder das erworbene Wissen auch anwenden.
- anw3 Das Lernen sollte während der ganzen Zeit an Problemen oder Aspekten aus dem Alltag orientiert sein.
- anw6 Echte und komplexe Problemstellungen aus dem Alltag müssen der Ausgangspunkt des nat. SU sein.

Entwicklung eigener Deutungen

- eig14 Es kommt darauf an, dass die Schüler selbst Erklärungen für ein Naturphänomen suchen, auch wenn diese nicht sachlich korrekt sind.
- eig13 Der Lehrer sollte den Kindern viel Zeit einräumen, eigene Deutungen für ein Naturphänomen zu suchen, auch wenn diese fachlich nicht richtig sind.
- eig4 Wenn Kinder im nat. SU ihre eigenen Formulierungen verwenden dürfen, können sie Naturphänomene besser verstehen.
- eig10 Lehrer sollten Schülern, die Probleme mit der Deutung eines Phänomens haben, Zeit für ihre eigenen Deutungsversuche lassen.
- eig11 Man sollte den Schülern ermöglichen, sich erst ihre eigenen Deutungen zu suchen, bevor der Lehrer Hilfen gibt.
- eig12 (-) Das Lernen wird ineffizient, wenn die Kinder im nat. SU eigene Deutungen für Naturphänomene suchen sollen und dabei falsche Vorstellungen entstehen.
- eig6 Schüler lernen Naturwissenschaften am besten, indem sie selbst Wege zur Lösung von Problemen suchen.
- eig8 (-) Wenn die Schüler im nat. SU eigene Ideen entwickeln, wird das Lernen fachlich angemessener Vorstellungen erschwert.

Diskussion von Schülervorstellungen

- dis5 (-) Die Themen im nat. SU sind für Diskussionen unter den Kindern eher ungeeignet.
- dis10 Die Kinder einer Klasse sollten auch dann angeregt werden, ihre Vorstellungen untereinander zu diskutieren, wenn man als Lehrer feststellt, dass einige Kinder falsche Vorstellungen zu einem Naturphänomen haben.

- dis5 (-) Die Themen im nat. SU sind für Diskussionen unter den Kindern eher ungeeignet.
- dis9 Im nat. SU sollten die Kinder aufgefordert werden, ihre Deutungen zu einem Phänomen gegenüber Mitschülern zu vertreten.
- dis1 Damit Schüler Naturphänomene verstehen, ist es entscheidend, dass sie ihre eigenen Lösungsideen untereinander diskutieren.

Schülervorstellungen

- sch3 Grundschul Kinder können zu naturwissenschaftlichen Phänomenen bereits hartnäckige Vorstellungen haben, die den Lernprozess erschweren.
- sch10 Schüler lassen im nat. SU so schnell nicht ab von den Vorstellungen, die sie mit in den Unterricht bringen.
- sch4 Grundschul Kinder kommen mit teilweise tief in Alltagserfahrungen verankerten Vorstellungen zu Naturphänomenen in den Unterricht hinein.

Conceptual Change

- con12 Wenn Kinder naturwissenschaftliche Inhalte lernen, stehen oft alte Vorstellungen in ständiger Konkurrenz mit neu erworbenen Vorstellungen.
- con13 Naturwiss. Lernen bedeutet oft, dass sich neue Vorstellungen bei den Kindern erst auf lange Sicht gegen alte Erklärungsmuster durchsetzen.
- con4 Lernen im nat. SU bedeutet oft ein inneres Ringen (Hinundher) zwischen alten und neuen Vorstellungen über ein Phänomen.
- con7 Um das Lernen der Kinder herauszufordern, sollte der Lehrer sie mit Beobachtungen oder Phänomenen konfrontieren, die den Erwartungen des Kindes widersprechen.
- con3 Wenn Kinder mit ihren aktuellen Erklärungsansätzen zu einem Naturphänomen zufrieden sind, wird das Lernen neuer, sachlich angemessenerer Vorstellungen erschwert.
- con2 Kinder erlernen naturwissenschaftliches Wissen nur, wenn neue Vorstellungen für sie überzeugender sind als ihre alten Vorstellungen.

Praktizismus

- pra9 Das Durchführen von Versuchen im nat. SU stellt eigentlich schon sicher, dass die Kinder Naturphänomene verstehen.
- pra7 Wenn Kinder im nat. SU Versuche durchführen, Dinge herstellen und viel ausprobieren können, ist eigentlich schon sichergestellt, dass sie die naturwissenschaftlichen Inhalte der Grundschule lernen.
- pra5 (-) Für das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte der Grundschule reicht es keineswegs, die Kinder praktisch handeln zu lassen.
- pra6 Das Handeln der Kinder im nat. SU ist so entscheidend, dass andere Prinzipien der Unterrichtsgestaltung zweitrangig sind.
- pra1 Für den Sachunterricht in der Grundschule gilt: Spaß beim Handeln ist ein Garant für Lernen.

Laisser-faire

- lai9 Ohne Eingreifen und Lenken des Lehrers lernen Kinder im nat. SU am besten.
- lai12 Gespräche über die Deutung von Naturphänomenen sind nur sinnvoll, wenn sich der Lehrer dort ganz heraushält.
- lai5 Für mich gilt die Maxime: Kinder sollen im nat. SU Experimente grundsätzlich ohne Hilfe des Lehrers selbständig entwickeln.
- lai3 Der Lehrer soll die Kinder im nat. SU bei der Suche nach einem Lösungsweg ganz eigenständig vorgehen lassen und sich dabei vollkommen zurückhalten.
- lai13 (-) Wenn der Lehrer die Kinder anspruchsvolle naturwiss. Themen ganz selbständig bearbeiten lässt, können die Kinder diese Themen nicht verstehen.

Transmission

- tra1 Schwächeren Schülern müssen Naturphänomene erklärt werden.
- tra9 Bevor Kinder selbst Versuche durchführen, sollte der Lehrer ihnen einige theoretische Grundlagen zu dem Naturphänomen vermitteln, das gerade untersucht werden soll.
- tra10 Bevor Kinder naturwissenschaftliche Zusammenhänge verstehen können, sollten ihnen grundlegende Begriffe vermittelt werden.
- tra4 Am besten lernen Grundschüler Naturwissenschaften aus Darstellungen und Erklärungen ihrer Lehrperson.
- tra5 Damit wirklich alle Schüler ein Naturphänomen verstehen können, sind Erklärungen durch den Lehrer unerlässlich.
- tra7 Das Lernen eines Merksatzes ist wichtig für das Verstehen eines Phänomens.
- tra3 Schüler der Grundschule benötigen beim Lösen naturwissenschaftlicher Probleme ausführliche Anleitungen, die sie schrittweise befolgen können.

10.4 Skalen zur Erfassung des physikbezogenen Selbstkonzepts und 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 Fähigkeitsselfkonzept

- Ich bin gut in Physik.
- Es fällt mir leicht, neue Inhalte im Fach Physik zu verstehen.
- (-) Physik ist viel zu schwierig für mich.
- (-) Mir fehlen einfach die Grundlagen, um mich mit physikalisch Themen auseinander zu setzen.
- M = 1.94 SD = .59 M (r_{it}) = .70 A = .85

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 = 2.81 SD = .55 M (r_{it}) = .59 α = .78