

Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Kim Lange · Thilo Kleickmann · Steffen Tröbst · Kornelia Möller

Zusammenfassung: Untersuchungen aus dem Bereich Mathematik belegen, dass dem fachdidaktischen Wissen als zentralem Bestandteil des professionellen Lehrerwissens große Bedeutung für Unterrichtsqualität und Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern zukommt. Die vorliegende Studie untersucht die Bedeutung des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften für den Lernerfolg wie auch für die Erreichung motivationaler und selbstbezogener Zielkriterien im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts der Grundschule. Im Rahmen der Studie unterrichteten 60 Lehrkräfte 1326 Lernende der 4. Klasse zum Thema Aggregatzustände. Die leistungs- und nichtleistungsbezogenen Zielkriterien aufseiten der Lernenden sowie das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte wurden mit Fragebögen erfasst und die Zusammenhänge anhand von Mehrebenenanalysen überprüft. Unter Kontrolle individueller Lernvoraussetzungen und bedeutsamer Kontextmerkmale zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen dem fachdidaktischen Wissen

Online publiziert: 14.02.2012

© VS Verlag für Sozialwissenschaften 2012

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Projekts „Professionswissen von Lehrkräften, naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe“ (PLUS). Die Studie wurde durch Mittel der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Kennzeichen MO 942/3-1 und FI 477/21-1) im Rahmen der Forschergruppe Naturwissenschaftlicher Unterricht (NWU) gefördert.

Die Autorinnen und Autoren möchten dem PLUS-Team für die Zusammenarbeit herzlich danken. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Dr. K. Lange (✉) · Dipl. Psych. S. Tröbst · Prof. Dr. K. Möller
Seminar für Didaktik des Sachunterrichts, Universität Münster,
Leonardo-Campus 11, 48419 Münster, Deutschland
E-Mail: kim.lange@uni-muenster.de

Dipl. Psych. S. Tröbst
E-Mail: celan@uni-muenster.de

Prof. Dr. K. Möller
E-Mail: kornelia.moeller@uni-muenster.de

Dr. T. Kleickmann
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN),
Olshausenstraße 62, 24098 Kiel, Deutschland
E-Mail: kleickmann@ipn.uni-kiel.de

der Lehrkräfte und dem Lernerfolg sowie dem Fachinteresse und dem Kompetenzerleben der Lernenden.

Schlüsselwörter: Lehrkräfte · Fachdidaktisches Wissen · Multiple Ziele · Naturwissenschaftlicher Sachunterricht · Mehrebenenanalyse

Subject-related didactic knowledge of teachers and multiple objectives in lessons on natural sciences

Abstract: Recent investigations in the field of mathematics have demonstrated that teachers' pedagogical content knowledge, as a central component of teachers' professional knowledge, plays a significant role in high-quality instruction and students' learning gains. The study presented here explores the significance of teachers' pedagogical content knowledge for gains in pupils' understanding of scientific concepts and for motivational and self-related outcome criteria in primary science education in Germany. It reports on findings from a study with a pre-post-design comprising 60 primary school teachers and their 1326 pupils. Teachers' pedagogical content knowledge and pupils' learning gains as well as motivational and self-related outcome criteria were directly assessed with paper-and-pencil tests. Two-step models controlling for several relevant variables at the individual and the class level were specified. Results revealed a substantial positive effect of the measured pedagogical content knowledge on pupils' achievement gains as well as on pupils' situational interest and perceived competence.

Keywords: Elementary science education · Hierarchical modeling · Pedagogical content knowledge · Student outcomes · Teachers

1 Einleitung

Aktuelle Konzeptionen naturwissenschaftlicher Grundbildung im Sinne von *scientific literacy* beschreiben neben dem Erwerb eines grundlegenden Verständnisses naturwissenschaftlicher Konzepte und Verfahren auch den Aufbau und die Förderung von Motivation, Interesse sowie positiven selbstbezogenen Kognitionen als Ziele des frühen naturwissenschaftlichen Lernens (Harlen 1998; Prenzel et al. 2003; van den Akker 1998). Es gibt erste Hinweise darauf, dass diese anspruchsvollen Ziele simultan erreicht werden können, wenn naturwissenschaftlicher Grundschulunterricht die Vorerfahrungen von Lernenden aufgreift, Möglichkeiten zum experimentellen Handeln gibt und unter Bereitstellung eines optimalen Maßes an Strukturierungshilfen die Veränderung von Konzepten anregt (Blumberg et al. 2004; Hardy et al. 2006; Vosniadou et al. 2001). Es wird angenommen, dass für die Gestaltung derartiger naturwissenschaftlicher Unterrichtsangebote fachdidaktisches Wissen seitens der Lehrkräfte erforderlich ist (Appleton 2006; Duit et al. 2007; Shulman 1987). Im Bereich der Mathematik konnte bereits nachgewiesen werden, dass das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften in Beziehung zur fachlichen Leistung von Lernenden steht (Baumert et al. 2010; Hill et al. 2005). Baumert et al. (2010) zeigten zudem, dass der Effekt fachdidaktischen Wissens auf die Lernleistungen der Schüler über kognitiv aktivierende und konstruktiv unterstützende Lerngelegenheiten vermittelt wurde. Da des Weiteren gezeigt werden konnte, dass die konstruktive Unterstützung im Unterricht mit dem Erreichen motivational-affektiver Unterrichtsziele zusammenhängt

(Kunter und Voss 2011), ergeben sich ebenfalls Hinweise auf die Bedeutung des mathematikdidaktischen Wissens für das Erreichen von nicht leistungsbezogenen Zielkriterien. Studien im naturwissenschaftlichen Bereich stehen allerdings noch aus. Angesichts dieser Befundlage wird in der vorliegenden Arbeit untersucht, welche Bedeutung das fachdidaktische Wissen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule für den fachlichen Wissenserwerb und für die Erreichung motivationaler und selbstbezogener Ziele besitzt.

1.1 Fachdidaktisches Wissen als Komponente des Professionswissens von Lehrkräften

Das professionelle Wissen von Lehrkräften gilt als zentrale Komponente der professionsspezifischen Voraussetzungen für erfolgreiches Unterrichtshandeln, welches seinerseits den Wissenserwerb und die motivationale Entwicklung von Lernenden beeinflusst (Baumert und Kunter 2006; Bromme 1997; Munby et al. 2001). Theoretischer Bezugsrahmen zahlreicher Forschungsarbeiten ist dabei die von Shulman (1986) und Bromme (1997) vorgeschlagene Unterteilung des professionellen Lehrerverwissens in generisch-pädagogische, fachspezifische und fachdidaktische Anteile (z. B. Baumert und Kunter 2006; Borko und Putnam 1996; Lipowsky 2006), welche auch durch empirische Arbeiten zur Unterscheidbarkeit der Facetten unterstützt wird (Blömeke et al. 2008; Krauss et al. 2008; Phelps und Schilling 2004). Sieht man die Vermittlung fachlicher Inhalte durch die Anregung von Lernprozessen als Kriterium für erfolgreiches Unterrichten an, so muss insbesondere das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften als relevant angenommen werden, da diesem als Wissen über die adressatengerechte Aufarbeitung von Inhalten ein zentraler Stellenwert für die Gestaltung kognitiv anregender und motivierender Lerngelegenheiten sowie für das adaptive Bereitstellen individueller und konstruktiver Unterstützung im Unterricht zugesprochen wird (Baumert et al. 2011; Grossman 1990). Fachdidaktisches Wissen ist hierbei als diejenige Kombination und Integration von fachspezifischem und pädagogischem Wissen zu sehen, welche Lehrkräfte dazu befähigt, Fachinhalte gemäß der Interessen und Fähigkeiten von Lernenden in fruchtbare Lerngelegenheiten zu übersetzen (Shulman 1987, S. 8). Über eine Vielzahl unterschiedlicher Konzeptionen des fachdidaktischen Wissens hinweg (für einen Überblick z. B. Park und Oliver 2008) werden in Anlehnung an Shulman (1986) die Unterfacetten des *Wissens über Bedingungen des Lernens* und des *Wissens über instruktionale Aktivitäten* als konstitutiv angesehen. Dies trifft auch für naturwissenschaftliche Konzeptionen des fachdidaktischen Wissens zu (Abell 2007; Henze et al. 2008; Magnusson et al. 1999; Park und Oliver 2008).

In der bisherigen Erforschung des fachbezogenen Professionswissens lassen sich zwei Stränge – mit je spezifischen Defiziten – identifizieren (Baumert und Kunter 2006): Zum einen gibt es Untersuchungen, die sich auf distale Indikatoren des Professionswissens, wie z. B. die staatliche Zertifizierung oder die Zahl der besuchten Fachkurse, stützen (z. B. Druva und Anderson 1983; Monk 1994). Zum anderen existieren qualitative Studien, die sich intensiv mit der Beschreibung von Inhalten und Strukturen des Professionswissens in verschiedenen Fächern beschäftigen (im Bereich der Naturwissenschaften z. B. Loughran et al. 2004; van Driel et al. 1998). Während Studien mit distalen Indikatoren kaum Auskunft über Inhalt, Struktur oder Qualität des betroffenen Wissens liefern, erlauben die Erfassungsmethoden qualitativer Studien nur eingeschränkte Schlussfolgerungen über die prädiktive Validität der eingesetzten Instrumente für die Qualität von Unterricht

und die Zielerreichung aufseiten der Lernenden (z. B. Jones und Moreland 2004). Erst seit kurzem liegen im Bereich des Faches Mathematik Studien vor, in denen das fachdidaktische Wissen als Teil des Professionswissens direkt und quantifizierbar erhoben und mit Lernergebnissen von Schülern in Verbindung gebracht wurde (Baumert et al. 2010; Hill et al. 2005). Die erste dieser Studien stammt aus den USA und untersuchte das mathematikbezogene Wissen (*mathematical knowledge for teaching*, MKT) von Grundschullehrkräften mittels eines Tests. MKT umfasst mathematisches Alltagswissen, tiefer gehendes konzeptuelles Verständnis des Unterrichtsstoffes sowie spezielles mathematisches Wissen, das für das Unterrichten jenes Stoffes notwendig ist (Hill et al. 2004). Unter Kontrolle individueller Lernvoraussetzungen und weiterer Merkmale der untersuchten Lehrkräfte, wie der Berufserfahrung und dem Ausbildungsstatus, erwies sich der MKT-Score als positiver Prädiktor für die Leistungsfortschritte der beteiligten Lernenden (Hill et al. 2005). Im deutschen Sprachraum wurde das fachbezogene Professionswissen von Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe in ähnlicher Weise betrachtet. Im Gegensatz zu der Arbeit von Hill et al. (2005) ließen sich Fachwissen und fachdidaktisches Wissen empirisch allerdings als separate Konstrukte absichern (Krauss et al. 2008), welche eine differenzielle prädiktive Validität in Bezug auf Unterrichtsqualitätsmerkmale und Lernfortschritte aufseiten der Lernenden aufwiesen. Das fachdidaktische Wissen zeigte sich dabei als besonders bedeutsam für Unterrichtsqualität und Schülerleistungen (Baumert et al. 2010).

Im Bereich der Naturwissenschaften liegen für die Sekundarstufe erste Arbeiten vor, die eine direkte Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften mithilfe von Tests realisierten (z. B. Riese und Reinhold 2008). Die Frage nach dem Zusammenhang des so erfassten Wissens mit Unterrichtsqualitätsmerkmalen oder Lernerfolgen bei Schülern ist für den naturwissenschaftlichen Unterricht bislang allerdings noch offen.

1.2 Multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule

Für den Sachunterricht der Grundschule besteht ein weitgehender normativer Konsens darüber, dass der naturwissenschaftliche Unterricht über den bloßen Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten hinaus auf die Förderung des Verstehens naturwissenschaftlicher Konzepte und Verfahren abzielen sollte (GDSU 2002). Grundschul Kinder sollen demnach grundlegende und anschlussfähige Vorstellungen entwickeln, um naturwissenschaftliche Phänomene deuten zu können, wobei es nicht primär um den Erwerb eines Faktenwissens geht, sondern um ein Erarbeiten von naturwissenschaftlichen Konzepten, die zu einem besseren Verständnis der natürlichen Umwelt führen (Möller et al. 2011). Der frühe naturwissenschaftliche Unterricht sollte neben der Entwicklung von naturwissenschaftlichem Wissen und Wissen über das Wesen der Naturwissenschaften auch motivationale Zielkriterien, wie die Entwicklung von Interesse am Nachdenken über naturwissenschaftliche Fragestellungen, anstreben (Prenzel et al. 2003). Dabei kann zwischen individuellem und situationalem Interesse unterschieden werden (Krapp 2002). Während das individuelle Interesse eine zeitlich stabile motivationale Orientierung darstellt, handelt es sich beim situationalen Interesse um einen vorübergehenden Zustand positiven Affekts und erhöhter Aufmerksamkeit. Obwohl die Förderung beider Formen des Interesses als Zieldimension von Unterricht angesehen wird, gilt das situationale Interesse eher als durch Unterricht

beeinflussbar (Hidi und Harackiewicz 2000). Diese mehrdimensionalen Ziele werden zumeist noch um das situative Erleben von Kompetenz im Unterrichtsgeschehen selbst und den Aufbau positiver selbstbezogener Kognitionen, wie z. B. positiver Selbstwirksamkeitserwartungen, ergänzt (Einsiedler 2003; Möller 2001). Selbstwirksamkeitserwartungen werden als subjektive Überzeugungen verstanden, neue Anforderungssituationen in der Zukunft aufgrund eigener Kompetenzen bewältigen zu können (Schwarzer und Jerusalem 2002). Insgesamt umfassen die für den frühen naturwissenschaftlichen Unterricht als erstrebenswert erachteten nichtleistungsbezogenen Zielvariablen damit sowohl Formen des situationalen Erlebens in der Unterrichtssituation selbst als auch stabilere, dispositionale Merkmale.

Obwohl in der Unterrichtsqualitätsforschung bisher vor allem die Leistung von Schülern als Zielkriterium untersucht wurde (z. B. Seidel und Shavelson 2007; Wang et al. 1993), deuten einige Studien darauf hin, dass ein simultanes Erreichen leistungsbezogener und nichtleistungsbezogener Zielsetzungen beim schulischen Lernen generell und auch im Sachunterricht der Grundschule gelingen kann (Blumberg et al. 2004; Gruehn 1995; Kunter 2005; Weinert und Helmke 1996).

Auch hinsichtlich der Frage nach der Relevanz des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften für die Zielerreichung seitens der Schüler wurde der Fokus theoretisch und empirisch bisher stärker auf die Postulierung und Untersuchung von Zusammenhängen mit leistungsbezogenen Unterrichtszielen gelegt (Baumert et al. 2010; Hill et al. 2005). Baumert et al. (2010) haben gezeigt, dass die Zusammenhänge zu leistungsbezogenen Zielkriterien sowohl über die Bereitstellung kognitiv aktivierender Lerngelegenheiten als über die im Unterricht bereitgestellte konstruktive Unterstützung vermittelt werden. Da außerdem Zusammenhänge zwischen der von Schülern wahrgenommenen konstruktiven Unterstützung im Unterricht und dem Erreichen motivational-affektiver Zielkriterien gezeigt werden konnten (Kunter und Voss 2011), gibt es bereits Hinweise darauf, dass neben leistungsbezogenen auch motivationale Zielvariablen durch das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften positiv beeinflusst werden. Theoretisch ist anzunehmen, dass es Lehrkräften mit hohem fachdidaktischen Wissen durch eine Sensibilität für Verständnisprobleme, die Diagnose von themenspezifischen Lernschwierigkeiten, das Bereitstellen von strukturierenden Maßnahmen (im Sinne von Scaffolding, Pea 2004; Wood et al. 1976) und angemessener Leistungsrückmeldung eher gelingt, Lernprozesse der Schüler adaptiv und individuell zu unterstützen, und darüber vermittelt auch auf die Initiierung und Aufrechterhaltung von Motivation im Lernprozess der Schüler Einfluss zu nehmen. Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen wie auch vor dem Hintergrund der Befunde zur Förderung des fachbezogenen Verständnisses von Schülern durch das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte (Baumert et al. 2010; Hill et al. 2005) erscheinen positive Auswirkungen des fachdidaktischen Wissens auf selbstbezogene Zielvariablen, wie das Kompetenzerleben und Selbstwirksamkeitserwartungen, ebenfalls plausibel. Das Erleben von Kompetenz in der Unterrichtssituation könnte wiederum die Entwicklung intrinsischer Formen der Motivation begünstigen (Krapp 2002).

2 Fragestellungen

Ausgehend vom dargestellten Forschungsstand untersuchen wir in der vorliegenden Studie, wie sich das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften auf die Erreichung kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen bei Lernenden im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule auswirkt. Wir gehen dabei den beiden folgenden Forschungsfragen nach:

1. Lässt sich der im Bereich der mathematikdidaktischen Studien gefundene Zusammenhang zwischen fachdidaktischem Wissen von Lehrkräften und Lernfortschritten bei Schülern auch im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule finden?
2. Zeigen sich bezüglich motivationaler und selbstbezogener Zielvariablen, d. h. in Hinblick auf situationales Interesse am Unterricht, eher dispositionales, individuelles Interesse, Kompetenzerleben und Selbstwirksamkeitserwartungen, ebenfalls positive Zusammenhänge zum fachdidaktischen Wissen von Lehrkräften?

3 Methode

3.1 Design und Stichproben

Die genannten Fragestellungen wurden anhand von Daten aus dem DFG-Projekt „Professionswissen von Lehrkräften, naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe“ (PLUS) bearbeitet. Dieses Projekt untersucht den physikbezogenen Sachunterricht am Ende der Grundschulzeit und den physikbezogenen Anfangsunterricht der Sekundarstufe. Für den vorliegenden Beitrag wurde auf die Daten der 60 teilnehmenden Grundschulklassen und deren Sachunterrichts-Lehrkräfte zurückgegriffen. Im Rahmen der Studie wurden die Lehrkräfte gebeten, in ihren Klassen Unterricht zum Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser“ (im Folgenden kurz: Aggregatzustände) im Umfang von ca. sechs Unterrichtsstunden durchzuführen. Dieses Unterrichtsthema ist ein Standardthema im Curriculum des Sachunterrichts. Direkt vor und kurz nach der Unterrichtsreihe (ca. 3–7 Tage) bearbeiteten die 60 Klassen einen Test zum begrifflichen und konzeptuellen Wissen im Bereich Aggregatzustände sowie Fragebögen zu motivationalen und selbstbezogenen Zielkriterien. Das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte im Inhaltsbereich Aggregatzustände wurde am Ende der Unterrichtseinheit erfasst.

Die 60 Lehrkräfte und Klassen wurden an Grundschulen in Nordrhein-Westfalen (NRW) im Umkreis von Essen (vorwiegend städtische Schulen) und Münster (vorwiegend ländliche Schulen) über die Schulleitungen rekrutiert. Die Teilnahme an der Studie war für die Schulen und Lehrkräfte freiwillig. Die Teilnahmequote auf Schulebene betrug ca. 20 %. Die Stichprobe der Lehrkräfte umfasste 15 % männliche Lehrpersonen. Das Alter der Lehrpersonen betrug durchschnittlich 43,25 Jahre (25–63 Jahre). Um Anhaltspunkte für die Repräsentativität dieser Stichprobe zu erhalten, wurde sie mit einer weiteren, größeren Stichprobe von nordrhein-westfälischen Grundschullehrkräften (n=277) verglichen. Diese Stichprobe nahm an einer rein postalischen Befragung zum Ausbil-

dungshintergrund im Sachunterricht, zu fachbezogenen Überzeugungen sowie zu motivationalen und selbstbezogenen Merkmalen teil (Möller 2004). Der Rücklauf betrug ca. 30 %. Es ist davon auszugehen, dass die Barriere zur Teilnahme an dieser Studie deutlich geringer war als die zur Teilnahme an der PLUS-Studie, da die Lehrkräfte dort auch einer Video-Aufnahme des eigenen Sachunterrichts zustimmen mussten. Hinsichtlich allgemeiner soziodemografischer Daten (Alter, Geschlechterverteilung und Berufserfahrung in Dienstjahren) zeigten sich nur geringe, nicht-signifikante Unterschiede zwischen der Untersuchungstichprobe und der rein postalisch befragten Stichprobe. Im Bereich motivationaler und selbstbezogener Variablen (Interesse am Unterrichten von Physik, individuelles Interesse an Physik, Selbstwirksamkeitserwartung und Fähigkeitsselbstkonzept in Bezug auf das Unterrichten physikalischer Themen) fanden sich aber mittlere Effekte zugunsten der hier zugrunde gelegten Stichprobe aus PLUS. Die Stichprobe scheint also in Bezug auf diese Variablen für Grundschullehrkräfte in NRW nicht repräsentativ zu sein.

Die Schülerstichprobe umfasste insgesamt 1326 Lernende in den oben genannten 60 Klassen (59 der Jahrgangsstufe 4, eine der Jahrgangsstufe 3). 47 % der Lernenden waren weiblich. Das mittlere Alter der Lernenden in der vorliegenden Stichprobe betrug 10,27 Jahre ($SD=0,63$).

4 Instrumente

4.1 Fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte

Das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte wurde in den konstitutiven Facetten *Wissen über Bedingungen des Lernens* und *Wissen über instruktionale Aktivitäten* (Park und Oliver 2008; Shulman 1987) im Inhaltsbereich Aggregatzustände mithilfe eines schriftlichen Tests erfasst (Lange 2010). Der Test beinhaltete Aufgaben mit offenem und mit geschlossenem Antwortformat. Im Bereich *Wissen über Bedingungen des Lernens* wurden die Lehrkräfte zum einen aufgefordert, alle ihnen bekannten typischen Schülervorstellungen oder Lernschwierigkeiten zu einem bestimmten Phänomen im Inhaltsbereich Aggregatzustände anzugeben. Zum anderen mussten Schüleraussagen hinsichtlich ihres Inhaltes oder ihrer Anschlussfähigkeit analysiert werden. Das *Wissen über instruktionale Aktivitäten* wurde erfasst, indem die Lehrkräfte geeignete Versuche zur Unterstützung der Verständnisprozesse in Bezug auf ein bestimmtes Lernziel skizzierten bzw. vorgegebene Versuche hinsichtlich der Unterstützung von Lernprozessen bewerteten. Im abgebildeten Beispielitem sollten die Lehrkräfte z. B. überprüfen, welche sachlich unangemessenen Vorstellungen bei Lernenden durch die vorgegebene Aktivität hervorgerufen bzw. verstärkt werden könnten (s. Abb. 1). Als korrekt wurden bspw. Antworten kodiert, denen zufolge Schüler nach dem skizzierten Einsatz dieser Aktivität glauben könnten, dass immer eine Art Deckel für die Kondensation benötigt wird oder dass das Kochen von Wasser eine notwendige Voraussetzung für Verdunstung darstellt.

Des Weiteren mussten die Lehrkräfte im Bereich *Wissen über instruktionale Aktivitäten* im Sinne einer sinnvollen Sequenzierung von Inhalten Themen bzw. Konzepte identifizieren, die vor der Erarbeitung eines bestimmten Konzepts (z. B. Verdunstung) im

Abb. 1: Beispielaufgabe für die Erfassung Wissen über instruktionale Aktivitäten – Versuche bewerten

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



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

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

[Handwritten signature]

Unterricht thematisiert worden sein sollten. Die Unterscheidung in *Wissen über Bedingungen des Lernens* und *Wissen über instruktionale Aktivitäten* diente als Heuristik zur Itementwicklung; im Rahmen einer explorativen Faktorenanalyse (Datenbasis: 60 Lehrkräfte dieser Untersuchung plus 114 Lehrkräfte der u. g. Pilot-Stichprobe) ließ sich diese Struktur nicht abbilden.

Antwortalternativen für die geschlossenen Aufgaben sowie Kategorien zur Bestimmung der Angemessenheit der Antworten auf offene Fragen wurden aus empirischen Studien und aus Theorien zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen abgeleitet (z. B. Duit 1997; Posner et al. 1982; Scott et al. 1992; Wandersee et al. 1994). Dazu wurde ein Kodierschema entwickelt, indem für jedes Item mögliche falsche und richtige Antworten spezifiziert und Kategorien zugeordnet wurden. Der Test umfasste endgültig 14 Items (11 offene sowie 3 *Multiple-choice*-Items), die auf der Basis von Kriterien der klassischen Testtheorie anhand einer Pilot-Stichprobe ($n=114$) ausgewählt wurden. Um die Auswertungsobjektivität bei den offenen Aufgaben zu prüfen, beurteilten zwei Kodierer ca. 20 % des Pilotmaterials unabhängig voneinander. Die Beurteilerübereinstimmung für die einzelnen Aufgaben erwies sich als gut (mittlere $ICC_{\text{unjust}}=0,92$, Range: 0,80–1,0; Wirtz und Caspar 2002). Für die Bildung eines Summenwertes wurden zunächst alle Items, die nicht beantwortet wurden, mit 0 bepunktet. Bei den offenen Antworten wurde jeder richtig genannte und substantiell eigenständige Aspekt mit je einem Punkt bewertet. Diese Punkte wurden aufsummiert. Alle als falsch klassifizierten Aspekte innerhalb einer Itemantwort wurden ignoriert (mit 0 bepunktet). Bei vier Items wurde die didaktische Qualität der Antworten auf einer dreistufigen Skala beurteilt. Zur Bildung eines Summenwertes für das fachdidaktische Wissen wurden die pro Aufgabe erreichten Punkte aufaddiert. Die Reliabilität (Cronbachs α) des Gesamttests betrug bei 14 Items 0,67.

4.2 Leistungsbezogenes Zielkriterium: Wissen im Inhaltsbereich Aggregatzustände

Der Leistungstest zum Thema Aggregatzustände umfasste 24 Aufgaben im *Multiple-choice*- oder *Multiple-select*-Format mit jeweils bis zu sechs Einzelantwortalternativen. Der Test enthielt 15 Aufgaben zu einfachem Begriffswissen (z. B. korrekte Verwendung der Begriffe fest, flüssig, gasförmig) und neun Aufgaben zum konzeptuellen Wissen, in welchen wissenschaftlich akzeptable Erklärungen für Verdunstungs- und Kondensationsphänomene angenommen und Erklärungen, die gängige, nicht belastbare Schülervorstellungen enthielten, abgelehnt werden mussten. Die Reliabilität (Cronbachs α) lag in der Prämessung bei 0,67 und in der Postmessung bei 0,79. Da anzunehmen ist, dass fachdidaktisches Wissen der Lehrkräfte insbesondere mit der Entwicklung anspruchsvolleren konzeptuellen Wissens und nicht unbedingt mit der Entwicklung rein begrifflichen Wissens zusammenhängt, wurden zu explorativen Zwecken aus den o. g. Aufgabentypen Subscores im Nachtest berechnet (Begriffliches Wissen: Cronbachs $\alpha = 0,61$; Konzeptuelles Wissen: Cronbachs $\alpha = 0,78$).

4.3 Nichtleistungsbezogene Zielkriterien

Situatives Interesse am Unterricht, individuelles Interesse, Kompetenzerleben und Selbstwirksamkeitserwartungen wurden in Anlehnung an Blumberg (2008) mit jeweils einer Fragebogenskala erfasst. Bei den beiden Interessenskonstrukten wurde theoretisch zwischen einem stärker dispositionalen, individuellen Interesse an physikalischen Sachverhalten (im Folgenden kurz: Sachinteresse) und situationalem Interesse am physikbezogenen Sachunterricht (im Folgenden kurz: Fachinteresse) unterschieden (Krapp 2002). Die Items beider Skalen bezogen sich auf affektive, kognitive und wertbezogene Aspekte von Interesse. Im Bereich der selbstbezogenen Variablen wurde ebenfalls zwischen einem eher situativen Kompetenzerleben im Unterricht selbst und Selbstwirksamkeitserwartungen in Hinsicht auf das zukünftige erfolgreiche Ausführen von Tätigkeiten im Zusammenhang mit den unterrichteten Themen unterschieden. Das Fachinteresse und auch das Kompetenzerleben im Unterricht wurden retrospektiv erfasst. Tabelle 1 zeigt Kennwerte der Skalen und jeweils ein Beispielitem. Eine Interkorrelationsmatrix der Zielkriterien ist im Anhang beigefügt.

Zur Erfassung des Fachinteresses, des Kompetenzerlebens und der Selbstwirksamkeitserwartungen wurden die Lernenden in der Prämessung an die letzten beiden physikbezogenen Themen im Sachunterricht erinnert. Die Schüler sollten bewerten, inwieweit die vorgegebenen Aussagen auf diesen Unterricht bzw. diese Themen zutreffen. Bei der Postmessung sollten die Lernenden hingegen an die zurückliegende Unterrichtsreihe zum Thema Aggregatzustände denken. Zur Erfassung des Sachinteresses an Physik wurden den Schülern sowohl bei der Prä- als auch bei der Postmessung drei prototypische physikbezogene Themen genannt, die bereits in der Grundschule unterrichtet werden: Magnetismus, Schall und Licht. Mit Beispielen wurde erläutert, mit welchen Fragen sich diese Themen beschäftigen. Im Fall des Fachinteresses, des Kompetenzerlebens und der Selbstwirksamkeitserwartungen handelte es sich also nicht um klassische Messwiederholungen, da die Schüler in der Prä- und der Postmessung an unterschiedliche Unterrichtsthemen denken sollten.

Tab. 1: Erfassung von Fachinteresse, Sachinteresse, Kompetenzerleben und Selbstwirksamkeitserwartungen

Skala	Beispiel-Item	Items	M (prä/post)	SD (prä/post)	α (prä/post)
Fachinteresse	Bei dem Unterricht war ich oft sehr neugierig darauf, was wir in der nächsten Stunde machen.	6	3,25/3,14	0,61/0,83	0,79/0,89
Sachinteresse	Mich mit diesen Themen zu beschäftigen, macht mir viel Freude.	5	2,73/2,60	0,75/0,89	0,81/0,86
Kompetenzerleben	In dem Unterricht habe ich sehr viel verstanden.	4	3,39/3,38	0,48/0,71	0,63/0,87
Selbstwirksamkeitserwartungen	Ich traue mir jetzt zu, schwierige Fragen zu diesen Themen zu beantworten.	5	3,07/2,60	0,63/0,89	0,79/0,89

Das Antwortformat ist eine 4-stufige Likert-Skala (1–4)

4.4 Datenanalyse und Kontrollvariablen

Um die geschachtelte Struktur der Daten, in der Schüler in Klassen zusammengefasst sind, zu berücksichtigen, wurden Mehrebenen-Regressionsmodelle spezifiziert, in denen die jeweiligen Zielkriterien (Wissen im Inhaltsbereich Aggregatzustände, Fach- und Sachinteresse, Kompetenzerleben und Selbstwirksamkeitserwartung) durch das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte vorhergesagt werden. Für alle Modelle wurde a priori ein Set an potenziellen Einflussfaktoren als Kontrollvariablen ausgewählt, welche die Zielkriterien beeinflussen und Zusammenhänge zwischen fachdidaktischem Wissen und den Zielkriterien verdecken können. Die Kontrollvariablen auf Individual- und Klassenebene werden im folgenden Abschnitt beschrieben. Für die Analysen wurden im Programm Mplus 5.21 (Muthén und Muthén 1998–2009) Zwei-Ebenen-Modelle spezifiziert, in denen die Klassenmittelwerte der abhängigen Variablen (Zielkriterien) als abhängige Variablen auf Aggregatebene fungieren und hier durch das fachdidaktische Wissen sowie Kontrollvariablen auf Klassenebene vorhergesagt wurden (sog. *random intercept-models*; Raudenbush und Bryk 2002). Fehlende Werte wurden mithilfe des in Mplus implementierten Full Information Maximum Likelihood-Algorithmus behandelt, welcher die Modellparameter unter Nutzung sämtlicher beobachteter Werte berechnet (Lüdtke et al. 2007).

Kontrollvariablen auf Individualebene. Um den Einfluss des bereichsspezifischen Vorwissens bzw. der motivationalen und selbstbezogenen Voraussetzungen der Lernenden kontrollieren zu können, wurden das mithilfe der oben skizzierten Instrumente vor dem Unterricht erfasste Wissen über Aggregatzustände, das Sach- und Fachinteresse sowie die selbstbezogenen Variablen in den jeweiligen Modellen als Prädiktoren aufgenommen.

Die kognitive Grundfähigkeit wurde über zwei Subskalen des CFT 20-R (Teil 1, Reihen fortsetzen und Topologien) erfasst. Der in diesen beiden Skalen erreichte Gesamt-

score (26 Items, Cronbachs $\alpha=0,65$) wurde in das Analysemodell aufgenommen (Weiß 2005).

Der sozioökonomische Status wurde über den International Socio-Economic Index (ISEI) operationalisiert. Dazu wurden die ausgeübten Berufe der im Haushalt lebenden Erziehungsberechtigten (über einen Elternfragebogen) offen erfasst und anhand der International Standard Classification of Occupations (ISCO) kodiert (Ganzeboom und Treiman 2003). Zur Bestimmung eines Scores für den einzelnen Schüler wurden die ISEI-Scores der im Haushalt lebenden Erziehungsberechtigten aufsummiert. Ferner wurde die Muttersprache (im Elternfragebogen erfasst; 1=Deutsch als Muttersprache; 0=mind. eine andere Muttersprache) und das Geschlecht (0=Mädchen, 1=Jungen) der Kinder kontrolliert.

Kontrollvariablen auf Klassenebene. Auf Ebene der Klasse wurde die für das Unterrichtsthema Aggregatzustände und ihre Übergänge verwendete „tatsächliche Unterrichtszeit“ (Helmke 2009, S. 80) über die Lehrkräfte erhoben und kontrolliert. Wegen der großen Bedeutung der Klassenführung für die leistungsbezogene (Einsiedler 1997; Seidel und Shavelson 2007; Wang et al. 1993) und die motivationale Zielerreichung (Kunter und Voss 2011) können Effekte der Klassenführung mögliche Effekte des fachdidaktischen Wissens auf die multiplen Ziele seitens der Schüler stören und überlagern. Die Effizienz der Klassenführung wurde aus Schülerperspektive in den Bereichen Disziplin, Regelklarheit und Störungsprävention erhoben und als Gesamtskala (17 Items; Cronbachs $\alpha=0,79$; ICC(1)=0,24; ICC(2)=0,87) in das Analysemodell aufgenommen. Dort wurde sie als manifester Prädiktor auf Individualebene und als latenter Prädiktor (der interessierende Kontexteffekt) auf Klassenebene modelliert (Lüdtke et al. 2008). Wegen der unklaren Befundlage zur Relevanz der Berufserfahrung von Lehrkräften für die Erreichung multipler Ziele aufseiten der Schüler (Lipowsky 2006), wurde auch die Berufserfahrung im Sachunterricht in Dienstjahren als Kontrollvariable auf der Klassenebene berücksichtigt.

5 Ergebnisse

5.1 Varianz in den Zielkriterien zwischen den Klassen

Um den Anteil der zwischen den beteiligten Klassen liegenden Varianz in den Zielvariablen zu beschreiben, wurde in einem ersten Schritt die Intraklassenkorrelation (ICC) für die einzelnen Variablen berechnet. Obwohl in allen untersuchten Variablen der größte Anteil der Varianz zwischen den Lernenden innerhalb einer Klasse liegt, bestehen systematische Unterschiede zwischen den Klassen. Beim Gesamttest zum Wissen über Aggregatzustände lag 21 % der Gesamtvarianz zwischen den Klassen, beim Subtest zum konzeptuellen Wissen 19 %, beim Subtest zum begrifflichen Wissen und beim Fachinteresse jeweils 17 %, beim Sachinteresse 16 %, beim Kompetenzerleben 13 % und bei den Selbstwirksamkeitserwartungen 9 %. Wurden in die Modelle die Kontrollvariablen auf Individualebene aufgenommen (Modelle 1b–7b), verringerte sich die Varianz zwischen den Klassen beim Gesamttest zum Wissen über Aggregatzustände und beim Subtest zum konzeptuellen Wissen auf 14 %, beim Subtest zum begrifflichen Wissen auf 12 %, beim Fachinteresse auf 11 %, beim Sachinteresse auf 6 %, beim Kompetenzerleben auf 11 %

und bei den Selbstwirksamkeitserwartungen auf 6 %. Im Folgenden wurde nun geprüft, inwieweit diese Varianz zwischen Klassen unter Berücksichtigung von weiteren Kontrollvariablen auf der Klassenebene durch das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte aufgeklärt werden konnte.

5.2 Zusammenhang zwischen fachdidaktischem Wissen und Zielkriterien

Ergebnisse der Mehrebenenanalysen sind in Tab. 2 zusammengefasst. Für kontinuierliche Prädiktoren werden standardisierte und für dichotome Prädiktoren unstandardisierte Regressionskoeffizienten berichtet.

In Bezug auf das leistungsbezogene Zielkriterium Wissen über Aggregatzustände (Modell 1a) zeigte sich, dass das bereichsspezifische Vorwissen der Schüler sowie die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten die maßgeblichen Prädiktoren auf der Ebene der Individualmerkmale waren. Auf Klassenebene erwies sich das erfasste fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte unter Kontrolle der Unterrichtsdauer, der Klassenführung und der Lehrerfahrung als ein bedeutsamer und statistisch signifikanter Prädiktor für das Wissen über Aggregatzustände im Nachttest (Modell 1b). Insgesamt wurden durch die Variablen auf der Aggregatebene etwa 37 % der zwischen den Klassen liegenden Varianz in der Nachtstleistung (bei Kontrolle der Variablen auf Individualebene) aufgeklärt ($R^2_{\text{Aggregatebene}} = 0,37$). Da dieser Anteil aufgeklärter Varianz noch nichts über den spezifischen Effekt des fachdidaktischen Wissens aussagte, wurde zusätzlich ein Referenzmodell berechnet, das sämtliche Kontrollvariablen enthielt, nicht aber das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte. Der durch das fachdidaktische Wissen spezifisch aufgeklärte Varianzanteil wurde berechnet, indem der Anteil aufgeklärter Varianz auf Aggregatebene des Modells mit eingefügtem fachdidaktischen Wissen vom Anteil aufgeklärter Varianz auf Aggregatebene des jeweiligen Referenzmodells abgezogen wurde. Es zeigte sich, dass das fachdidaktische Wissen 13 % der zwischen den Klassen liegenden Varianz unter Kontrolle der Individualmerkmale aufklärte.

Die explorative Betrachtung der beiden Subscores zum begrifflichen und zum konzeptuellen Wissen zeigte, dass fachdidaktisches Wissen wie angenommen nur mit der Entwicklung konzeptuellen Wissens signifikant zusammenhing, nicht aber mit der Entwicklung rein begrifflichen Wissens (Modelle 2b und 3b).

Bei den Modellen mit motivationalen und selbstbezogenen Zielkriterien erwiesen sich auf der Individualebene das vor der Unterrichtseinheit erhobene Fachinteresse, Sachinteresse und Kompetenzerleben bzw. die vor der Einheit erfassten Selbstwirksamkeitserwartungen als substanzielle Prädiktoren der jeweiligen im Nachttest erhobenen Zielkriterien (Modelle 4a–7a). Beim Fachinteresse ($\beta = -0,06$) und beim Kompetenzerleben ($\beta = -0,09$) zeigten sich kleine, aber signifikante Effekte zugunsten der Mädchen. Auf Aggregatebene ließ sich bezüglich des fachdidaktischen Wissens ein differenziertes Bild feststellen (Modelle 4b–7b): Das fachdidaktische Wissen war unter Kontrolle der Unterrichtsdauer, der Klassenführung und der Lehrerfahrung für das Fachinteresse und das Kompetenzerleben ein positiver Prädiktor, der 7 % bzw. 6 % der zwischen den Klassen liegenden Varianz im jeweiligen Zielkriterium (unter Kontrolle von Individualmerkmalen) aufklärte. Beim Sachinteresse und bei den Selbstwirksamkeitserwartungen fanden sich zwar ebenfalls positive Korrelationskoeffizienten, die aber nicht statistisch signifikant waren.

Tab. 2: Befunde (Regressionskoeffizienten) aus Mehrebenenanalysen zur Vorhersage der multiplen Zielvariablen

	Modell 1		Modell 2		Modell 3		Modell 4		Modell 5		Modell 6		Modell 7	
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b	7a	7b
Wissen über Aggregatzustände			Konzeptuelles Wissen		Begriffliches Wissen		Fachinteresse		Sachinteresse		Kompetenz-erleben		Selbstwirksamkeitserwartungen	
<i>Individualebene</i>														
Leistung/Interesse/emf. Kompetenz/Selbstwirksamkeit	0,52	0,52	0,41	0,41	0,48	0,48	0,43	0,39	0,52	0,49	0,34	0,30	0,46	0,43
Kognitive Fähigkeiten	0,14	0,14	0,08	0,08	0,16	0,15	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,04	0,05	0,05
Muttersprache	0,04	0,04	0,02	0,02	0,06	0,06	-0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,03	-0,03	0,01	0,01
Sozioökonomischer Hintergrund (ISEI)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,05	-0,05	0,03	0,03
Geschlecht	-0,03	-0,03	-0,01	-0,01	-0,04	-0,03	-0,06	-0,06	-0,05	-0,04	-0,09	-0,07	-0,05	-0,03
R ² _{Aggregatenebene}	0,29	0,30	0,18	0,18	0,26	0,26	0,19	0,19	0,28	0,26	0,13	0,16	0,22	0,21
<i>Klassenebene</i>														
Fachdidaktisches Wissen	0,24	0,24	0,27	0,27	0,18	0,18	0,28	0,28	0,17	0,17	0,26	0,26	0,11	0,11
Unterrichtsdauer	0,33	0,33	0,26	0,26	0,35	0,35	-0,10	-0,10	-0,19	-0,19	-0,21	-0,21	-0,27	-0,27
Klassenführung	0,32	0,32	0,22	0,22	0,37	0,37	0,45	0,45	0,66	0,66	0,60	0,60	0,56	0,56

Tab. 2: (Fortsetzung)

	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5	Modell 6	Modell 7						
1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b	7a	7b
Wissen über Aggregatzustände		Konzeptuelles Wissen		Begriffliches Wissen		Fachinteresse		Sachinteresse		Kompetenz-erleben		Selbstwirksamkeitserwartungen	
Lehrerfahrung	0,31	0,39	0,20	-0,11	0,04	-0,10							
$R^2_{\text{Aggregatzebene}}$	0,37 (0,24)	0,34 (0,19)	0,33 (0,25)	0,30 (0,23)	0,50 (0,46)	0,48 (0,42)	0,39 (0,38)						

Modell a: Individualmodell, b: Modell mit Variablen auf der Klassenebene; R^2 : Durch alle Prädiktoren auf dem jeweiligen Level aufgeklärte Varianz der abhängigen Variablen; in Klammern: durch ein Referenzmodell ohne das fachdidaktische Wissen aufgeklärter Anteil der zwischen den Klassen liegenden Varianz. Fettdruckte Koeffizienten sind signifikant ($p < 0,05$). Wegen der geringen Reliabilität der Subscores für das vor dem Unterricht erfasste begriffliche und konzeptuelle Wissen wurde in den Modellen 2 und 3 der Gesamtscore zum Wissen über Aggregatzustände (vor dem Unterricht erfasst) als Kovariate eingefügt

6 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde zunächst der Frage nachgegangen, ob das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens in der Grundschule im Zusammenhang mit fachspezifischen Lernleistungen der Schüler steht. Unsere Studie bestätigt die theoretisch postulierte Bedeutung dieses Wissens für die Erreichung von leistungsbezogenen Zielkriterien aufseiten der Lernenden und steht in Übereinstimmung mit den Befunden aus dem Bereich der Mathematik. Der zusätzliche Erkenntnisgewinn ist in der Übertragung der Ergebnisse auf den Bereich der Naturwissenschaften zu sehen. Hier lagen bisher unterschiedliche Konzeptionen und Instrumente zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens vor, jedoch wurde bislang keine Verbindung zu Schülerleistungen geprüft. Ausgehend von der Annahme, dass fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften einen stärkeren Einfluss auf die Entwicklung konzeptuellen Wissens als auf die Entwicklung rein begrifflichen Wissens seitens der Lernenden hat, wurden explorativ zwei entsprechende Subskalen des Tests zum Wissen über Aggregatzustände betrachtet. Statistisch bedeutsame Effekte des fachdidaktischen Wissens zeigten sich hierbei nur in Bezug auf die Nachttestleistung im anspruchsvolleren konzeptuellen Wissen, nicht aber hinsichtlich des begrifflichen Wissens der Schüler. Es ist aber zu beachten, dass die statistische Power der Analyse mit 60 Klassen eher gering ist.

In einem zweiten Schritt wurde der Frage nach dem Einfluss des fachdidaktischen Wissens auf das Erreichen nichtleistungsbezogener Zielkriterien nachgegangen. Hier zeigte sich, dass Schüler bei Lehrpersonen mit höherem fachdidaktischen Wissen nach Abschluss der untersuchten Unterrichtsreihe signifikant höhere Werte im Fachinteresse und Kompetenzerleben aufwiesen. Beim Sachinteresse und bei den Selbstwirksamkeitserwartungen fanden sich hingegen keine statistisch bedeutsamen Zusammenhänge. Dies könnte u. a. darin begründet liegen, dass individuelles Interesse und Selbstwirksamkeitserwartungen eher dispositionale und zeitstabile Merkmale darstellen, wohingegen Fachinteresse und Kompetenzerleben eher situatives Erleben repräsentieren. Auch ist wiederum die eher geringe Power der Analysen zu beachten.

Da man davon ausgeht, dass sich unter bestimmten Voraussetzungen aus dem situationalen Fachinteresse ein dauerhaftes persönliches Sachinteresse entwickeln kann (Krapp und Prenzel 2011, S. 34), ist es theoretisch möglich, dass sich der positive Effekt des fachdidaktischen Wissens in einer längerfristigen Perspektive auch auf die Entwicklung eines Sachinteresses auswirken könnte. Weil für diese Entwicklung insbesondere das Kompetenzerleben der Lernenden als eine wichtige Voraussetzung angesehen wird (Krapp 2002), könnte der gefundene Effekt des fachdidaktischen Wissens der Lehrkräfte auf das Kompetenzerleben zu einer positiven Interessensentwicklung beitragen. Der Frage, ob das Kompetenzerleben im frühen naturwissenschaftlichen Unterricht die Entwicklung des Sachinteresses im Bereich der Naturwissenschaften langfristig moderiert, soll in einer längsschnittlichen Erweiterung der PLUS-Studie nachgegangen werden.

Insgesamt kann man festhalten, dass das fachdidaktische Wissen erwartungskonform auf den leistungsbezogenen Zielbereich, insbesondere den Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses, wirkt, zusätzlich aber auch situatives Interesse am Unterricht und Kompetenzerleben fördert, also Einflüsse auf den motivationalen und selbstbezogenen Zielbereich zeigt. In der Diskussion um das Erreichen von multidimensionalen Zielkriterien

im (Sach-)Unterricht stehen die Ergebnisse somit in Übereinstimmung mit bestehenden Befunden der Unterrichtsforschung, die zeigen, dass leistungsbezogene und nichtleistungsbezogene Zielsetzungen beim schulischen Lernen simultan erreicht werden können (Blumberg et al. 2004; Gruehn 1995; Kunter 2005; Weinert und Helmke 1996).

Im Vergleich zu den Studien aus dem Bereich der Mathematik erweist sich der in dieser Studie gefundene Effekt des fachdidaktischen Wissens auf die Lernleistung als relativ klein. Dies könnte in Unterschieden des jeweils betrachteten Unterrichtszeitraumes, aber auch in den unterschiedlichen Domänen begründet liegen. Um eine gute inhaltliche Passung zwischen den Instrumenten für fachdidaktisches Wissen und den Zielkriterien sowie dem von den Lehrkräften durchgeführten Unterricht zu erreichen und damit eine Erhöhung der Validität des Designs zu ermöglichen (Messick 1995), wurde in dieser Studie nur eine Unterrichtsreihe als „Treatment“ fokussiert. Die Dauer dieses Treatments betrug durchschnittlich nur sieben Unterrichtsstunden. Sowohl bei Hill et al. (2005) als auch bei Baumert et al. (2010) wurde ein deutlich längerer Unterrichtszeitraum (ein Schuljahr) fokussiert. Möglicherweise wären die Effekte der vorliegenden Studie ebenfalls größer ausgefallen, wenn Lernprozesse über ein ganzes Schuljahr betrachtet worden wären. Die Frage, ob domänenspezifische Unterschiede in der Größe des Effekts des fachdidaktischen Wissens auf die Zielerreichung der Schüler bestehen, ist also weiter als offen anzusehen. Ebenso offen ist die Frage nach der Generalisierbarkeit der Befunde auf andere Inhaltsbereiche des naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts und die entscheidende Frage nach den im Unterricht stattfindenden Mediationsprozessen, die in der vorliegenden Untersuchung ausgeblendet wurden. Mit Baumert et al. (2010) und Kunter und Voss (2011) ist anzunehmen, dass die hier berichteten Effekte über die Inszenierung kognitiv aktivierender und konstruktiv unterstützender Lernumgebungen vermittelt werden. Die Untersuchung dieser Mediationsprozesse im Unterricht sehen wir als interessante Erweiterung der vorliegenden Studie an.

Eine weitere Einschränkung der Generalisierbarkeit der Befunde wurde bei einem Vergleich der untersuchten Lehrkräfte mit einer weiteren, repräsentativeren Stichprobe nordrhein-westfälischer Grundschullehrkräfte deutlich. Hier zeigte sich, dass es sich bei der in dieser Studie zugrunde gelegten Stichprobe in Bezug auf motivationale und selbstbezogene Voraussetzungen der Lehrkräfte um eine positiv selektierte Stichprobe handelt.

Betrachtet man die Ergebnisse abschließend, so unterstreichen sie dennoch die Bedeutung des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften für den fachbezogenen Lernerfolg seitens der Schüler. Zudem geben sie weitere Hinweise darauf, dass auch die Entwicklung nichtleistungsbezogener Zielvariablen durch das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte unterstützt wird. Die Befunde legen nahe, das fachdidaktische Wissen von Grundschullehrkräften als wichtigen Zielbereich der Fortbildung dieser Lehrkräfte anzusehen. Erste Studien deuten an, dass Fortbildungen, die das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften verbessern, Wirkungen bis auf die Ebene der Zielerreichung bei Schülern zeigen (z. B. Carpenter et al. 1989). Für künftige Forschung sollte neben der weiteren Absicherung der Bedeutung des fachdidaktischen Wissens für die Zielerreichung seitens der Lernenden auch der Frage, wie der Aufbau fachdidaktischen Wissens bei Grundschullehrkräften unterstützt werden kann, nachgegangen werden. Da die vorliegende Untersuchung mit dem Fokus auf das fachdidaktische Wissen von Lehrkräften nur einen Teilbereich des

Professionswissens von Lehrkräften untersucht, scheint die Betrachtung weiterer Facetten des Professionswissens (Fachwissen, pädagogisches Wissen) und die Untersuchung des Zusammenwirkens dieser Variablen in Hinsicht auf die Erreichung von multiplen Zielen im Sachunterricht als notwendige Weiterführung dieser Studie.

Anhang

Interkorrelationen der Zielkriterien

		1	2	3	4	5	6	7
1	Wissen Aggregatzustände	–	0,87	0,89	0,07	0,09	0,08	0,16
2	Konzeptuelles Wissen			0,54	0,05	0,09	0,05	0,11
3	Begriffliches Wissen				0,07	0,07	0,09	0,16
4	Fachinteresse					0,60	0,73	0,53
5	Sachinteresse						0,51	0,55
6	Kompetenzerleben							0,57
7	Selbstwirksam- keitserwartungen							–

Bei den berichteten Korrelationen handelt es sich um manifeste Korrelationen. Fettgedruckte Koeffizienten sind signifikant ($p < 0,05$)

Literatur

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 1105–1149). Mahwah: Erlbaum.

Appleton, K. (2006). Science pedagogical content knowledge and elementary school teachers. In K. Appleton (Hrsg.), *Elementary science teacher education: International perspectives on contemporary issues and practice* (S. 31–54). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9, 469–520.

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., et al. (2010). Teachers’ mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47, 133–180.

Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (2011). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Unterricht und die mathematische Kompetenz von Schülerinnen und Schülern (COACTIV) – Ein Forschungsprogramm. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogrammes COACTIV* (S. 7–25). Münster: Waxmann.

- Blömeke, S., Seeber, S., Lehmann, R., Kaiser, G., Schwarz, B., Felbrich, A., et al. (2008). Messung des fachbezogenen Wissens angehender Mathematiklehrkräfte. In S. Blömeke, G. Kaiser, & R. Lehmann (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer: Wissen Überzeugungen und Lerngelegenheiten deutscher Mathematikstudierende und -referendare. Erste Ergebnisse zur Wirksamkeit der Lehrerausbildung* (S. 49–88). Münster: Waxmann.
- Blumberg, E. (2008). *Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule. Eine Studie zum Einfluss von Strukturierung in schülerorientierten Lehr-Lernumgebungen auf das Erreichen kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen*. Diss. Universität Münster. http://miami.uni-muenster.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-4830/diss_blumberg.pdf. Zugegriffen: 3. Feb. 2012.
- Blumberg, E., Möller, K., & Hardy, I. (2004). Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit von der Leistungsstärke? In W. Bos, E.-M. Lankes, N. Plafmeier, & K. Schwippert (Hrsg.), *Heterogenität – Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung* (S. 41–55). Münster: Waxmann.
- Borko, H., & Putnam, R. T. (1996). Learning to teach. In D. C. Berliner & R. C. Calfee (Hrsg.), *Handbook of educational psychology* (S. 673–708). Washington: MacMillan.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Psychologie des Unterrichts und der Schule* (3. Aufl., S. 177–212). Göttingen: Hogrefe.
- Carpenter, T. P., Fennema, E., Peterson, P. L., Chiang, C.-P., & Loef, M. (1989). Using knowledge of children's mathematics thinking in classroom teaching: An experimental study. *American Educational Research Journal*, 26, 499–531.
- Druva, C. A., & Anderson, R. D. (1983). Science teacher characteristics by teacher behavior and by student outcome: A meta-analysis of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 467–479.
- Duit, R., Niedderer, H., & Schecker, H. (2007). Teaching physics. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 599–629). Mahwah: Erlbaum.
- Duit, R. (1997). Alltagsvorstellungen und Konzeptwechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht – Forschungsstand und Perspektiven für den Sachunterricht der Primarstufe. In W. Köhnllein, B. Marquard-Mau, & H. Schreier (Hrsg.), *Kinder auf dem Wege zum Verstehen der Welt* (S. 233–246). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Einsiedler, W. (1997). Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung: Literaturüberblick. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 225–241). Weinheim: Beltz.
- Einsiedler, W. (2003). Unterricht in der Grundschule. In K. Cortina, J. Baumert, A. Leschinsky, K. U. Mayer, & L. Trommer (Hrsg.), *Das Bildungswesen in der Bundesrepublik Deutschland* (S. 285–341). Reinbek: Rowohlt.
- Ganzeboom, H. B., & Treiman, D. J. (2003). Three internationally standardised measures for comparative research on occupational status. In J. H. P. Hoffmeyer-Zlotnik & C. Wolf (Hrsg.), *Advances in cross-national comparison. A European working book for demographic and socio-economic variables* (S. 159–193). New York: Kluwer.
- GDSU. (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Gruehn, S. (1995). Vereinbarkeit kognitiver und nichtkognitiver Ziele im Unterricht. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41, 531–553.
- 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, 307–326.

- Harlen, W. (1998). Teaching for understanding in pre-secondary science. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Hrsg.), *International handbook of science education. Part one* (Bd. 2, S. 183–197). Dordrecht: Kluwer.
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Henze, I., van Driel, J. H., & Verloop, N. (2008). Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education, 30*, 1321–1342.
- Hidi, S., & Harackiewicz, J. M. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research, 70*, 151–179.
- Hill, H. C., Schilling, S. G., & Ball, D. L. (2004). Developing measures of teachers' mathematics knowledge for teaching. *The Elementary School Journal, 105*, 11–30.
- Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. L. (2005). **Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement.** *American Educational Research Journal, 42*, 371–406.
- Jones, A., & Moreland, J. (2004). Enhancing practicing primary school teachers' pedagogical content knowledge in technology. *International Journal of Technology & Design Education, 14*, 121–140.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction, 12*, 383–409.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education, 33*, 27–50.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., et al. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology, 100*, 716–725.
- Kunter, M. (2005). *Multiple Ziele im Mathematikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Kunter, M., & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Lange, K. (2010). *Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschülerinnen und -schülern*. Diss. Universität Münster. http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=1011948885&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=1011948885.pdf. Zugegriffen: 6. Jan. 2012.
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an: Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. *Zeitschrift für Pädagogik, 51*, 47–65.
- Loughran, J., Mulhall, P., & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching, 41*, 370–391.
- Lüdtke, O., Marsh, H. W., Robitzsch, A., Trautwein, U., Asparouhov, T., & Muthén, B. (2008). The multilevel latent covariate model: A new, more reliable approach to group-level effects in contextual studies. *Psychological Methods, 13*, 203–229.
- Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U., & Köller, O. (2007). Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung. *Psychologische Rundschau, 58*(2), 103–117.
- 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 (Hrsg.), *Examining pedagogical content knowledge* (Bd. 6, S. 95–132). Dordrecht: Kluwer.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist, 50*, 741–749.

- Möller, K. (2001). Wissenserwerb und Wissensqualität im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht. In J. Kahlert & E. Inckemann (Hrsg.), *Wissen, Können und Verstehen – über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht* (S. 115–126). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merckens (Hrsg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen* (S. 65–84). Opladen: Leske + Budrich.
- Möller, K., Kleickmann, T., & Sodian, B. (2011). Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In W. Einsiedler, M. Götz, A. Hartinger, F. Heinzel, J. Kahlert, & U. Sandfuchs (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (3. vollst. überarb. Aufl., S. 509–517). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Monk, D. H. (1994). Subject area preparation of secondary mathematics and science teachers and student achievement. *Economics of Education Review*, *13*, 125–145.
- Munby, H., Russell, T., & Martin, A. K. (2001). Teachers' knowledge and how it develops. In V. Richardson (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (S. 877–904). Washington: American Educational Research Association.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998–2009). *Mplus statistical analysis with latent variables: User's guide* (5. Aufl.). Los Angeles: Muthén & Muthén.
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, *38*, 261–284.
- Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *Journal of the Learning Sciences*, *13*, 423–451.
- Phelps, G., & Schilling, S. G. (2004). Developing measures of content knowledge for teaching reading. *The Elementary School Journal*, *105*, 31–48.
- 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*, 211–227.
- Prenzel, M., Geiser, H., Langeheine, R., & Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther, & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 143–188). Münster: Waxmann.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models. Application and data analysis methods* (2. Aufl.). Thousand Oaks: Sage.
- Riese, J., & Reinhold, P. (2008). Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Messung professioneller Handlungskompetenz bei (angehenden) Physiklehrkräften. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, *1*, 625–640.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. *Zeitschrift für Pädagogik*, *44*, 28–53.
- Scott, P. H., Asoko, H., & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Hrsg.), *Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop in Bremen* (Bd. 131, S. 310–329). Kiel: IPN.
- Seidel, T., & Shavelson, R. J. (2007). Teaching effectiveness research in the past decade: The role of theory and research design in disentangling meta-analysis results. *Review of Educational Research*, *77*, 454–499.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4–14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1–22.

- van den Akker, J. (1998). The science curriculum: Between ideals and outcomes. In B. Fraser & K. G. Tobin (Hrsg.), *International handbook of science education* (S. 421–447). Dordrecht: Kluwer.
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 673–695.
- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, 11, 381–419.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Hrsg.), *Handbook of research on science teaching and learning* (S. 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, 249–294.
- Weinert, F. E., & Helmke, A. (1996). Der gute Lehrer: Person, Funktion oder Fiktion? In A. Leschinsky (Hrsg.), *Die Institutionalisierung von Lehren und Lernen. Beiträge zu einer Theorie der Schule* (S. 223–233). Weinheim: Beltz.
- Weiß, R. (2005). *CFT 20-R. Grundintelligenztest Skala 2. Revision*. Göttingen: Hogrefe.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe.
- 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.