

ANNIKA OHLE, HANS ERNST FISCHER UND ALEXANDER KAUERTZ

Der Einfluss des physikalischen Fachwissens von Primarstufenlehrkräften auf Unterrichtsgestaltung und Schülerleistung

Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement

ZUSAMMENFASSUNG

Beim Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe wurde in verschiedenen Untersuchungen ein Rückgang der Leistungen von Schülerinnen und Schülern (SuS) im physikbezogenen Sachunterricht bzw. Physikunterricht gefunden. Die Ursachen sind unklar, es spricht aber viel dafür, dass neben entwicklungsbedingten Gründen auch Änderungen in Struktur, Bewertungskriterien, Zielen und Rahmenbedingungen von Unterricht eine Rolle spielen. Die hier vorgestellte Studie fußt auf dem Angebots- Nutzungsmodell von Helmke (2003) und untersucht auf Lehrerseite das Fachwissen (CK) und dessen Auswirkungen auf die Lehr- Lernprozesse in $n = 30$ vierten Grundschulklassen. Bezogen auf das Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ wurde zum einen ein Instrument zur Messung der Schülerleistung und zum anderen ein Lehrertest zur Erfassung des CKs entwickelt. Der Unterricht dieser Lehrkräfte wurde im Hinblick auf die Sachstruktur und die Sequenzierung von Lernprozessen mittels Videoanalyse untersucht. Die Sequenzierung, die das Einhalten Lehrzielspezifischer Schrittfolgen im Unterricht fordert (Oser & Baeriswyl, 2001) ist neben dem Lehrer- CK ein positiver Prädiktor für Schülerleistung.

Schlüsselwörter: Lehrerfachwissen, Videoanalyse, Schülerleistung, Grundschule, Sequenzierung von Lernprozessen

ABSTRACT

During the transition from elementary- to secondary school several studies revealed a decrease of students' achievement in science classes. Besides psychological reasons and the change of assessment criteria there are indications that characteristics of teaching processes and framework conditions impact students' learning and are therefore also responsible for this decrease. In the study presented here analyses of teachers' professional knowledge and its impact on teaching and students' outcomes. Therefore a specific school physics content "states of matter and phase transitions" has been analysed and test items have been developed for assessing primary school teachers' content knowledge (CK) on this topic. Teachers' lessons have been videotaped and analysed according to the content structure and sequencing of learning processes, operationalized by Oser's theory of choreographies of teaching, which claims that certain steps have to be taken in a lesson for achieving certain learning goals. Multilevel analyses reveal that teachers'

CK, which is moderated by the sequencing of learning processes, has a significant positive influence on students' outcomes.

Keywords: teachers content knowledge, video analysis, students achievement, primary education, sequencing of learning processes

1 Theoretischer Hintergrund

1.1 Begründung der Studie

Motivationale und leistungsbezogene Unterschiede zwischen Schülerinnen und Schülern der Primar- und Sekundarstufe sind inzwischen vielfach bestätigt. Lagen die Leistungen deutscher Sekundarstufenschüler im Bereich Naturwissenschaften in der PISA Studie 2000 deutlich unter dem internationalen Mittelwert (Artelt et al., 2001), ergab sich in der Grundschule ein anderes Bild. In der TIMS 2007 Studie erreichten deutsche Grundschüler signifikant bessere Leistungen als der internationale Durchschnitt (Bos et al., 2008). Mit PISA 2006 konnten deutsche Sekundarstufenschüler das Ergebnis im internationalen Vergleich zwar verbessern, doch gab es gerade im Bereich der Hauptschule einen großen Anteil, der sich auf oder sogar unter der ersten Kompetenzstufe befand (Prenzel et al., 2007).

Für die Grundschule ergab sich im Unterschied zur Sekundarstufe zudem ein homogeneres Leistungsbild, die Leistungsstreuung war im Vergleich zu anderen Staaten gering. Diese Homogenität zeigte sich in allen naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen und im Bereich der kognitiven Ak-

tivitäten *reproduzieren* und *anwenden* und beim *Problemlösen*. In der Grundschule gelingt es offensichtlich vielen Schülern ein breites naturwissenschaftliches Wissen zu erwerben, das mit unterschiedlichen kognitiven Anforderungen verknüpft werden kann (Bos et al., 2008).

Der naturwissenschaftliche Sachunterricht in der Grundschule ist im Spannungsfeld zwischen den Erfahrungen der Kinder und den „inhaltlichen und methodischen Angeboten der Naturwissenschaften“ zu sehen; er soll dabei Grundlagen für späteres naturwissenschaftliches Lernen legen (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU], 2002). Es gibt Hinweise darauf, dass dieser Übergang zwischen den Schulformen von vielen Schülern als Bruch in der schulischen Ausbildung wahrgenommen wird (Koch, 2001; Tytler, 2007).

Die hier vorgestellte Studie ist in das Projekt „Professionswissen von Lehrkräften, naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung seitens der Schüler im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe“ (PLUS) eingebettet. Ziel des PLUS-Projektes ist es, diesen Übergang am Beispiel des naturwissenschaftlichen Lernens zu untersuchen, um Hinweise auf Unterschiede bei der Unterrichtsgestaltung

und ihrer Wahrnehmung durch Schüler zu gewinnen. Der Fokus der hier dargestellten Studie liegt dabei auf dem Professionswissen von Lehrkräften und dessen Auswirkungen auf die Qualität von Unterricht und Schülerleistung. Es ist anzunehmen, dass das Fachwissen der Lehrkräfte keinen direkten Einfluss auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler hat, sondern moderiert über die Qualität des Unterrichts wirkt. In der auf den Mathematikunterricht bezogenen Studie „Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung mathematischer Kompetenz“ (COACTIV) wurde ebenfalls ein über die kognitive Aktivierung mediierter Einfluss von fachdidaktischem Lehrerwissen auf Schülerleistung festgestellt, wobei kognitive Aktivierung über die Analyse des eingesetzten Unterrichtsmaterials erfasst wurde. In der hier vorgestellten Studie wird Unterrichtsqualität mittels Videographie erfasst und analysiert und über die Aspekte der inhaltlichen Sachstruktur im Unterricht und die Sequenzierung von Lernprozessen operationalisiert (siehe Abbildung 1).

Dem angenommenen Moderationszusammenhang zwischen Lehrerfachwissen auf der einen und Schülerleistung auf der an-

deren Seite liegt das Angebots- Nutzungsmodell von Helmke (2003) zugrunde. Demzufolge stellen die Lehrkräfte, die durch individuelle Merkmale wie Professionswissen, Motivation und Ausbildungshintergrund charakterisiert werden, Lernangebote zur Verfügung. Diese Angebote wiederum werden von den Schülern, die ebenfalls persönliche Voraussetzungen wie beispielsweise Vorwissen und Motivation mit in den Klassenraum bringen, in individueller Weise wahrgenommen und genutzt (Fischer, Borowski, Kauertz & Neumann, 2010). Aus diesem komplexen Wirkzusammenhang wurden einzelne Untersuchungsbereiche in der hier vorgestellten Studie herausgegriffen: das Professionswissen der Lehrkräfte, die Qualität der Lernangebote und die resultierende Schülerleistung. Diese Bereiche werden im Folgenden näher beschrieben und auf der theoretischen Basis werden Fragestellungen und Hypothesen abgeleitet.

1.2 Lehrerfachwissen

Den meisten Studien zum Professionswissen von Lehrkräften liegt die Definition Shulmans (1986) zugrunde. Demzufolge

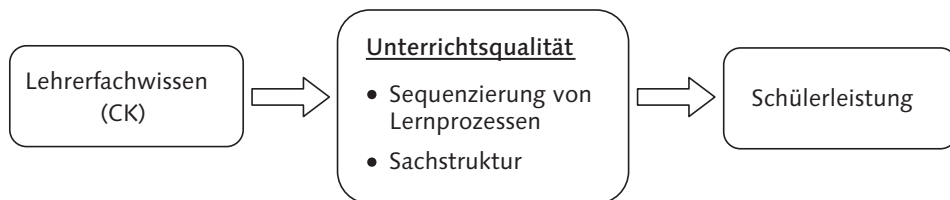


Abb. 1: Grundannahme der Studie.

kann das Professionswissen in insgesamt sieben Facetten unterteilt werden, von denen drei für das Lehrerhandeln im Unterricht besonders relevant sind (Bromme, 1997): das pädagogische Wissen (PK), das fachdidaktische Wissen (PCK) und das fachspezifische Wissen (CK). Von 1986 bis heute sind außerdem viele Teilaspekte der anderen Facetten in die drei letztgenannten integriert worden. Das CK umfasst das Wissen über die inhaltliche Struktur sowie über Konzepte eines Faches und geht über reines Faktenwissen hinaus. Das fachdidaktische Wissen (PCK), das bisher nicht einheitlich konzeptualisiert werden konnte, umfasst u.a. das Wissen über Curricula, Bedeutungen verständnisvollen Lernens, instruktionale Hilfen und über die Bewertung des Lernens (van Driel, Verloop & de Vos, 1998; Lange, 2010; Fischer, Borowski & Tepner, 2011). Die Ergebnisse der COACTIV-Studie können dahingehend interpretiert werden, dass das Fachwissen von Lehrkräften eine notwendige Voraussetzung für die Entwicklung fachdidaktischen Wissens ist (Baumert et al., 2010). Es ist davon auszugehen, dass das Fachwissen hauptsächlich im Studium erworben wird. Um das Fachwissen von Grundschullehrkräften – gerade im Vergleich zu Lehrkräften der Sekundarstufe – einordnen zu können, wird im Folgenden kurz die universitäre Ausbildung der teilnehmenden Lehrkräfte umrissen.

Ausbildung der Primarstufenlehrkräfte

Die Lehrkräfte, die an der hier präsentierten Studie teilgenommen haben, haben

in Nordrhein Westfalen nach der Studienordnung von 1981 studiert. Die Regelstudienzeit für dieses Studium betrug sechs Semester für das Grundschullehramt und acht Semester für das Lehramt der Sekundarstufe. Die wesentlich geringere Ausbildungszeit kann sicher als Grund dafür angesehen werden, dass Lehrkräfte in der Primarstufe über ein weniger elaboriertes physikalisches Wissen verfügen als Sekundarstufenlehrkräfte (Draxler, 2007; Landesregierung Nordrhein Westfalen, 1981). Auch nach Riese und Reinhold (2009) hängt die Ausbildung des Fachwissens stark mit der Anzahl an Kontaktstunden mit Fachinhalten im Studium der Lehrkraft zusammen. Neben der geringeren Gesamtdauer des Studiums teilte sich das hier relevante Studium zum Grundschullehramt auf drei Unterrichtsfächer und die Bildungswissenschaften auf. Von den insgesamt 120 Semesterwochenstunden (SWS) entfallen 30 SWS auf das Studium der Bildungswissenschaften und 45 SWS auf das Schwerpunktfach bzw. den Lernbereich (LB) Sachunterricht.

Die Lehrkräfte hatten außerdem die Möglichkeit in ihrem Sachunterrichtsstudium zwischen einem gesellschaftswissenschaftlichen und einem naturwissenschaftlichen Schwerpunkt zu wählen, wobei der naturwissenschaftliche Schwerpunkt sich noch einmal auf die Fächer Physik, Chemie, Biologie und Geographie aufteilte, von denen ein Fach im Hauptstudium als Schwerpunkt mit den meisten Semesterwochenstunden studiert werden musste. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ausbildung der Primarstufenlehrkräfte sehr breit angelegt war und nur geringe

Zeitanteile auf die einzelnen Fächer entfielen (Landesregierung Nordrhein Westfalen, 1981).

Die Vermutung liegt nahe, dass das Fachwissen der Grundschullehrkräfte durch die geringen physikalischen Studienanteile geringer ausgeprägt ist als das der Sekundarstufenlehrerinnen und -lehrer.

Lehrerfachwissen und Schülerleistung

Die Befundlage darüber, welche Auswirkungen ein geringes Fachwissen auf Unterricht und Schülerleistung hat, ist bislang dünn und nicht konsistent (Abell, 2007; Lipowsky, 2006). Bisherige Studien fokussieren zum einen meist auf die Sekundarstufe I und zum anderen häufig nicht auf naturwissenschaftliche Fächer. In der Studie von Monk & King (1994) wurde das Fachwissen amerikanischer Highschool- Lehrkräfte über Selbstauskünfte der Lehrkräfte bezüglich der inhaltlichen Stundenvorbereitung erhoben und es zeigten sich positive Effekte auf Schülerleistung für Mathematik; für das Fach Physik konnte generell kein positiver Einfluss gezeigt werden. Darüber hinaus konnten Hill, Rowan und Ball (2005) zeigen, dass das fachdidaktische Wissen sowie das Fachwissen von Lehrkräften einen positiven Einfluss auf die Mathematikleistungen von Schülerinnen und Schülern der dritten Klasse haben. Auf Basis dieser Ergebnisse und der Definition des Professionswissens von Shulman schlagen Ball et al. (2008) drei Kategorien des Lehrerfachwissens vor, die für die erfolgreiche Vermittlung mathematischer Inhalte nötig sind:

- 1) Das allgemeine Fachwissen (Common Content Knowledge – CCK), welches mathematisches Allgemeinwissen umfasst,
- 2) das spezielle Fachwissen (Specialized Content Knowledge – SCK), das für das Unterrichten von Mathematik nötig ist und über das allgemeine Fachwissen hinaus geht und
- 3) das horizontale mathematische Fachwissen (Horizon Content Knowledge – HCK), das das Wissen um die Zusammenhänge und curriculare Verknüpfung mathematischer Inhalte beschreibt.

Es kann angenommen werden, dass zur Initiierung erfolgreicher Lehr- und Lernprozesse in der Grundschule ein gewisses Maß an fachlichem Wissen bei der Lehrkraft vorhanden sein muss. Die Erfassung dieses fachlichen Wissens von Grundschullehrkräften, bezogen auf das Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser“, ist ein Teilziel der hier vorgestellten Studie. Dieses Thema wurde in der PLUS Studie gewählt, da es Teil des Sachunterrichts- wie auch Physiklehrplans der Sekundarstufe I ist. Die oben genannten Kategorien des Fachwissens wurden für die hier vorgestellte Studie nicht analog übernommen. Der Test zur Erfassung des Lehrerwissens fragt auf Komplexitätsniveaus von Fakt bis Konzept (vgl. HCK) Inhalte aus Grundschule, Sekundarstufe und Universität (vergleichbar mit SCK) ab.

1.3 Unterrichtsqualität

Entscheidend für eine optimale Nutzung der Lernangebote ist dabei die Qualität des Unterrichts, die durch verschiedene Kriterien beschrieben werden kann. Studien zum Zusammenhang von Unterrichtsqualitätsmerkmalen und Schülerleistung haben gezeigt, dass neben eher allgemeinpädagogischen Aspekten, wie Klassenführung, angemessener Methodenwahl und Bereitstellung aktiver Lernzeit, auch fachdidaktische Kriterien eine wichtige Rolle spielen. Darunter ist zum Beispiel eine an das Vorwissen der Schüler angepasste Sachstruktur im Unterricht zu verstehen oder eine angemessene Sequenzierung der Lernprozesse, orientiert am jeweiligen Lernziel der Unterrichtsstunde (Helmke, 2003; Good, 1979; Oser & Baeriswyl, 2001). Die Ergebnisse der Münchner SCHOLASTIK Studie unterstützen dabei die Annahme, dass sich eine gute Strukturierung des Unterrichts in der Grundschule positiv auf die Leistungen von Schülerinnen und Schülern auswirkt (Weinert & Helmke, 1997).

Die hier vorgestellte Studie ist Teil des PLUS Projekts, in dem Unterrichtsqualitätsmerkmale mittels Videographie erfasst werden, die für spätere Analysen genutzt werden können. Bevor die beiden Aspekte „Sequenzierung von Lernprozessen“ und „Sachstruktur“ als Komponenten von Unterrichtsqualität näher erläutert werden, soll das zugrunde liegende Modell des PLUS Projektes skizziert werden, um daran die Operationalisierung von Unterrichtsqualität zu verdeutlichen und die Ziele der hier vor-

gestellten Studie in einen Gesamtzusammenhang einzubetten.

Unterrichtsqualität im PLUS Projekt

Im PLUS Projekt werden Lehrer-, Schüler- und Unterrichtsmerkmale erfasst und Zusammenhänge analysiert. Die Beschreibung des Unterrichts erfolgt zum einen auf der Oberflächenebene. Hier werden zum Beispiel die Dauer des Unterrichts oder Experimentalphasen, die Sozialformen oder die Bereitstellung von Lerngelegenheiten erfasst („Basiskodierung“ in Abbildung 2). Als Merkmale für die Tiefenstruktur werden zugrundeliegende Lernziele, inhaltliche Sachstruktur, Sequenzierung von Lernprozessen und Klassenführung analysiert. Abbildung 2 verdeutlicht die angenommenen Wirkungszusammenhänge der einzelnen Variablen und sie gibt einen Überblick über die im PLUS Projekt erhobenen Daten.

Es wird angenommen, dass Lehrercharakteristika, wie beispielsweise das Professionswissen, keinen direkten Einfluss auf die Zielkriterien der Schülerseite haben, sondern, dass sie durch die Gestaltung und die Nutzung der unterrichtlichen Lernangebote wirken. Es werden vorrangig zwei Aspekte der Unterrichtsqualität analysiert, von denen angenommen wird, dass sie sich positiv auf die Leistungen von Schülerinnen und Schülern auswirken, und die im Folgenden beschrieben werden.

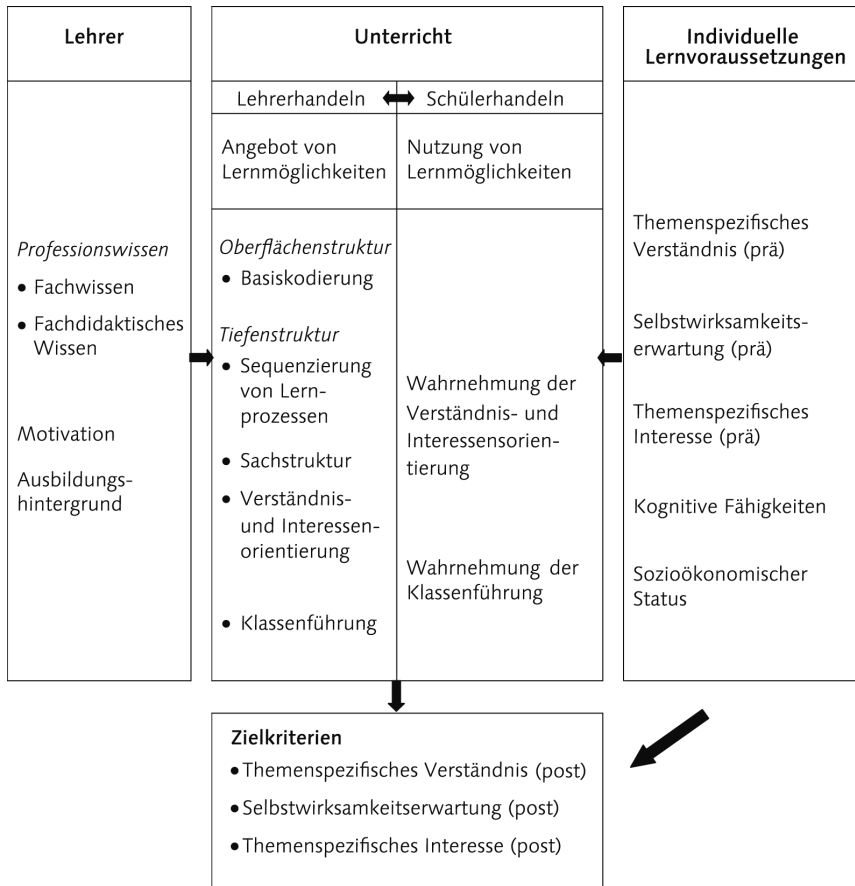


Abb. 2: Modell des PLUS- Projekts.

Sequenzierung von Lernprozessen

Eine Möglichkeit, die Sequenzierung von Lernprozessen zu beschreiben ist die Theorie der Basismodelle (Oser & Baeriswyl, 2001). Insgesamt werden dort 14 Basismodelle genannt, die jeweils Lehrziele von Unterricht beschreiben.

Um ein solches Lehrziel zu erreichen, muss eine Reihe bestimmter Handlungskettenschritte innerhalb einer Unterrichtsstunde durchlaufen werden. Dabei ist es wichtig, dass die Reihenfolge dieser Schritte eingehalten

und keiner der Schritte ausgelassen wird. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht haben sich drei Basismodelle als besonders relevant erwiesen (Reyer, Trendel & Fischer 2004): Lernen durch Eigenerfahrung, Problemlösen und Konzeptbildung. Im Physikunterricht der Sekundarstufe I können über 90 % der Unterrichtszeit durch diese drei Basismodelle beschrieben werden (Trendel, Wackermann & Fischer, 2007). Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Basismodelle und die dazu gehörigen Handlungskettenschritte:

Schritt Basis- modell	Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3	Schritt 4	Schritt 5
Lernen durch Eigen- erfahrung	Handlungsplanung	Durchführung der Handlung	Erste Reflexion der Handlung	Generalisierung des Ergebnisses	Übertragung des Ergebnisses
Problem- lösen	Erkennen des Problems	Formulierung der Problemstellung	Entwicklung von inhaltlichen Hypothesen	Hypothesen- testung	Evaluation des Lösungsweges
Konzept- bildung	Aktivierung des Vorwissens	Einführung des neuen Konzepts	Beschreiben der wesentlichen Merkmale des neuen Konzepts	Anwendung des Konzepts	Verknüpfung mit anderen Konzepten, Übertragung in andere Kontexte

Abb. 3: Übersicht Basismodelle.

Es wird angenommen, dass das unterrichtliche Handeln der Lehrkräfte durch diese Basismodelle und ihre Handlungskettenschritte umfassend beschrieben werden kann (Fischer, et al., 2003). Bisher ist jedoch die Wirksamkeit der Basismodelle im Hinblick auf Schülerleistung noch nicht empirisch belegt. Wir wollen dazu erste Hinweise liefern und den Einfluss eines basismodellkonformen Unterrichts auf den Lernerfolg untersuchen.

Dabei ist zu beachten, dass die teilnehmenden Lehrkräfte keine Fortbildung zu basismodellorientiertem Unterricht erhalten haben, und somit nur die intuitive und zufällige Umsetzung dieser Sequenzierung erfasst werden kann. Ob das Fachwissen der Lehrkräfte diese intuitive Sequenzierung beeinflusst, ist eine weitere Fragestellung des Projektes.

Da die höheren Handlungskettenschritte jedes Basismodells eine Reflexion und Anwendung von Wissen erfordern, wird angenommen, dass gerade diese Schritte ein tiefes Fachwissen erfordern und somit ein

positiver Zusammenhang zwischen Fachwissen und basismodellkonformer Lernprozesssequenzierung besteht.

Sachstruktur

Als weiterer Aspekt von Unterrichtsqualität wird die inhaltliche Sachstruktur des Unterrichts analysiert. Good (1979) beschreibt das Thematisieren eines weiten inhaltlichen Feldes als Merkmal effektiver Lehrkräfte, was sowohl hohe kognitive Fähigkeiten der Schüler als auch ein hohes Fachwissen der Lehrkraft erfordert. Die Sachstruktur im Unterricht ist dabei von der wissenschaftlichen Sachstruktur zu unterscheiden, da Aspekte der wissenschaftlichen Sachstruktur von der Lehrkraft ausgewählt werden und im Unterricht miteinander in Verbindung gesetzt werden. Mit anderen Worten, die Sachstruktur des Unterrichts beschreibt die Auswahl und Verknüpfung der durch den Lehrplan vorgegebenen Inhalte (Wüsten

et al., 2010). In der hier vorgestellten Studie wird daher zunächst analysiert, welche Aspekte der wissenschaftlichen Sachstruktur im Unterricht thematisiert werden, um darauf aufbauend unterschiedliche Typen von unterrichtlichen Sachstrukturen zu identifizieren. In den später beschriebenen Analysen bezieht sich der Begriff „Sachstruktur“ auf die unterrichtliche Sachstruktur. Eine Beschreibung dieses Vorgehens erfolgt im Abschnitt über die eingesetzten Methoden.

1.4 Schülerleistung

Der Erfolg von Unterricht wird meist an den Leistungen der Schülerinnen und Schüler gemessen. Eine besondere Herausforderung für den Unterricht in der Grundschule sind die unterschiedlichen Vorerfahrungen und Konzepte, die Schüler mitbringen. Diese Präkonzepte sind oft nicht belastbar; sie sollten daher in wissenschaftlich adäquate und tragbare Konzepte überführt werden (Jonen, Möller & Hardy, 2003, Stern, 2002). Ob dies durch eine angemessene Sequenzierung von Lernprozessen, sowie eine elaborierte Sachstruktur im Unterricht gelingen kann, und welchen Einfluss das Fachwissen der Lehrkraft in diesem Zusammenhang spielt, ist die Hauptfragestellung der hier vorgestellten Untersuchung.

2 Ziele und Hypothesen

Im Sachunterricht werden naturwissenschaftliche Inhalte fächerübergreifend

unterrichtet. Die hier vorgestellte Studie fokussiert dabei auf die physikalischen Anteile, zu denen das in der PLUS Studie vorgegebene Thema des Unterrichts „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ zählt. In diesem Themenbereich soll der Wirkzusammenhang zwischen Lehrerfachwissen bezüglich dieses Themas, der Unterrichtsqualität und Schülerleistung beschrieben werden (vgl. Abbildung 1).

Die übergeordnete Fragestellung des Projekts lautet: wie wirkt sich das physikalische Fachwissen von Grundschullehrkräften auf die Unterrichtsqualität und die resultierende Schülerleistung aus? Unterrichtsqualität wird dabei über die inhaltliche Sachstruktur des Unterrichts und die Sequenzierung von Lernprozessen operationalisiert.

Die COACTIV Studie konnte zeigen, dass das Fachwissen lediglich ein schwacher Prädiktor für Schülerleistung ist (Baumert et al., 2010). Es wird deswegen angenommen, dass das Fachwissen der Lehrkräfte die Schülerleistung positiv beeinflusst, dass dieser Einfluss jedoch über Faktoren der Unterrichtsqualität moderiert wird.

Des Weiteren soll das Fachwissen der Lehrkräfte und deren Unterricht beschrieben werden. Für den Bereich des Fachwissens soll die Frage beantwortet werden, wie hoch das Fachwissen der Grundschullehrkräfte zum Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ im Hinblick auf Fakten-, Zusammenhangs- und Konzeptwissen ist. Da davon auszugehen ist, dass das physikalische Fachwissen bei Grundschullehrkräften eher gering ist (Draxler, 2007), sollen auch Zusammenhänge zur Ausbildung der Lehrkräfte aufgeklärt werden.

Das Fachwissen wird dabei mit einem Test erhoben, der Items unterschiedlicher Komplexität und Inhaltsniveaus umfasst. Es wird angenommen, dass sich das Fachwissen durch die Komplexität und das Inhaltsniveau von Testaufgaben beschreiben lässt.

Im Lehrerfragebogen zum Ausbildungshintergrund werden Aspekte wie Studienschwerpunkt und Teilnahme an Fortbildungen sowie Lehrerfahrung erfasst, von denen angenommen wird, dass sie die Ausprägung des Fachwissens beeinflussen. Im Rahmen der COACTIV Studie konnte für den Mathematikunterricht der Sekundarstufe I gezeigt werden, dass Lehrkräfte neigungsabhängig an Fortbildungen teilnehmen. Es nehmen eher die Lehrpersonen an fachlichen Fortbildungen teil, die über ein höheres Fachwissen verfügen (Richter, 2011). Demnach wäre kein Zusammenhang zwischen Fachwissen und Teilnahme an Fortbildungen zu erwarten. Im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts ist dieser Zusammenhang bisher nicht untersucht worden. Für die Ausbildung von Physiklehrkräften in der Sekundarstufe konnte jedoch gezeigt werden, dass die Ausprägung des Fachwissens mit der Anzahl an Kontaktstunden mit dem Fach im Studium korreliert (Riese & Reinhold, 2009). Durch die Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten im Rahmen von Fortbildungen wird ein Zusammenhang zwischen Fortbildungsteilnahme und Fachwissen der Lehrkräfte erwartet. Diese Annahme ist kritisch zu betrachten, da die Möglichkeit besteht, dass gerade motivierte Lehrkräfte mit

hohem Fachwissen Fortbildungsangebote nutzen.

Welche Konsequenzen ein unter Umständen gering ausgeprägtes Fachwissen auf die Gestaltung des Unterrichts hat, soll ebenfalls untersucht werden. Wie bereits im Modell des PLUS Projektes (Abbildung 2) dargestellt, lässt sich die Qualität von Unterricht anhand verschiedener Kriterien messen. Ganz allgemein sind grundlegende Prinzipien wie das Bereitstellen adäquaten Lernmaterials, Time on Task und ein der Lerngruppe angemessenes Lerntempo zu nennen (u. a. Carroll, 1989; Helmke, 2003). Darüber hinaus weist Carroll (1989) auf die Bedeutung der Sequenzierung von Unterricht und deren Transparenz im Stundenverlauf hin. Er betont, dass den Schülern der Handlungsplan und dessen Ziele klar sein müssen, um erfolgreiche Lernprozesse zu durchlaufen. Es liegen bisher allerdings noch keine Studien zur Lernwirksamkeit eines basismodellorientierten Unterrichts in der Grundschule vor. Die oben beschriebenen Basismodelle (Oser & Baeriswyl, 2001) sind eine Möglichkeit Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern zu strukturieren. Sie können als lernprozessspezifische Ausdifferenzierung des Unterrichtsmusters aus Aktivierungs-, Erarbeitungs- und Reflexionsphase gesehen werden. Daher wird angenommen, dass auch Lehrkräfte, die kein Unterrichtstraining zu den Basismodellen erhalten haben, intuitiv ähnliche Sequenzierungsmuster im Unterricht zeigen. Schülerinnen und Schüler aus Klassen mit basismodellkonformer Unterrichtssequenzierung sollten der Theo-

rie zufolge höhere Leistungen erzielen als Schüler aus Klassen mit eher unstrukturiertem Unterricht.

Als weiteres Qualitätsmerkmal wird die Sachstruktur des Unterrichts untersucht. Dabei wird erfasst, welche und wie viele Aspekte des Themas „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ im Unterricht thematisiert werden, ob auf grundlegende physikalische Basiskonzepte eingegangen wird, ob und welche Übergangsprozesse diskutiert werden und ob Einflussfaktoren dieser Prozesse angesprochen werden. Die Annahme ist, dass eine umfangreiche Sachstruktur, in der endo- sowie exotherme Aggregatzustandsübergänge thematisiert werden und auch physikalische Basiskonzepte, wie beispielsweise Energie, zur Erklärung solcher Übergänge herangezogen werden, einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler hat.

3 Design und Methoden

Die Erhebung der Daten folgte dem prä-post-Design des PLUS-Projekts. Es wurden Lehrercharakteristika wie das Professionswissen zum Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge“, motivationale Einstellungen, sowie Ausbildungshintergrund erhoben. Im Hinblick auf den Unterricht wurden die Lehrkräfte gebeten, eine sechsstündige Unterrichtseinheit zu dem o.g. Thema eigenständig zu planen und durchzuführen. Jeweils die erste Doppelstunde der Einheit wurde videographiert und der Wissenszuwachs der Schüler wurde mit

einem Test vor und nach dieser Einheit erhoben.

Insgesamt wurden die Daten an vier Testtagen im prä-post Design erfasst. Die Schülerfragebögen zur Wahrnehmung des bisherigen Sachunterrichts wurden am ersten Testtag von der Lehrkraft durchgeführt. Am zweiten Testtag wurde das Wissen der Schülerinnen und Schüler zum Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ durch das Projektteam erhoben. Der dritte Testtag bestand aus der Einführungsstunde in das Thema, die gefilmt wurde. Insgesamt haben an der PLUS Studie $n = 110$ Lehrkräfte mit Ihren Klassen teilgenommen, aus zeitökonomischen Gründen wurde jeweils nur die Einführungsstunde in die Unterrichtseinheit gefilmt, um den Unterricht der Lehrkräfte möglichst gut vergleichen zu können. In einem Unterrichtstagebuch haben die Lehrkräfte die Ziele und Inhalte der nicht gefilmten Unterrichtsstunden dokumentiert. Für die relevanten Fragestellungen der Untersuchung konnten diese Informationen jedoch nicht genutzt werden, da diese zu wenig detailliert waren um eine Analyse der Unterrichtsstunden durchzuführen. Die unten dargestellten Ergebnisse beziehen sich daher auf die Analyse der Unterrichtsvideos. Abbildung 4 verdeutlicht den Ablauf der Erhebung:

Erhebung vor der Unterrichtseinheit	Unterrichtseinheit "Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser"			Erhebung nach der Unterrichtseinheit
	Video	Unterrichtstagebuch	Unterrichtstagebuch	
Schülertest zum themenspezifischen Wissen (Prä)	1. Doppelstunde	2. Doppelstunde	3. Doppelstunde	Schülertest zum themenspezifischen Wissen (Post)
Lehrerfragebögen zum Ausbildungshintergrund und Motivation	Schülerfragebögen zur Wahrnehmung der videografierten Stunde			Lehrertest zum Professionswissen (CK und PCK)
Schülerfragebögen zur Unterrichtswahrnehmung des bisherigen Unterrichts, kognitiven Fähigkeiten, sozioökonomischem Hintergrund	Die Unterrichtseinheit „Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser“ wurde von n= 58 Grundschullehrkräften sowie n= 52 Lehrkräften aus Hauptschule und Gymnasium unterrichtet. Insgesamt haben etwa 3000 Schülerinnen und Schüler an der Studie teilgenommen.			Schülerfragebögen zur Wahrnehmung der abgeschlossenen Unterrichtseinheit

Abb. 4: Design des PLUS Projekts.

Die hier vorgestellte Studie fokussiert auf die Daten der Grundschule. Am PLUS-Projekt haben insgesamt $n = 58$ Primarstufenlehrkräfte (84.5 % weiblich) aus Nordrhein Westfalen mit ihren Klassen teilgenommen, wobei 50 % der Stichprobe aus einer eher ländlichen Umgebung im Raum Münster stammen und die andere Hälfte aus dem städtischen Ruhrgebiet. Das mittlere Alter der Lehrkräfte lag bei 43.6 Jahren ($SD\ 11.8$) mit einer mittleren Lehrerfahrung von 17.06 Jahren ($SD\ 12.5$).

Bis auf zwei haben alle Lehrkräfte das Lehramt für Primarstufe studiert, davon 65.5 % das Fach Sachunterricht. Die Hälfte aller Lehrkräfte hatte sich für den Schwerpunkt Naturwissenschaften entschieden, wobei jedoch die meisten Lehrkräfte das Fach Biologie als Schwerpunktfach studiert haben. In der gesamten Stichprobe haben lediglich zwei Lehrkräfte das Fach Physik als Schwerpunktfach gewählt.

Der Lehrertest

Der Lehrertest besteht aus insgesamt 42 Multiple Choice Items im true-false Format. Diese Items wurden auf Grundlage eines zweidimensionalen Modells entwickelt. Die Dimensionen dienen der Aufgabenentwicklung, die das Konstrukt „Fachwissen zum Thema Aggregatzustände“ erfassen sollen, und werden als schwierigkeiterzeugend angenommen. Die Dimension Komplexität beschreibt die Struktur der Items und geht auf das Komplexitätsmodell von Kauertz (2007) zurück, das insgesamt sechs Komplexitätsniveaus unterscheidet. Ein Zusammenhang zwischen Komplexität und Aufgabenschwierigkeit konnte dort gezeigt werden, Aufgaben zu „ein Fakt“ unterscheiden sich dabei in ihrer Schwierigkeit signifikant von Aufgaben der anderen Komplexitätsniveaus und signifikante Unterschiede ($p < 0.5$) zeigten sich zwischen den Niveaus „ein Zusammenhang“

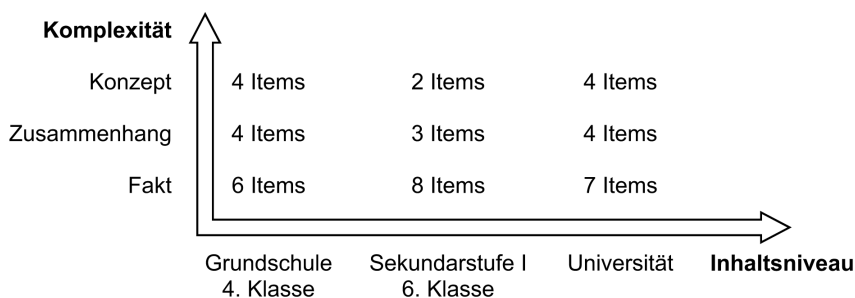


Abb. 5: Modell des CK-Lehrertests.

und „mehrere Zusammenhänge“ (Fischer, Kauertz & Neumann, 2008). Da nicht zwischen allen Niveaus die erwarteten Unterschiede gefunden wurden, wurde das Modell in der hier vorgestellten Studie auf die drei Niveaus Fakt, Zusammenhang und Konzept reduziert. Eine weitere Ausdifferenzierung der Komplexität nach Kauertz (2007) war wegen der geringen Anzahl der Aufgaben pro Zelle nicht möglich. Auf dem niedrigsten Komplexitätsniveau fragen Items nach einzelnen Fakten, wie zum Beispiel nach Fachbegriffen oder feststehenden Ausdrücken. Auf dem Niveau der Komplexität wird zur Lösung der Items Wissen über Zusammenhänge von Fakten, Begründungen, Anhängigkeiten etc. verlangt. Auf dem höchsten Komplexitätsniveau fragen die Items nach übergeordneten physikalischen Konzepten, wie zum Beispiel nach Erhaltung und Umwandlung von Energie. Die zweite Dimension des Modells beschreibt das Wissen in Bezug auf die Herkunft der Items. Es wird unterschieden zwischen Aspekten des Themas „Aggregatzustände und ihre Übergänge“,

wie sie im Unterricht der vierten Klassen in der Grundschule, der Sekundarstufe I und der gymnasialen Oberstufe bzw. der Universität thematisiert werden. Um die curriculare Validität dieses Tests zu gewährleisten, wurden zur inhaltlichen Gestaltung die Kapitel zum Thema des Tests von insgesamt elf Schulbüchern aus der Grundschule ($n=5$), unteren Sekundarstufe ($n=3$) und Büchern auf Universitätsniveau ($n=3$) analysiert. Studien haben darüber hinaus gezeigt, dass Lehrkräfte häufig Schulbücher zur Unterrichtsvorbereitung nutzen (Heran-Dörr, 2006), somit ist der Test über die curriculare Validität hinaus, inhaltlich möglichst nah am Unterricht der Lehrkräfte. Ausschlaggebend für die Auswahl der Schulbuchtexte waren deren fachliche Korrektheit und der Umfang in dem das Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ behandelt wurde. Die Inhalte der Bücher wurden in Concept Maps überführt (Härtig, 2010) um zentrale Inhalte der einzelnen Niveaustufen zu identifizieren. Für jedes Inhaltsniveau wurden anschließend Items für die Zellen des Mo-

Wie nennt man den Übergang vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand?

Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile richtig oder falsch an.

	Richtig	Falsch
kondensieren	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
verdampfen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
schmelzen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
erstarren	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
verdunsten	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Abb. 6: Itembeispiel CK-Lehrertest.

dells (siehe Abbildung 6) entwickelt. Die Items wurden anschließend von n=6 Experten dem Modell zugeordnet. Für die Dimension Komplexität wurde eine Interraterübereinstimmung von $.61 < \kappa < .93$ erzielt und für die Inhaltsniveaus lag Cohens Kappa bei $.57 < \kappa < .89$. Beide Dimensionen des Tests wurden als schwierigkeits-erzeugend angenommen. Ein Beispielitem aus der Zelle Fakt – Grundschule soll die Struktur der Aufgaben veranschaulichen (siehe Abbildung 6).

Zur Überprüfung der Testgütekriterien wurde eine Raschanalyse durchgeführt, wobei alle 42 Items zum eindimensionalen Raschmodell passen ($-1.0 < T < +1.0$; $0.83 < MNSQ < 1.16$). Dieses Resultat zeigt, dass dem Test ein Konstrukt zugrunde liegt, dass also die Beantwortung der Fragen nicht von mehreren Faktoren abhängt. Die EAP/PV Reliabilität, vergleichbar mit dem klassischen Cronbachs Alpha, liegt zufriedenstellend bei .825.

Zur externen Validierung wurden die Testergebnisse des Fachwissenstests mit denen des fachspezifisch- pädagogischen Tests korreliert, der ebenfalls im PLUS Projekt eingesetzt wurde (Lange, 2010). Bezugnehmend auf die Ergebnisse der COACTIV Studie, in der diese beiden Domänen des Professionswissens mit $r = .81$, $p < .05$ korrelieren (Brunner et al., 2006, p. 70, Baumert et al., 20010) und Riese & Reinhold (2010), die über eine Korrelation von $r = .21$ ($p < .01$) berichten, konnte auch in der hier vorgestellten Studie eine mittlere, manifeste Korrelation gezeigt werden $r = .40$ ($p < .01$). Darüber hinaus zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen Fachwissen und Selbstwirksamkeitserwartungen bezüglich des Unterrichtens physikalischer Inhalte ($r = .385$, $p < 0.5$). Ähnliche positive Effekte zeigten sich in der Evaluationsstudie des australischen Primary Connections Projektes, in dem Grundschullehrkräfte in ihrem pro-

fessionellen Wissen gefördert wurden und Auswirkungen auf Selbstwirksamkeit untersucht wurden (Hackling, 2006).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der in unserer Untersuchung eingesetzte Fachwissenstest die erforderlichen Testgütekriterien erfüllt (Dawson-Tunik, 2007; Bühner, 2006) und die Daten somit in vollem Umfang für weitere Analysen genutzt werden können.

Die Videoanalyse

Die zweite zentrale Datenquelle der hier vorgestellten Studie ist die Analyse der Unterrichtsvideos. Diese verfolgt zwei Ziele: (1) die Erfassung der Sequenzierung von Lernprozessen und (2) die Beschreibung der inhaltlichen Sachstruktur der Stunde. Wie oben bereits erläutert, wird angenommen, dass eine umfangreiche Sachstruktur förderlich für Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern ist, dass diese Lernprozesse aber auch angemessen strukturiert sein müssen, um einen Lernerfolg zu erzielen.

Um diese beiden Aspekte von Unterrichtsqualität zu erfassen, wurden $n = 30$ Doppelstunden analysiert, die nach dem Abschneiden der Lehrkräfte im Fachwissenstest mit den höchsten und niedrigsten Scores ausgewählt wurden. Beide Kodierungen werden intervallbasiert in 30-Sekunden Intervallen vorgenommen. Wie bereits in Abschnitt 2 des Artikels skizziert, wurde die Sequenzierung von Lernprozessen anhand der Oserschen Basismodelle erfasst. Das Kodiermanual wurde aus einer früheren Studie (Wackermann, 2007)

für den naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht adaptiert. Die Definition der Handlungskettenschritte sowie deren Anzahl sind identisch zu dem ursprünglichen Manual von Wackermann. Die Indikatoren für die Kodierer wurden an den Unterricht in der Grundschule angepasst. Die Reliabilität wurde mittels Doppelkodierung von 10 % der Videos von zwei unabhängigen Kodierern sichergestellt. Dazu wurde neben dem Autor eine studentische Hilfskraft anhand von Videos einer früheren Studie zum Thema „Aggregatzustände“ trainiert. Innerhalb eines 30 Sekunden Intervalls müssen die Kodierer entscheiden, welches der drei Basismodelle „Lernen durch Eigenerfahrung“, „Problemlösen“ oder „Konzeptbildung“ vorliegt und darüber hinaus, in welchem Handlungskettenschritt (siehe Abbildung 3) sich die Schüler befinden. Ist es in einem Intervall nicht möglich, die Handlungen einem Basismodell zuzuordnen, so wird „kein Basismodell“ und „kein Handlungskettenschritt“ kodiert.

Für die Variable „Basismodell“ wird Cohens Kappa als Maß der Kodiererübereinstimmung angegeben, da keine Hierarchie unter den Basismodellen vorliegt. Die Handlungskettenschritte weisen dagegen eine ordinale Datenstruktur auf, es muss daher Goodman & Kruskals Gamma als Übereinstimmungsmaß angegeben werden. Für $n = 4$ Videos (664 Intervalle), in denen die Kodiererübereinstimmung berechnet wurde, ergeben sich für die Kodierung der Basismodelle gute bis sehr gute Werte (siehe Abbildung 8), so dass die Kodierung der Sequenzierung von Lernprozessen als reliabel gelten kann (Ein-

Video Nr.	Cohen s Kappa <i>Basismodell</i>	Goodmann & Kruskals Gamma <i>Handlungskettenschritt</i>	Goodmann & Kruskals Gamma Kombination
2	Nicht berechenbar	.944	.898
23	Nicht berechenbar	.864	.795
34	.859	.902	.884
60	.890	.946	.893
Mittel über alle Videos	.869	.902	.867

Abb. 7: Kodiererübereinstimmung für die Analyse der Lernprozessequenzierung.

schätzung nach Wirtz & Casper, 2002). Für die einzelnen Doppelkodierungen sind die Übereinstimmungen in Abbildung 7 tabellarisch aufgeführt.

Für spätere Zusammenhangsanalysen wurde ein Maß für die intuitive Implementierung der Basismodelle entwickelt. Für jedes der dreißig Unterrichtsvideos wurde zunächst das „Hauptbasismodell“ bestimmt, mit dem sich der prozentual höchste Anteil der Unterrichtsstunde beschreiben lässt. Für dieses Basismodell wurden dann insgesamt vier Umsetzkriterien berechnet:

1) Vollständigkeit:

Kommen alle Handlungskettenschritte des Basismodells vor? Fehlende Schritte gehen negativ in die Gesamtwertung ein.

2) Reihenfolge:

Kommen die Handlungskettenschritte in der richtigen Reihenfolge vor? Optimale und reale Reihenfolge werden mit Spearmans Rho verglichen, und beim Gesamtmaß positiv berücksichtigt.

3) Konsistenz:

Gibt es innerhalb einer Stunde viele Wechsel zwischen Basismodellen? Anzahl an Sprüngen zwischen Modellen in einer Stunde gehen negativ ins Gesamtmaß ein.

4) Reflexivität:

Wie umfangreich werden Handlungen und Ergebnisse reflektiert und angewendet? Dieses Maß ist eng an die Vollständigkeit gebunden. Aufgrund des geringen Vorkommens reflexiver Phasen geht der prozentuale Anteil höherer Handlungskettenschritte im Hauptbasismodell positiv in das Gesamtmaß ein.

Um die Eignung dieses Gesamtmaßes zu überprüfen, wurden die 30 Videos auf Basis des Videograph- Kodierprotokolls und auf Basis des Gesamtmaßes in zwei Extremgruppen nach guter bzw. schlechter Lernprozessorientierung eingeteilt. $n = 24$ Videos konnten nach beiden Verfahren in dieselbe Gruppe eingeordnet werden.

Eine detaillierte Beschreibung dieses Vorgehens ist in Ohle (2010) zu finden. Das Gesamtmaß für die Sequenzierung von

Lernprozessen wird in späteren Mehrebenenanalysen als Prädiktor für Schülerleistung verwandt.

Im zweiten Teil der Videoanalyse wird die inhaltliche Sachstruktur der Unterrichtsstunde analysiert. Das Thema der videografierten Stunden ist „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ und Ziel der Sachstrukturanalyse ist es, unterschiedliche Aspekte dieses Themas im Unterricht zu identifizieren und auf dieser Basis Typen von Sachstrukturen zu identifizieren. Die wissenschaftliche Sachstruktur dieses Themas wurde bereits mittels Concept Maps analysiert und für die Erstellung von Lehrertestitems genutzt. In einer Reanalyse der Concept Maps aller elf Schulbücher von Grundschul- bis Universitätsniveaus wurden zentrale Aspekte identifiziert. Die Zentralität eines Fachbegriffs innerhalb einer Map ergibt sich aus der Anzahl ein- und ausgehender Verbindungen, so genannter Relationen. Je häufiger ein Fachbegriff in den Buchtexten vorkommt, desto mehr Propositionen (verbundene Fachbegriffe) mit anderen Fachbegriffen gibt es, desto zentraler ist dieser Begriff folglich für das Thema „Ag-

gregatzustände“. Zentrale Fachbegriffe wurden wiederum zu Inhaltsblöcken zusammengefasst, von denen sechs besonders häufig sowohl in den Concept Maps als auch im Lehrertest vorkamen (siehe Abbildung 8).

Insgesamt decken diese sechs Inhaltsblöcke etwa 48 % aller Propositionen in den Concept Maps auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus ab. Während besonders in Grundschulbüchern Phänomene thematisiert werden, fokussieren Bücher der Sekundarstufe stärker auf die Beschreibung der Prozesse, die beim Aggregatzustandsübergang stattfinden und darauf, welche Faktoren diese Übergänge beeinflussen. Bücher auf Universitätsniveau beleuchten das Thema häufig aus der Perspektive der physikalischen Basiskonzepte. Daraus ergeben sich drei Abstraktionsniveaus, die auch später in der Videoanalyse Aussagen über das Abstraktionsniveau des Unterrichts ermöglichen. Auf Basis dieser sechs Inhaltsblöcke wurden Variablen für die Videokodierung erstellt. Die Reliabilität der Kodierung wurde wieder mit einer Doppelkodierung von $n=3$ Videos (10 % der Videos) überprüft.

	Concept Map (Propositionen)	Test (Items)
1) Energie und Wärme	166 (10.6%)	6 (14.2%)
2 Teilchenmodell	81 (5.2%)	9 (21.4%)
3 Bedingungen von Übergängen	196 (12.6%)	12 (28.5%)
4) Endotherme Übergänge	115 (7.4%)	4 (9.5%)
5) Exotherme Übergänge	62 (3.9%)	3 (7.1%)
6) Wetter und Wasserkreislauf	130 (8.3%)	8 (19.0%)

Abb. 8: Zentrale Inhaltsblöcke des Themas „Aggregatzustände und ihre Übergänge“.


Variable	n=30 Videos (5011 Intervalle)
Basiskonzepte	
Wärme	26.57 %
Teilchenmodell	7.88 %
System	10.41 %
Prozessbeschreibung	
Aggregatzustand „fest“	6.80 %
Aggregatzustand „flüssig“	43.20 %
Aggregatzustand „gasförmig“	3.89 %
Aggregatzustände allgemein	21.82 %
Endotherme Übergänge	34.82 %
Exotherme Übergänge	10.64 %
Übergänge allgemein	17.2 %
Oberfläche /Volumen	9.41 %
Luftzufuhr	21.55 %
Temperatur	43.45 %
Druck	4.13 %
Sonstige Einflussfaktoren	3.76 %

Abb. 9: Variablen für die Kodierung der Sachstruktur im Unterricht.

Abbildung 9 gibt eine Übersicht der Kodiervariablen.

Innerhalb eines 30 Sekunden Intervalls muss der Kodierer entscheiden, welche Kodiervariablen im Intervall vorkommen. Die Einflussfaktoren auf Übergänge wurden dabei dichotom als separate Kodiervariablen kodiert, da davon auszugehen ist, dass in einem Intervall auch mehr als ein Einflussfaktor thematisiert werden kann. Meist sind auch hier die Kodiererübereinstimmungen im guten bis sehr guten Bereich, die Variablen „Fehlvorstellungen“ und „Phänomene“ werden wegen nicht ausreichender Reliabilität bei der weiteren Analyse nicht mehr berücksichtigt. Mög-

liche Erklärungen für die niedrigen Inter-raterübereinstimmungen sind zum einen das fachlich nicht eindeutige Vokabular von Grundschulkindern, was die Abgrenzung zwischen „Fehlkonzepten“ und ungenauer Ausdruckweise erschwert. Zum anderen lag die prozentuale Übereinstimmung der Kodierer bei der Kodiervariablen „Phänomene“ zwar bei 79,6%, für die Qualitätsüberprüfung des Instruments haben sich die Autoren jedoch für das strengere Maß Cohens Kappa entschieden, da hier die überzufällige Übereinstimmung berechnet wird. Auf Basis dieser deskriptiven Sachstrukturanalyse sollen anhand der Häufigkeiten der Kodiervariablen und



Du legst einen Spiegel in den Kühlschrank. Wenn du ihn herausholst, beschlägt er: Kleine Wassertröpfchen haben sich auf ihm abgesetzt.

Woher kommen diese Wassertröpfchen?

Kreuze nach jeder Erklärung richtig oder falsch an!

	Richtig	Falsch
Die Wassertröpfchen kommen von den Sonnenstrahlen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Wassertröpfchen entstehen aus dem Wasser im Kühlschrank.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Wassertröpfchen kommen aus dem Spiegel geschwitzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Wassertröpfchen entstehen aus dem nicht sichtbaren Wasser aus der Luft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Wassertröpfchen entstehen aus dem nicht sichtbaren Sauerstoff aus der Luft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abb. 10: Beispielitem aus dem Schülertest.

ihrer verschiedene unterrichtliche Sachstrukturtypen identifiziert werden.

Der Schülertest

Das dritte Instrument der Studie ist der Test zur Erfassung des Schülerwissens vor und nach der Unterrichtsreihe. Dieser Test wurde gemeinsam mit allen Doktorandinnen im PLUS Projekt entwickelt. Insgesamt beinhaltet der Test 26 Multiple Choice Aufgaben im true-false Format. Er basiert auf dem Conceptual Growth Ansatz (Greeno & van de Sande, 2007), dem zufolge zunächst typische, wissenschaftlich nicht haltbare Konzepte zum Thema

„Aggregatzustände und ihre Übergänge“ aus der fachdidaktischen Literatur gesammelt wurden. Schülerinnen und Schüler bringen ihre Vorerfahrungen und Konzepte mit in den Unterricht, dessen Ziel sein sollte, die Vorkonzepte in wissenschaftlich haltbare Konzepte zu überführen (Jonen, Möller & Hardy, 2003, Stern, 2002). Die aus der Literatur abgeleiteten Vorkonzepte wurden als Distraktoren in verschiedenen Aufgaben und Kontexten eingesetzt. Damit sollte überprüft werden, ob die Schüler ein nicht haltbares Konzept ablehnen oder ob sie in manchen Kontexten auf diese Konzepte als Erklärung zurückreifen. In dem in Abbildung 10 aufgeführten Beispielitem werden Prä-

konzepte zur Kondensation von Wasser abgefragt.

Insgesamt haben an der Hauptstudie des PLUS Projektes $n = 1326$ Schüler der Primarstufe teilgenommen. Die Reliabilität des Tests wurde nach der klassischen Testtheorie mit Cronbachs Alpha jeweils für den Prä- und Posttestzeitpunkt bestimmt (siehe Tabelle 1).

Zwei Items mussten aufgrund von Administrationsfehlern von weiteren Analysen ausgeschlossen werden.

5 Ergebnisse

Ziel der hier vorgestellten Studie ist die Untersuchung des physikalischen Fachwissens von Grundschullehrkräften und dessen Auswirkung auf die Qualität des Unterrichts und die Schülerleistung. Die Forschungsfragen fokussieren dabei auf die drei Ebenen Lehrer, Unterricht und Gesamtzusammenhang, die in Abschnitt zwei des Artikels vorgestellt wurden.

Ergebnisse auf Lehrerebene

Die erste Forschungsfrage lautet: (1) Wie lässt sich das Fachwissen von Grundschullehrkräften im Bereich Physik beschreiben?

Dazu wurde ein Test entwickelt, dem ein zweidimensionales Modell aus Komplexität und Inhalt zugrunde liegt, wobei beide Dimensionen als schwierigkeitszeugend angenommen werden. Um diese Hypothese zu überprüfen wurde der Lehrertest zunächst Rasch skaliert und die Itemparameter anschließend als abhängige Variable in eine Varianzanalyse (ANOVA) eingesetzt. Die unabhängigen Variablen waren das Komplexitätsniveau und das Inhaltsniveau der Items (siehe Abbildung 11).

Wie diese Abbildung verdeutlicht, kann kein signifikanter Einfluss von Komplexität auf die Schwierigkeit der Items gezeigt werden ($F(2,55) = 1.514$; $p = .233$; $\eta^2 = 0.072$) und auch post-hoc Analysen zeigen keine signifikanten Unterschiede der Niveaus.

Für die Dimension Inhalt zeigt sich dagegen ein anderes Bild. Hier ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen Items auf Grundschulniveau und Aufgaben, die auf Inhalten von Universitätslehrwerken basieren ($F(2,55) = 4.792$; $p = .014$; $\eta^2 = 0.197$). Somit kann die Hypothese, dass die Dimensionen des Tests die Itemschwierigkeit beeinflussen, teilweise bestätigt werden.

Die zweite Forschungsfrage auf Lehrerebene lautet: (2) Gibt es Zusammenhänge zwischen dem physikalischen Fachwissen

Tab. 1

N Items	M Prätest	SD Prätest	Cronbachs Alpha Prätest	M Posttest	SD Posttest	Cronbachs Alpha Posttest
24	7.96	3.47	.667	12.04	4.58	.789

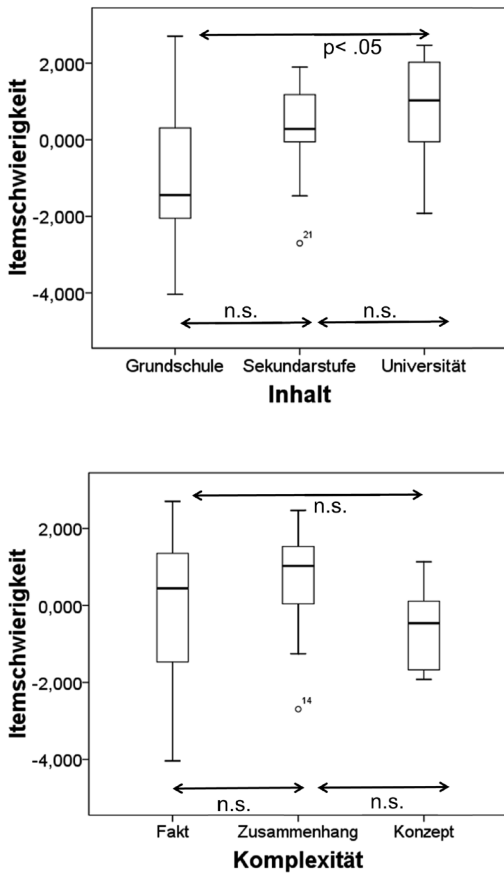


Abb. 11: Einfluss von Komplexitäts- und Inhaltsniveau auf Itemschwierigkeit.

der Lehrkräfte und ihrem Ausbildungshintergrund?

Es wird angenommen, dass die Anzahl an Stunden, die eine Lehrkraft in der Ausbildung mit physikalischen Fachthemen in Kontakt kommt, einen Einfluss auf die Ausprägung des physikalischen Fachwissens hat. In dem Fragebogen zum Ausbildungshintergrund wurden die Lehrkräfte befragt,

- ob sie das Fach Sachunterricht studiert haben (mit Schwerpunktbereich Natur-

wissenschaften (NW), mit Hauptfach Physik)

- wie viele Jahre sie das Fach Sachunterricht unterrichten
- ob sie Sachunterricht als Schwerpunktfach in ihrer Schule unterrichten
- wie häufig sie an fachspezifischen (physikbezogenen) Fortbildungen teilnehmen

Für die $n = 58$ Primarstufenlehrkräfte dieser Studie können keine Zusammenhänge zwischen Fachwissen und den oben genannten Aspekten ihrer Ausbildung gefunden werden, wie Abbildung 12 verdeutlicht.

Vor dem Hintergrund, dass in der Stichprobe der Primarstufenlehrkräfte lediglich 3% das Fach Physik studiert haben, muss diese Hypothese verworfen werden. Die Varianz der Stichprobe reicht offensichtlich nicht aus, diese Frage zu beantworten. Auf Basis der Ergebnisse des Lehrertests wurden 30 Unterrichtsstunden für die Analyse der Unterrichtsqualität ausgewählt. Dazu wurde die Stichprobe der 58 Lehrkräfte in Extremgruppen eingeteilt; die Stunden der 15 Lehrer mit den jeweils höchsten und niedrigsten CK-Werten (Personenparametern aus der Raschanalyse) wurden für die weitere Analyse ausgewählt. Welche Zusammenhänge sich zwischen dem Fachwissen der Lehrkräfte und der Gestaltung des Unterrichts zeigen lassen, wird im Folgenden beschrieben.

Ergebnisse auf Unterrichtsebene

Unterrichtsqualität wird in dieser Studie durch zwei Konstrukte operationalisiert:

	Fachwissen der Lehrkräfte	
	T- Test	Korrelation (Pearson)
Haben Sie das Fach Sachunterricht (SU) studiert?	nein ($M=-0.51$, $SE=0.92$); ja ($M=-0.08$, $SE=1.06$); $p=0.134$	-
•Schwerpunktbereich im SU?	Sozialwissenschaften ($M=-0.34$, $SE=0.44$); Naturwissenschaft ($M=-0.15$, $SE=0.21$); integrierter SU ($M=1.26$, $SE=0.15$); $p=.157$	-
•Schwerpunktfach Physik?	nein ($M=-0.35$, $SE=0.60$); ja ($M=-0.20$, $SE=1.11$); $p=0.645$	-
Lehrerfahrung im SU in Jahren	-	$r=-.020$; $p=.882$
Unterrichten Sie hauptsächlich SU?	nein ($M=-0.35$, $SE=0.60$); ja ($M=-0.20$, $SE=1.11$); $p=.645$	-
Anzahl fachbez. Fortbildungen pro Jahr	-	$r=.167$; $p=.227$

Abb. 12: Zusammenhänge zwischen Fachwissen und Ausbildungshintergrund.

die Sequenzierung von Lernprozessen und die inhaltliche Sachstruktur im Unterricht.

Die Analyse der Lernprozessesequenzierung basiert auf der Theorie der Basismodelle von Oser (Abbildung 3). Ein bereits existierendes Manual, das zur Analyse von Unterricht in der Sekundarstufe I entwickelt wurde, haben wir für den Grundschulunterricht adaptiert. Die Analyse von $n = 30$ Doppelstunden ergab, dass das Basismodell „Lernen durch Eigenerfahrung“ mit über 50 % aller Intervalle am häufigsten im analysierten Unterricht vorkam, gefolgt von den Basismodellen „Konzeptbildung“ und „Problemlösen“.

Abbildung 13 gibt einen Überblick, wie sich die Häufigkeiten der einzelnen Handlungskettenschritte in den 30 Unterrichtsstunden verteilen.

Besonders auffällig ist, dass in etwa 40 % aller Intervalle Handlungen durchgeführt werden, Schüler also die Möglichkeit zu hands-on Aktivitäten haben, oder Demonstrationsexperimente beobachten. Nur knapp 15 % aller analysierten Intervalle können höheren Handlungskettenschritten zugeordnet werden, in denen Handlungen reflektiert werden oder neu erworbenes Wissen angewandt wird. Es gibt jedoch starke Hinweise darauf, dass gerade dieses Anwenden und die Einbettung der handelnden Experimen-

Basismodell \ Schritt	Schritt 1	Schritt 2	Schritt 3	Schritt 4	Schritt 5
Lernen durch Eigen-erfahrung 51,19%	Handlungsplanung 2,06%	Durchführung der Handlung 40,43%	Erste Reflexion der Handlung 7,40%	Generalisierung des Ergebnisses 1,16%	Übertragung des Ergebnisses 0,14%
Problem-lösen 10,93%	Erkennen des Problems 1,13%	Formulierung der Problemstellung 2,27%	Entwicklung von inhaltlichen Hypothesen 4,64%	Hypothesen-testung 2,88%	Evaluation des Lösungsweges 0,00%
Konzept-bildung 14,44%	Aktivierung des Vorwissens 7,97%	Einführung des neuen Konzepts 3,28%	Beschreiben der wesentlichen Merkmale des neuen Konzepts 0,69%	Anwendung des Konzepts 1,47%	Verknüpfung mit anderen Konzepten, Übertragung in andere Kontexte 1,03%

Abb. 13: Übersicht der Basismodelle in $n = 30$ Videos.

tierphasen in den Unterricht wichtige Bestandteile erfolgreicher Lernprozesse sind (Tesch & Duit, 2004; Hofstein & Lunetta, 2004).

Nach einer Hypothese dieser Studie, dass Lehrkräfte mit einem hohen physikalischen Fachwissen gerade die Reflexions- und Anwendungsphasen im Unterricht durchführen, kann eine Korrelation zwischen dem Fachwissen und der Umsetzung der Basismodelle erwartet werden. Diese Korrelation wurde allerdings nicht gefunden ($r = -.173$; $p = .362$), daher muss diese Hypothese verworfen werden. Die Sequenzierung von Lernprozessen hängt vermutlich eher vom pädagogischen oder fachdidaktischen Wissen der Lehrkräfte ab.

Die inhaltliche Sachstruktur der Unterrichtsstunden wurde als weiterer Aspekt von Unterrichtsqualität untersucht. Dazu wurden auf der Basis von Concept Maps aus Schul- und Universitätsbuchttexten

insgesamt 16 Variablen identifiziert, die zentrale Bereiche des Themas „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ erfassen (siehe Abbildung 7).

Die $n = 30$ Unterrichtsstunden wurden analog zur Kodierung der Lernprozessequenzierung in 30 Sekunden Intervallen kodiert. Abbildung 14 gibt einen Überblick über die Häufigkeiten der thematisierten Aspekte.

Am häufigsten werden in den 30 Unterrichtsstunden endotherme Übergänge aus dem flüssigen Aggregatzustand thematisiert, die Kombination der entsprechenden Variablen „Aggregatzustand fest“ und „endotherme Übergänge“ ist am häufigsten in allen Intervallen zu erkennen. Die Temperatur stellte sich dabei als der am häufigsten diskutierter Einflussfaktor auf Übergänge von Aggregatzuständen heraus. Ein Beispiel dafür ist der Versuch, die Verdunstung an Orten mit

Variable	n=30 Videos (5011 Intervalle)
Basiskonzepte	
Wärme	26.57 %
Teilchenmodell	7.88 %
System	10.41 %
Prozessbeschreibung	
Aggregatzustand „fest“	6.80 %
Aggregatzustand „flüssig“	43.20 %
Aggregatzustand „gasförmig“	3.89 %
Aggregatzustände allgemein	21.82 %
Endotherme Übergänge	34.82 %
Exotherme Übergänge	10.64 %
Übergänge allgemein	17.2 %
Oberfläche /Volumen	9.41 %
Luftzufuhr	21.55 %
Temperatur	43.45 %
Druck	4.13 %
Sonstige Einflussfaktoren	3.76 %

Abb. 14: Übersicht der Unterrichtsinhalte in $n = 30$ Videos.

unterschiedlicher, konstanter Temperatur zu vergleichen.

Obwohl die Stunden aus dem Sachunterricht von vierten Klassen stammen, werden auch hier bereits physikalische Basiskonzepte angesprochen, vor allem das Konzept „Wärme“, aber auch das Teilchenmodell wird als Erklärung von Übergängen herangezogen. „Wärme“ wird in diesen Stunden dann genannt, wenn der Transport von Wärme, zum Beispiel durch Sonneneinstrahlung, und die damit einhergehende Temperaturänderung als Erklärung von Übergängen dient.

Die Übersicht in Abbildung 11 verdeutlicht auch die Varianz der Unterrichts-

inhalte über die 30 Unterrichtsstunden hinweg, da alle Übergänge, Aggregatzustände, Einflussfaktoren und Basiskonzepte thematisiert werden. Auf dieser Basis ist es gelungen, verschiedene Typen von Sachstrukturen zu identifizieren, die sich in Bezug auf den Umfang der im Unterricht angesprochenen Aspekte unterscheiden. Für diese Kategorisierung wurden alle Variablen herangezogen, die innerhalb eines Videos mindestens in 15 % aller Intervalle vorkommen. Diese Schwelle hatte sich als geeignet erwiesen, zwischen Unterrichtsstunden zu unterscheiden. Eine Veränderung des Schwellenwertes auf 10 % oder mehr führte zu

Sachstrukturtyp	Operationalisierung
Exotherme Übergänge	N=6 Doppelstunden Exotherme und endotherme Übergänge, mehr als 15% der Stunde Fokus auf Übergänge Kondensieren und Gefrieren, Wärme und Temperatur als Einflussfaktoren auf Übergänge
Endotherme Übergänge II	N=12 Doppelstunden Endotherme Übergänge und Übergänge allgemein im Fokus, Basiskonzepte System und Teilchenmodell werden thematisiert, andere Einflussfaktoren werden besprochen (Luftzufuhr, Oberfläche etc.)
Endotherme Übergänge I	N=9 Doppelstunden Starker Fokus auf endotherme Übergänge , Basiskonzept Wärme und Temperatur als Einflussfaktoren
Zero	N=3 Doppelstunden Keine spezifischen Übergänge thematisiert 15% der Stunde, weniger als 15% der Stunde werden Basiskonzepte und Einflussfaktoren besprochen

Abb. 15: Sachstrukturtypen.

keiner anderen Kategorisierung. Abbildung 15 gibt einen Überblick über die resultierenden Sachstrukturtypen und Videos, die diesen Typen zugeordnet werden konnten.

In drei Stunden wird weniger als 15 % der Zeit auf konkrete Übergänge verwendet. In knapp einem Drittel der Stunden werden endotherme Übergänge wie z. B. Verdunstung thematisiert, wobei der Einfluss von Temperatur und Temperaturänderung (Basiskonzept „Wärme“) zentral ist (Typ Endotherme Übergänge I). In den meisten Stunden ($n = 12$) werden auch endotherme Übergänge diskutiert, aber auf eine elaboriertere Weise, da sowohl die Basismodelle „Teilchenmodell“ und „System“ als auch andere Einflussfaktoren zur

Erklärung von Übergängen herangezogen werden. Die umfangreichste inhaltliche Sachstruktur im Hinblick auf Übergänge, Einflussfaktoren und Basiskonzepte weisen die Videos des Typs „Exotherme Übergänge“ auf. In diesen Stunden werden neben endothermen auch exotherme Übergänge thematisiert, wobei wiederum die Temperatur und das Basismodell „Wärme“ als häufigste Einflussfaktoren der Übergänge diskutiert werden.

Es wird angenommen, dass das Fachwissen der Lehrpersonen keinen direkten Einfluss auf die Gestaltung der Sachstruktur hat, sondern dass die Passung bezüglich der Lernvoraussetzungen der Schüler als medienrender Faktor betrachtet werden muss (Lau et al., 2007). Die Passung

zwischen den Anforderungen der Lehrkraft und den Antworten der Schülerinnen und Schüler wurde im Rahmen dieser Studie noch nicht untersucht, sie ist Teil einer Folgestudie. Um Zusammenhänge zwischen Fachwissen und inhaltlichen Sachstruktur zu prüfen wurde eine ANOVA mit dem Fachwissen als abhängige und dem Sachstrukturtyp als unabhängige Variable durchgeführt (siehe Abbildung 16).

Für die $n = 30$ Klassen gibt es keinen signifikanten Zusammenhang von Fachwissen und Sachstrukturtyp ($F(3,27) = .542$, $p = .658$; $\eta^2 = 0.059$), wobei die Effektstärke vermuten lässt, dass bei einer größeren Stichprobe vielleicht auch signifikante Zusammenhänge gefunden werden könnten. Auch konnte keine Korrelation zwischen dem Fachwissen und der Anzahl der unterrichteten Übergänge und der physikalischen Basiskonzepte gefunden werden. Die Hypothese ist damit für diese Stichprobe bestätigt.

Ergebnisse zum Gesamtzusammenhang

Zur Beantwortung der übergreifende Fragestellung, welchen Einfluss das Fachwissen von Grundschullehrkräften auf Unterricht und Schülerleistung besitzt, wird angenommen, dass das Fachwissen die Schülerleistung positiv beeinflusst, dass dieser Einfluss jedoch über die Unterrichtsqualität moderiert wird (Baumert et al., 2010, Helmke, 2003). Wie im vorangegangenen Abschnitt dargestellt, konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen

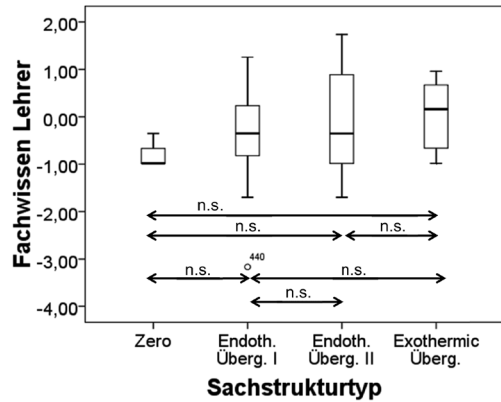


Abb. 16: Zusammenhang zwischen Lehrerfachwissen und Sachstruktur im Unterricht.

einer Lehrkraft und der Sequenzierung von Lernprozessen oder der inhaltlichen Sachstruktur im Unterricht gefunden werden. Um einen Moderationseffekt nachweisen zu können, dürfen außerdem keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Unterricht und Fachwissen bzw. Schülerleistung vorliegen (Baron & Kenny, 1986). Diese Voraussetzungen wurden mit Mehrebenenanalysen überprüft. Das Zielkriterium ist die Schülerleistung im Posttest. Auf Individualebene werden kognitive Fähigkeiten der Schüler sowie die Leistungen im Prätest als Prädiktoren gewählt. Auf Klassenebene werden die Prädiktoren Fachwissen, Sequenzierung von Lernprozessen und der Sachstrukturtyp als einzelne Prädiktoren in separaten Modellen eingesetzt (siehe Abbildung 17).

Für Modell 1 wurden die Daten aller 58 Lehrkräfte und ihrer Klassen verwendet. Hier zeigt sich kein signifikanter Einfluss des Fachwissens auf die Schülerleistung

Zielkriterium: Schülerleistung Post						
Prädiktoren	Modell 1		Modell 2		Modell 3	
	β	p	β	p	β	p
Individualebene						
Schülerleistung Prä	.470	.000	.729	.000	.729	.000
Kognitive Fähigkeiten	.121	.000	.209	.000	.211	.000
R ²	.300		.537		.299	
Klassenebene						
Fachwissen Lehrkraft	-.019	.731	-	-	-	-
Sequenzierung von Lernprozessen	-	-	.110	.236	-	-
Sachstrukturtyp	-	-	-	-	.019	.908
R ²	.000		.012		.001	

Abb. 17: Zusammenhänge zwischen Lehrerfachwissen bzw. Unterrichtsqualität und Schülerleistung.

im Posttest. Auch für die Sequenzierung von Lernprozessen und die unterrichtliche Sachstruktur, die in 30 Klassen analysiert wurde, kann kein Zusammenhang zur Schülerleistung gefunden werden. Somit sind die Voraussetzungen für ein Moderationsmodell zwischen Lehrerfachwissen, Unterrichtsqualität und Schülerleistung gegeben. Auch die moderierten Zusammenhänge wurden mehrbenenanalytisch untersucht. Zielkriterium ist auch hier die Schülerleistung im Posttest. Auf Klassenebene werden verschiedene Modelle gegeneinander getestet (siehe Abbildung 18).

Die Ergebnisse der Modelle 1 bis 3 zeigen, dass das Fachwissen weder in Kombination mit beiden, noch mit einzelnen Aspekten der Unterrichtsqualität die Schülerleistung voraussagt. Jedoch zeigt

sich ein positiver Einfluss des Fachwissens zusammen mit der Sequenzierung von Lernprozessen und den Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkraft. Die letzte Variable wurde mit in das Modell aufgenommen, da sich in Kombination mit dem Fachwissen der Lehrkräfte positive Auswirkungen auf die Schülerleistung erwarten ließen (Hackling, 2006). Eine mögliche Erklärung für den negativen Einfluss ist ein Suppressionseffekt zwischen der Lernprozessequenzierung und den Selbstwirksamkeitserwartungen. Dabei erhöht die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkraft (Suppressorvariable) den „Vorhersagebeitrag einer (oder mehrerer) anderer Variablen, indem sie irrelevante Varianzen in den (der) anderen Variable(n) unterdrückt“ (vgl. Bortz, 2005, S. 459).

Kriterium: Schülerleistung Post

Prädiktoren	Modell 1		Modell 2		Modell 3		Modell 4		Modell 5		Modell 6	
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
Individualebene												
Schülerleistung Prä	.726	.000	.726	.000	.726	.000	.723	.000	.722	.000	.728	.000
Kognitive Fähigkeiten	.209	.000	.212	.000	.210	.000	.214	.000	.211	.000	.212	.000
R ²	.533		.533		.533		.532		.532		.533	
Klassenebene												
Fachwissen Lehrkraft	.148	.103	.131	.170	.153	.103	.176	.078	.232	.040	-	-
Sequenzierung von Lernprozessen	.135	.137	-	-	.134	.138	-	-	.196	.030	-	-
Sachstrukturtyp	-	-	-.022	.820	-.018	.841	-.016	.859	-	-	-	-
Selbstwirksamkeitserwartungen Lehrkraft	-	-	-	-	-	-	-.120	.216	-.192	.045	-.056	.556
R ²	.149		.133		.149		.145		.177		.121	

Abb. 18: Einfluss von Fachwissen auf Schülerleistung moderiert durch Aspekte der Unterrichtsqualität.

Insgesamt können mit diesem Modell 17,7% der Varianz zwischen den Klassen aufgeklärt werden.

Die Hypothese, dass das Fachwissen der Lehrkräfte, moderiert durch die Unterrichtsqualität (bestehend aus inhaltlicher Sachstruktur und Sequenzierung von Lernprozessen), die Schülerleistung - positiv beeinflusst, kann damit teilweise bestätigt werden.

6 Diskussion und Perspektiven

Die hier vorgestellte Studie wurde vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Leistungen deutscher Schüler der Primar- und Sekundarstufe in internationalen Vergleichsstudien durchgeführt. Im

Lehrplan für den Sachunterricht in der Grundschule und im Perspektivrahmen des Sachunterrichts wird gefordert, dass der Unterricht in der Grundschule auf lebenslanges weiteres Lernen vorbereiten soll (GDSU, 2002). Eine besondere Herausforderung für den Unterricht in der Grundschule sind die unterschiedlichen Vorerfahrungen und Konzepte, die Schüler mitbringen. Schülerinnen und Schüler bringen viele, wissenschaftlich oft nicht haltbare, Konzepte mit in den Unterricht, dessen Ziel es daher sein muss, diese Konzepte in fachlich adäquate Vorstellungen zu überführen (Hardy, Möller & Jonen, 2003; Stern, 2002), wobei angenommen wird, dass die Lehrkraft eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung erfolgreicher Lehr- und Lernprozesse spielt. Es gibt

jedoch starke Hinweise darauf, dass Lehrkräfte in der Primarstufe, gerade im Fach Physik, über ein wenig ausgeprägtes Fachwissen verfügen. Welche Auswirkungen dieses Fachwissen auf die Gestaltung des Unterrichts und die Leistungen der Schüler hat, war die Hauptfragestellung dieser Studie. In diesem Rahmen ist es gelungen, einen reliablen und validen Test zur Erfassung des Lehrerwissens zum Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge“ zu entwickeln. Die Skalierung des Tests nach dem Raschmodell hat gezeigt, dass diesem Instrument nur ein latentes Konstrukt, die Leistung der Lehrpersonen, zugrunde liegt.

Entgegen der Erwartung konnten keine Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen der Lehrkräfte und ihrem Ausbildungshintergrund festgestellt werden. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass aus der Gesamtstichprobe von 58 Primarstufenlehrkräften lediglich zwei das Fach Physik studiert haben. Im Rahmen des PLUS Projektes wurden außerdem $n = 52$ Sekundarstufenlehrkräfte zu ihrem Ausbildungshintergrund und Fachwissen befragt. Für diese Teilstichprobe, von denen 17 % das Fach Physik als Schwerpunktfach mit der höchsten Stundenzahl studiert haben, konnten signifikante Zusammenhänge zwischen Hauptfach im Studium und ihrem Fachwissen gezeigt werden, was mit den Ergebnissen von Riese und Reinhold (2009 & 2010) übereinstimmt. Darüber hinaus wurden Unterrichtsstunden im Hinblick auf die Sequenzierung von Lernprozessen sowie die inhaltliche Sachstruktur untersucht. Die Lernprozessesequenzierung wurde auf der

Grundlage der Theorie der Basismodelle analysiert. Die Basismodelle scheinen dafür gut geeignet zu sein, da sie Lernziele in der Tiefenstruktur des Unterrichts beschreiben können und nicht an Methoden und ähnlichen Oberflächenmerkmalen von Unterricht fest gemacht werden.

Trotz unterschiedlicher Sichtstrukturen lassen sich nahezu alle Unterrichtsstunden anhand dieser Modelle beschreiben. Als zentrales Resultat kann festgestellt werden, dass 40 % der Unterrichtszeit für hands-on Aktivitäten genutzt und nur wenig bis keine Zeit auf Reflexion und Anwendung von Wissen verwandt wird. Es gibt Hinweise, dass in regulären Unterrichtsstunden à 45 Minuten zu wenig Zeit für diese Phasen bleibt (Borowski, Fischer, Trendel & Wackermann, 2010), doch bei den hier untersuchten Unterrichtsstunden handelt es sich um Doppelstunden (90 Minuten), so dass diese für erfolgreiche Lernprozesse wichtigen Phasen des Unterrichts eher nicht aus zeitlichen Gründen vernachlässigt wurden. Der untersuchte Unterricht hatte eher einen Schwerpunkt in der Beschäftigung der Schüler mit dem Experimentiermaterial. Eine gezielte Entwicklung von Konzepten oder das systematische Lösen von Problemen kam ebenso selten vor, wie das Zusammenfassen oder Verallgemeinern der Erfahrung mit physikalischen Phänomenen, die die Schüler in den angebotenen Lernumgebungen durchaus machen konnten. Gerade diese Phasen gelten jedoch als besonders wichtig für langfristigen Lernerfolg und sind keineswegs zu abstrakt für Grundschüler, wenn sie entsprechend an das Leistungsniveau

angepasst werden (Hofstein & Lunetta, 2004; Stern, 2002). Als Konsequenz daraus wird in einem nachfolgenden Projekt die Lernwirksamkeit eines basismodellorientierten, auf Lernprozesse fokussierenden Unterrichts in der Grundschule überprüft, um daraus Erkenntnisse für Aus- und Fortbildung von Lehrkräften zu gewinnen. Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerfachwissen, Unterrichtsqualität und Schülerleistung geben bereits erste Hinweise auf die Bedeutung der Sequenzierung von Lernprozessen.

Es hat sich gezeigt, dass das Fachwissen der Lehrkräfte einen positiven Einfluss auf die Leistungen von Schülern hat, dass dieser Einfluss aber über die Lernprozessesequenzierung moderiert wird. Ein Einfluss der inhaltlichen Sachstruktur der Stunden auf die Schülerleistung konnte nicht gezeigt werden. Eine umfassende und sachlogisch vernetzte Sachstruktur gilt zwar als Zeichen für guten Unterricht (Carroll, 1989), jedoch hängt die inhaltliche Aufbereitung eines Themas auch von den Lernvoraussetzungen der Schüler ab (Good, 1979). Eine Lehrkraft mit hohem Fachwissen ist deshalb zwar theoretisch in der Lage eine elaborierte Sachstruktur im Unterricht anzubieten, sind die Voraussetzungen der Schüler jedoch gering, kann das Fachwissen bei einer nicht optimalen Anpassung an das Schülerniveau nur zu einem geringen Teil im Unterricht zum Tragen kommen. Entscheidend für den Lernerfolg ist deshalb eine gute Passung zwischen den Anforderungen und Angeboten der Lehrkraft und den Fähigkeiten der Schüler (Lau, 2007), die im Rahmen dieser Studie

nicht mit erfasst wurde. Die vorliegenden Ergebnisse weisen aber darauf hin, dass das Fachwissen nur dann wirken kann, wenn die Lernprozesse der Schüler inhaltlich und strukturell angemessen gestaltet werden. Der Einfluss der Passung auf Schülerleistung wird im Folgenden zu untersuchen sein.

Literatur

- Abell, S.K. (2007). Research on science teachers' knowledge. In S. K. Abell (Ed.), *Handbook of research on science education* (pp. 1105–1149). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., et al. (2001). *PISA 2000 Zusammenfassung zentraler Befunde*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Ball D. L., Thames M. H., Phelps G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407.
- Baron, R.M. & Kenny, D. A. (1986). The Moderator- Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic and Statistical Considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51 (6), 1173–1182.
- Baumert, J., Kunter, M., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. & Tsai, Y. (2010). *Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the classroom and Student Progress [Electronic version]*. *American Educational Research Journal*, 47, 133–180.
- Borowski, A., Fischer, H. E., Trendel, G. & Wackerermann, R. (2010). 45 Minuten reichen nicht aus. *Pädagogik: Alternativen zur 45-Minuten-Stunde*, (03/10), 26–29.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.

- Bos, W., Bonsen, M., Baumert, J., Prenzel, M., Selter, C., & Walther, G. (Ed.) (2008). *TIMSS 2007. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenz von Grundschulern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln des Lehrers. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie D/I/3: Psychologie des Unterrichts und der Schule*. Göttingen: Hogrefe.
- 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. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen von Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG Schwerpunktprogramms*, S. 54–82. Münster: Waxmann.
- Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. München: Pearson.
- Carroll, J. B. (1989). The Carroll Model. A 25-Year retrospective and prospective view. *The Educational Researcher*, 18, 26–31.
- Dawson-Tunik, T. L. (2007). Stage-Like Patterns in the Development of Conceptions of Energy. In: Xiufeng L. & Boone, W. J. (Hrsg.), *Applications of Rasch Measurement in Science*. (pp. 111–136). Maple Grove: JAM Press
- Draxler, C. (2007). *Facetten professioneller Handlungskompetenz von Physik- und Sachunterrichtslehrerinnen und -lehrern*. <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet/Document-17798/Diss.Draxler.pdf> (21.12.2010)
- Fischer, H. E., Borowski, A. & Tepner, O. (2011). Using Video in Science Teacher Education: An Analysis of the Utilization of Video-Based Media by Teacher Educators and Researchers. In Fraser, Barry J.; Tobin, Kenneth; McRobbie, Campbell (Eds.) *Second International Handbook of Science Education*. Berlin: Springer
- Fischer, H.E., Borowski, A., Kauertz, A. & Neumann K. (2010). Fachdidaktische Unterrichtsforschung – Unterrichtsmodelle und die Analyse von Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 59–75.
- Fischer, H.E., Kauertz, A. & Neumann, K. (2008). Standards and Bildung. In: S. Mikelskis-Seifert, U. Ringelband & M. Brückmann (Hrsg.) S. 29–42. Waxmann, Münster.
- Fischer H. E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R. & Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 179–208.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2002), *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Cech, D., Hartinger, A., Kahlert, J., Möller, K., von Reeken, D., Stoltenberg, U., Wittkowske, S..
- Good, T. L., (1979). Teacher effectiveness in the elementary school. *Journal of Teacher Education*, 30, 52–64.
- Greeno, J. G. & van de Sande, C. (2007). *Perspectival Understanding of Conceptions and Conceptual Growth in Interaction*. *Educational Psychologist*, 42(1), 9–23.
- Hackling, M., (2006). Primary Connections: A new approach to primary science and to teacher professional learning. *Proceedings from the ACER Research Conference, Canberra*, 74–79.
- Härtig, H. (2010). *Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests*. Berlin: Logos.
- Helmke, A., (2003). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze: Kallmeyer.
- 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.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28–54. <http://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/XMMG-VB8142.pdf> (13.11.2009)
- Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten – am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In: Cech, D. & Schwier, H.J. (Hrsg). *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht* (S. 93–108). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

- Kauertz, A. (2007). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos.
- Koch, K. (2001). *Von der Grundschule in die Sekundarstufe: Band 2: Der Übergang aus Kinder- und Elternsicht*. Opladen: Leske + Budrich.
- Landesregierung Nordrhein Westfalen. (1981). <http://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/XMMGV8142.pdf>, 05.11.2009
- Lange, K. (2010). *Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftsbezogenem fachspezifisch-pädagogischem Wissen von Grundschullehrkräften und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Grundschülerinnen und -schülern*. Münster: Inaugural-Dissertation.
- Lau, A., Neumann, K., Fischer, H. E., Sumfleth, E. (2007). Der Einfluss von Passung vertikaler Vernetzung auf Schülerleistung im Chemie- und In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Jahrestagung in Essen 2007* (pp. 401–403). Münster: Lit.
- Lipowsky, F. (2006). Lehrerkompetenz und Schülerleistung. *Dipf informiert*, Vol. 10 (2006), 7–11.
- Monk, D. H., & King, J., A. (1994). Multilevel teacher resource effects in pupil performance in secondary mathematics and science: The case of teacher subject matter preparation. In R.G. Ehrenberg (Ed.), *Choices and consequences: Contemporary policy issues in education*. (pp. 29–58). Ithaca, NY: ILR Press.
- Ohle, A. (2010). *Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement*. Berlin: Logos
- Oser, F. K. and Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (ed.), *AERA's Handbook of Research on Teaching – 4th Edition*. Washington: American Educational Research Association.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E., & Pekrun, R. (Hrsg.). (2007). *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann.
- Richter, D. (2011). Lernen im Beruf. In Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., Neubrand, M. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. 317–327. Münster: Waxman.
- Reyer, T., Trendel, G. & Fischer, H. E. (2004). Was kommt beim Schüler an? – Lehrerintentionen und Schülerlernen im Physikunterricht. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung*. 195–211. Münster: Waxmann
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16 (2010), 167–187.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2009). Fachbezogene Kompetenzmessung und Kompetenzentwicklung bei Lehramtsstudierenden der Physik im Vergleich verschiedener Studiengänge, *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2(1), 104–125.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4–14.
- Stern, E. (2002). Wie abstrakt lernt das Grundschulkind?. In H. Petillon (Hrsg.), *Handbuch Grundschulforschung: Bd. 5. Individuelles und soziales Lernen* (S. 22–28). Opladen: Leske + Budrich.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10 (2004), 51–69.
- Trendel, G. / Wackermann, R. / Fischer, H. E. (2007): Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 13 (2007),
- Tytler, R. (2007). *Re-imagining Science Education – Engaging students in science for Australia's future*. (Australian Council for Educational Research). Camberville: Acer Press.

- Van Driel, J., Verloop, N. & de Vos, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1998), 673–695.
- Weinert, F.E. & Helmke, A. (1997). *Entwicklung im Grundschulalter*. Weinheim: Beltz
- Wackermann, R. (2007). *Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer*. Berlin: Logos.
- Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe.
- Wüsten, S., Schmelzing, S., Sandmann, A. & Neuhäus, B. (2010). Sachstruktur-diagramme – Eine Methode zur Erfassung inhaltspezifischer Merkmale der Unterrichtsqualität im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 16 (2010), pp. 23–39.

Dr. rer. nat. Hans Ernst Fischer ist Professor für Didaktik der Physik in der Fakultät für Physik der Universität Duisburg-Essen und Sprecher der DFG-Forschergruppe naturwissenschaftlicher Unterricht. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der fachspezifischen Unterrichtsforschung, der fachspezifischen Analysen zur Lehrerprofessionalisierung unter Berücksichtigung von Lernvoraussetzungen und Lernergebnissen.

Prof. Dr. rer. nat. Alexander Kauertz ist Physikdidaktiker an der PH Weingarten, ab dem 01.04.2012 an der Universität Koblenz-Landau. Seine Forschungsschwerpunkte sind Physikkompetenzdiagnose und -modellierung sowie Unterrichtsanalysen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Primarstufe.

KONTAKT

Dr. Annika Ohle
 TU Dortmund
 Institut für Schulentwicklungsforschung
 Vogelpothsweg 78
 44227 Dortmund
ohle@ifs.tu-dortmund.de

AUTORENINFORMATION

Dr. phil. nat. Annika Ohle war bis Februar 2012 wissenschaftliche Mitarbeiterin in der AG Didaktik der Physik von Prof. Fischer im Graduiertenkolleg „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ an der Universität Duisburg-Essen. Sie hat das Erste und Zweite Staatsexamen für das Lehramt Primarstufe absolviert und zum Thema „Fachwissen von Grundschullehrkräften im physikbezogenen Sachunterricht“ promoviert.

