

Anne Ewerhardy, Thilo Kleickmann & Kornelia Möller

Fördert ein konstruktivistisch orientierter naturwissenschaftlicher Sachunterricht mit strukturierenden Anteilen das konzeptuelle Verständnis bei den Lernenden?

In der vorgestellten Studie wird der Frage nachgegangen, ob konstruktivistisch orientierter naturwissenschaftlicher Sachunterricht mit strukturierenden Anteilen das konzeptuelle Verständnis der Lernenden fördert. Es wurden von 60 Lehrkräften und ihren vierten Klassen Test-, Fragebogen- und Videodaten ausgewertet. Die o.g. konstruktivistische Orientierung des Unterrichts – operationalisiert über den Umgang mit Schülervorstellungen, Phänomen- und Problemorientierung, Kommunikation und Aushandlung von Bedeutungen sowie Strukturierung – weist statistisch bedeutsame, positive Zusammenhänge mit den Fortschritten im konzeptuellen Verständnis auf.

Schlüsselwörter: konstruktivistische Orientierung mit strukturierenden Anteilen, naturwissenschaftlicher Sachunterricht, Videostudie, Mehrebenenanalyse

The research reported in this article focuses on the question of the impact of constructivist teaching with structuring elements on the students' conceptual understanding in primary science. Analyses are based on test-, questionnaire- and video-data of 60 primary school teachers and their fourth graders. Results show positive impact of constructivist teaching – consisting of encouragement of conceptual change, structuring, communication and negotiation of meanings, embedding in naturalistic and meaningful contexts – on the students' conceptual understanding in primary science.

Keywords: constructivist teaching with structuring elements, primary science, video study, multi level analysis

1. Einleitung

Es besteht international Konsens darüber, dass bereits Grundschulkindern ein verstehenförderndes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht ermöglicht werden sollte (vgl. Bybee & Ben-Zvi 1998). Es sei eine naturwissenschaftliche Grundbildung („*scientific literacy*“) für alle anzustreben, die u.a. auf ein „überdauerndes Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte“ (vgl. Rost, Walter, Carstensen, Senkbeil & Prenzel 2004, 112) zielt. Auf lange Sicht soll so ein Verständnis erreicht werden, das in unterschiedlichen Kontexten flexibel genutzt werden kann. Dass das Ziel des verstehenden Lernens bereits in der Grundschule erreichbar ist, zeigen Studien aus der Entwicklungspsychologie (vgl. Sodian 1995) und der Lehr-Lern-Forschung (vgl. Möller, Jonen, Hardy & Stern 2002). Demnach sind bereits Grundschulkindern durchaus zu anspruchsvollen Lernprozessen

fähig und können bei entsprechender Lernumgebung naturwissenschaftliche Fragestellungen im Sachunterricht erfolgreich erarbeiten. In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, wie naturwissenschaftlicher Sachunterricht gestaltet sein muss, um den Erwerb eines konzeptuellen Verständnisses bei den Lernenden zu fördern. Dazu werden Unterrichtsmerkmale aus konstruktivistischen Theorien zum naturwissenschaftlichen Lernen hergeleitet und es wird geprüft, ob eine über diese Merkmale definierte konstruktivistische Orientierung des Unterrichts, die strukturierende Anteile einschließt, mit der Entwicklung konzeptuellen Verständnisses bei den Lernenden zusammenhängt.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Konzeptuelles naturwissenschaftliches Verständnis

Ein naturwissenschaftliches konzeptuelles Verständnis wird wie eingangs beschrieben als zentrales Ziel bereits des Sachunterrichts der Grundschule angesehen. *Verständnis* basiert auf einer vernetzten Wissensstruktur, die den Verstehenden in die Lage versetzt, (empirisch) belastbare Deutungen und Vorhersagen zu treffen und das Wissen in unterschiedlichen Kontexten anzuwenden (für eine detaillierte Betrachtung, vgl. Ewerhardy 2011). Da der fokussierte Lerngegenstand naturwissenschaftliche Konzepte sind, wird in diesem Beitrag von *konzeptuellem Verständnis* gesprochen.

2.2 Konstruktivistische Orientierung naturwissenschaftlichen Sachunterrichts mit strukturierenden Anteilen

In der Forschung zu *science education* spielen konstruktivistische Theorien eine zentrale Rolle. Aktuell werden insbesondere lerntheoretische Ansätze zu Conceptual Change, zu Social Constructivism und zur Situierten Kognition diskutiert (vgl. Appleton 2007). Auf diese drei genannten Theorien zurückgreifend, wird eine konstruktivistische Orientierung mit strukturierenden Anteilen definiert, indem Implikationen für die Gestaltung naturwissenschaftlichen Sachunterrichts abgeleitet werden¹: In der Conceptual Change Forschung haben zahlreiche Studien zu Schülervorstellungen gezeigt, dass Lernende bereits viele Vorstellungen mit in den Grundschulunterricht bringen, die nicht nur oft im Widerspruch zu den fachlich angemessenen Vorstellungen stehen, sondern auch Veränderungen gegenüber sehr resistent sind (vgl. Wandersee, Mintzes & Novak 1994). Auf der Grundlage dieser Forschungsergebnisse wurden Conceptual Change-Ansätze zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften entwickelt, die darauf abzielen, die alternativen Vorstellungen der Lernenden zu verändern. Diese Ansätze basieren auf der Arbeit von Posner, Strike, Hewson und Gertzog (1982) und sind im Laufe der Zeit weiterentwickelt worden. Ihnen ist gemein, dass der Lernprozess als aktive Veränderung und Umstrukturierung bereits vorhandener kognitiver Strukturen beschrieben wird, während dessen neues Wissen in bestehende Wissensstrukturen integriert werden muss. Bereits vorhandene Konzepte werden dabei entweder erweitert bzw. ausdifferenziert oder aufgegeben

¹ An dieser Stelle wird lediglich ein knapper Literaturüberblick gegeben – für eine umfassende Übersicht siehe Ewerhardy (2011).

und durch neue ersetzt (vgl. Carey 1985). In der sozialkonstruktivistischen Forschung werden in Anlehnung an Vygotskys Theorie zum einen die individuelle Wissenskonstruktion betont und zum anderen das soziale Umfeld, das starken Einfluss auf die kognitive Entwicklung ausübt (vgl. Duschl & Hamilton 1998). Auch die Bedeutung der instruktionalen Unterstützung durch die Lehrperson wird hier unter Bezugnahme auf Vygotskys Idee der Zone der nächstmöglichen Entwicklung – dem Bereich zwischen dem selbstständigen Bewältigen von Aufgaben ohne Hilfe und dem Lösen von Aufgaben unter Zuhilfenahme von Unterstützung durch erfahrene Personen – hervorgehoben (vgl. Vygotsky 1978). Dem Ansatz der Situierten Kognition liegen, so verschieden die ihn ausmachenden Strömungen sind, die folgenden Annahmen zugrunde: Zum einen wird Lernen als aktiver, selbstgesteuerter Konstruktionsprozess angesehen, zum anderen gilt Wissen als situations- und kontextgebunden (vgl. Stark 2003). Auch hier spielen die Interaktionen zwischen den Lernenden und ihren Mitmenschen eine große Rolle. Strukturierende Anteile erleichtern Kindern nachweislich den Konzeptwechsel (vgl. Möller et al. 2002) und spielen somit eine wichtige Rolle in einem konstruktivistisch orientierten Unterricht: Sie fokussieren auf relevante Aspekte, schränken die „zu interpretierende Umwelt“ (ebd., 188) ein und fördern dadurch den Aufbau wissenschaftlicher Vorstellungen und den Abbau von Schülervorstellungen.

Ein im obigen Sinne konstruktivistisch orientierter Unterricht sollte – auf der Basis dieser Ansätze – folgende Aspekte berücksichtigen:

- (1) *Umgang mit Schülervorstellungen*: Das Vorwissen der Lernenden ist zu explorieren, ebenso ist im Unterricht zu beobachten, wie sich die Schülervorstellungen (weiter) entwickeln (vgl. Harlen 1998). Die Kenntnis ebenjener ist die Grundlage dafür, das Erkennen von Unzulänglichkeiten in einer Vorstellung herbeizuführen oder – je nach Vorstellung – diese aufzugreifen und für den Aufbau wissenschaftlich angemessener Konzepte zu nutzen. Ein positiver, konstruktiver Umgang mit Fehlern vermittelt den Lernenden, dass sie von Fehlern profitieren können und nimmt ihnen die Angst, Fehler zu machen (vgl. Oser, Hascher & Spychiger 1999). Die Auswahl der Versuche und Materialien entscheidet darüber, ob sie gedanklich aufbereitet werden können und ob sie die Verstehensprozesse der Lernenden unterstützen (vgl. Möller, Hardy, Jone, Kleickmann & Blumberg 2006). Anhand von Evidenzen, die in Versuchen gewonnen wurden, können die Lernenden ihre Vorstellungen überprüfen (vgl. McNeill 2010).
- (2) *Kommunikation und Aushandlung von Bedeutungen*: Als Grundlage für Unterricht ist die Klarheit der Lehrer- und Schüleräußerungen anzusehen, damit alle einander verstehen können. Fachbegriffe zu wählen, die für alle verständlich sind, diese ggf. zu ersetzen oder sie in Verbindung mit kindgerechten Formulierungen zu verwenden, ist ebenso Verständnis fördernd (vgl. Wagenschein 1995). Einander Zuhören – im Sinne von aktivem inhaltlichen Erfassen des Gesagten –, aufeinander Reagieren und einander Widerlegen sind Aspekte des sozialen Aushandelns von Bedeutungen, denen ein hoher Stellenwert in der Kommunikation im Klassenraum zugeschrieben wird (vgl. Osborne, Erduran & Simon 2004).
- (3) *Phänomen- und Problemorientierung*: Die Lernenden können durch herausfordernde Phänomene und Probleme zum Denken angeregt werden. Ebenso können die dadurch aufgeworfenen Fragen im Unterrichtsverlauf weiterverfolgt werden (vgl. Cognition

and Technology Group at Vanderbilt 1993). Damit Gelerntes gut genutzt und in verschiedenen Kontexten nutzbar ist, sollte das Erlernen eines Konzepts in multiplen Kontexten ermöglicht werden (vgl. Spreckelsen 1997). Die Anwendbarkeit des Gelernten in weiteren Kontexten zu erfahren, festigt das erworbene Wissen und unterstreicht die Bedeutsamkeit des Erlernenen (vgl. Gerstenmaier & Mandl 1995).

- (4) *Strukturierung*: Die Sèquenzierung der gesamten Unterrichtsreihe reduziert die Komplexität der Lerninhalte und fokussiert wesentliche Inhalte und Aufgaben (vgl. Einsiedler 2007). Zieltransparenz ermöglicht den Lernenden, dem roten Faden des Unterrichts zu jeder Zeit folgen zu können. Durch verbale Strukturierungsmaßnahmen wie Zusammenfassungen und Hervorhebungen sowie durch das Ordnen von Aspekten wird auf das für das Verstehen Wesentliche fokussiert und Unwichtiges von Wichtigem abgesetzt (vgl. Marzano, Gaddy & Dean 2000).

Das hier beschriebene Konzept von konstruktivistisch orientiertem Unterricht unterscheidet sich somit deutlich von konstruktivistischen Unterrichtskonzepten, die kognitive Aktivierung der Lernenden und strukturierende Elemente vernachlässigen (vgl. die Kritik an diesen Konzepten von Mayer 2004).

2.3 Fragestellung und Hypothesen

Aktuelle Forschungsarbeiten weisen darauf hin, dass eine wie im vorigen Abschnitt definierte konstruktivistische Orientierung des Unterrichts den Erwerb eines konzeptuellen Verständnisses fördert (vgl. z.B. Beeth & Hewson 1999: u.a. Begründen, Widersprüche darstellen, Anwenden; Drollinger-Vetter & Lipowsky 2006: inhaltlich-strukturelle Klarheit; Hickey, Moore & Pellegrino 2001: u.a. herausfordernde Probleme anbieten und verfolgen, Transfer leisten). Ebenso liegen jedoch auch Studien vor, die z. T. keine signifikanten Zusammenhänge zur Leistung der Lernenden nachweisen konnten (vgl. z.B. Gruehn 2000: Klarheit der Präsentation; Houtveen, van de Grift & Creemers 2004: Vorstellungen nutzen, Ziele setzen; Widodo & Duit 2004: Erkunden des Vorwissens, herausfordernde Probleme anbieten). Insgesamt ist die Befundlage als heterogen einzustufen (siehe dazu Ewerhardy, 2011). Zudem fehlen Studien im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule, die die Leistungsentwicklung der Lernenden im direkten Bezug zum beobachteten Unterricht untersuchen. Der vorliegende Beitrag geht daher der folgenden Fragestellung nach: Wie hängt eine im obigen Sinne konstruktivistische Orientierung des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts mit Zuwachsen im konzeptuellen Verständnis von Grundschulkindern zusammen? Erwartet werden positive Zusammenhänge dieser konstruktivistischen Orientierung des Unterrichts mit Zuwachsen im konzeptuellen Verständnis der Lernenden, da die Gesamtschau des Forschungsstands für die Wirksamkeit der konstruktivistischen Orientierung des Unterrichts mit strukturierenden Anteilen spricht.

3. Methoden

3.1 Untersuchungsanlage und Stichprobe

Der vorliegende Beitrag basiert auf Daten aus der an die DFG-Forschergruppe „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ (nwu Essen) angeschlossenen Querschnittstudie im PLUS-Projekt², die von 2007 bis 2010 in Nordrhein-Westfalen (NRW) durchgeführt wurde. Die Studie war themenspezifisch angelegt; unabhängige und abhängige Variablen wurden im Zusammenhang mit einer Unterrichtsreihe erhoben. Dieser Beitrag greift auf die Grundschuldaten des Projekts zurück: 60 Lehrkräfte und ihre vierten Klassen der Grundschule³ nahmen freiwillig am PLUS-Projekt teil – nach dem meist telefonischen Erstkontakt lag die Beteiligungsquote bei circa 20%. Im Mittelpunkt des Untersuchungsdesigns stand die Unterrichtsreihe zum Thema „Aggregatzustände und ihre Übergänge am Beispiel Wasser“ (im Folgenden kurz: „Aggregatzustände“). Der Unterricht wurde von den Lehrkräften im Rahmen grober Themenvorgaben selbst geplant. Die Lehrkräfte hatten die Möglichkeit, den Schwerpunkt der Reihe frei zu wählen, so dass die behandelten Themen variieren. Vorgegeben war der zeitliche Rahmen von drei Doppelstunden. Aus Gründen der Vergleichbarkeit des Unterrichts wurde jeweils die erste Doppelstunde gefilmt. Die durchschnittliche Dauer der 60 videographierten Unterrichtsstunden beträgt 84 Minuten (Spannweite von 58 bis 107 Minuten). Ergänzend zu den Unterrichtsaufnahmen wurden die eingesetzten Arbeitsblätter und Materialien erfasst. Das konzeptuelle Verständnis der Lernenden im Inhaltsbereich „Aggregatzustände“ wurde vor und nach der Unterrichtsreihe erhoben. Die Stichprobe der 60 Lehrkräfte setzt sich aus Personen zusammen, die durchschnittlich 43,25 Jahre alt sind (Spannweite von 25 bis 63 Jahren), 17 Jahre Berufserfahrung haben (Spannweite von 1 bis 38 Jahren) und von denen 85% weiblich sind. Um Anhaltspunkte für die Repräsentativität dieser Stichprobe zu erhalten, wurde sie mit einer weiteren, größeren Stichprobe von Grundschullehrkräften in NRW (n = 277) verglichen. Diese Stichprobe nahm an einer postalischen Befragung zum Ausbildungshintergrund im Sachunterricht, zu fachbezogenen Überzeugungen sowie zu motivationalen und selbstbezogenen Merkmalen teil (vgl. 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 PLUS-Lehrkräfte auch einer Video-Aufnahme des eigenen Sachunterrichts zustimmen mussten. Hinsichtlich allgemeiner soziodemografischer Daten (Alter, Geschlechterverteilung und Berufserfahrung in Dienstjahren) zeigen sich nur geringe, nicht-signifikante Unterschiede zwischen der Untersuchungs- und der Vergleichs-Stichprobe. Im Bereich motivationaler und selbstbezogener Variablen (Interesse am Unterrichten von Physik, Sachinteresse Physik, Selbstwirksamkeitserwartung und Fähigkeitsselbstkonzept in Bezug auf das Unterrichten physikalischer Themen) finden sich aber mittlere Effekte zu Gunsten der Untersuchungsstichprobe. Diese scheint also in Bezug auf die Variablen nicht repräsentativ für Grundschullehrkräfte in NRW zu sein. Die Stichprobe der Ler-

² PLUS = Professionswissen von Lehrkräften, naturwissenschaftlicher Unterricht und Zielerreichung im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe

³ Eine der 60 Grundschulklassen war aus organisatorischen Gründen eine dritte Klasse im zweiten Halbjahr.

nenden setzt sich aus 1326 Personen im Alter von durchschnittlich 10,27 Jahren (Spannweite von 8 bis 12 Jahren) zusammen. 46,9% der Lernenden sind weiblich.

3.2 Datenauswertung

In diesem Beitrag sollen Zusammenhänge zwischen der konstruktivistischen Orientierung des Unterrichts mit strukturierenden Anteilen und dem konzeptuellen Verständnis der Lernenden untersucht werden. Bei der Zusammenhangsanalyse wird Folgendes berücksichtigt:

- (1) *Schachtelung der Daten durch Mehrebenenanalyse*: Die 1326 Grundschul Kinder (Individualebene) sind innerhalb von „natürlichen“ Klassen (Aggregatebene) geschachtelt. Aus verschiedenen Gründen (z.B. sind die Lernenden einer Klasse genau einer Lehrkraft zugeordnet) ist davon auszugehen, dass sich die Lernenden innerhalb einer Klasse (Aggregateinheit) ähnlicher sind, als bei einer zufällig gezogenen Stichprobe. Dadurch haben die vorliegenden Datensätze eine sog. *Mehrebenenstruktur*. Diese Struktur wird bei dem in diesem Beitrag genutzten Ansatz der Mehrebenenanalyse explizit in die Modellbildung einbezogen (vgl. Lüdtke 2009). Durch ein mehrebenenanalytisches Verfahren können die Effekte der oben beschriebenen konstruktivistischen Orientierung (zentrale unabhängige Variable auf der Aggregatebene) unter Kontrolle von klassen- und individualspezifischen Merkmalen auf das konzeptuelle Verständnis der Lernenden zum Thema „Aggregatzustände“ (abhängige Variable auf der Individualebene) adäquat untersucht werden. Die Analysen wurden mit dem Programm Mplus 5.21 (vgl. Muthén & Muthén 1998-2009) vorgenommen.
- (2) *Umgang mit fehlenden Werten*: Die fehlenden Werte wurden mit Hilfe des in Mplus implementierten Full Information Maximum Likelihood-Algorithmus behandelt; er schätzt die Modellparameter unter Berücksichtigung aller beobachteten Werte.
- (3) *Einbezug von Kontrollvariablen*: Die folgenden Variablen haben sich in vorliegenden Studien als bedeutsame Prädiktoren erwiesen und sollen deshalb auf Individual- und Aggregatebene als Kontrollvariablen berücksichtigt werden: bereichsspezifisches Vorverständnis, allgemeine kognitive Fähigkeiten der Lernenden sowie soziale Hintergrundvariablen, Geschlecht (heterogene Befundlage) und Alter der Lernenden, tatsächliche Unterrichtsdauer, Klassenführung und Dauer der Berufsausübung (heterogene Befundlage) (vgl. Helmke 2009).

3.3 Instrumente

3.3.1 Hoch-inferentes Videoinstrument zur Erfassung der konstruktivistischen Orientierung des Unterrichts mit strukturierenden Anteilen

Zur Erfassung der konstruktivistischen Orientierung des Unterrichts mit strukturierenden Anteilen wurde ein hoch-inferentes Video-Ratingmanual eingesetzt. Bei hoch-inferenten Ratings bezieht sich die Beurteilung über die beobachtbaren Merkmale hinaus auch auf nicht direkt sichtbare Strukturen, die erst aus den beobachtbaren Merkmalen interpretativ geschlossen werden müssen. Bei der Entwicklung des Videoinstruments wurde unter Rückgriff auf bestehende Videoinstrumente (vgl. z.B. Rakoczy & Pauli 2006; Vehmeyer

2010) die oben beschriebene konstruktivistische Orientierung innerhalb der vier erläuterten Bereiche (Umgang mit Schülervorstellungen, Strukturierung, Kommunikation und Aushandlung von Bedeutungen, Phänomen- und Problemorientierung) operationalisiert. Jedes Item besteht aus einer Grundidee und aus beispielhaften, aussagekräftigen Indikatoren, die zur besseren Beschreibung in zwei verschiedenen Ausprägungen formuliert wurden (siehe Abbildung 1).

Bereich: Umgang mit Schülervorstellungen

Item: Das Vorwissen der Lernenden explorieren

Quelle: Eigenentwicklung unter Rückgriff auf Rakoczy & Pauli (2006)

Tab. 1: Beispielimitem des hoch-inferenten Videoinstruments

Grundidee	<p>Dieses Item soll erfassen, inwieweit die Lehrperson das Vorwissen der Lernenden exploriert, das diese bereits mit in den Unterricht bringen.</p> <p>Vorwissen wird hier gesehen im Sinne von Präkonzepten, also Vorstellungen, die die Lernenden mit in den Unterricht bringen.</p> <p>Die Exploration kann dadurch geschehen, dass die Lehrperson die Klasse, eine Schülergruppe oder einzelne Lernende dazu anregt, ihre Vorstellungen zu äußern. Dies kann u.a. in der Form geschehen, dass die Lehrperson Vermutungen der Lernenden zu einem dargestellten Problem erfragt.</p> <p>„Es geht [insgesamt bei diesem Item] darum, dass die Lehrperson erfährt, was die Lernenden ‚in ihren Köpfen haben‘“ (Rakoczy & Pauli 2006, 225).</p>
Indikatoren	<p>Indikatoren hoher Qualität können sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Lehrperson gibt ihren Lernenden Zeit und Möglichkeiten, ihr Vorwissen auszuführen. • Die Lehrperson erfragt das Vorwissen ihrer Lernenden zu dem Themenaspekt dieser Stunde. <p>Indikatoren niedriger Qualität können sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Lehrperson gibt ihren Lernenden nicht genügend (oder sogar keine) Zeit und Möglichkeiten, ihr Vorwissen auszuführen. • Die Lehrperson bietet den Lernenden die Gelegenheit, ihr Vorwissen aufzuschreiben, lässt dies aber nicht vorstellen/ schaut sich die Notizen nicht an. • Die Lehrperson erfragt das Vorwissen der Lernenden sehr unfokussiert. Aus diesem Grund äußern sich die Lernenden auch zu Themenaspekten, die gar nicht Gegenstand des Unterrichts sind (Beispiel: das Vorwissen wird exploriert zu „Wasser“, der Unterricht wird durchgeführt zu „Verdunstung“). • Die Lehrperson erfragt das Vorwissen der Lernenden nicht.


So entstanden in induktiven und deduktiven Prozessen insgesamt 22 Items. Die Analyseeinheiten des Ratings kamen durch die in der Sichtstrukturanalyse vorgenommenen Einteilungen in Klassenunterrichts- und Schülerarbeitsphasen zustande: Alle Klassenunterrichtsphasen (im Mittel 35% der Video-Zeit, SD = 16.87) wurden pro Video zusammenhängend betrachtet und als eine Beurteilungseinheit bewertet, anschließend folgten alle Schülerarbeitsphasen (im Mittel 44% der Video-Zeit, SD = 20.10). Die Beurteilungen von Items, die auf den gesamten Unterricht zugeschnitten waren (im Mittel hat eine Klasse in 85% der Video-Zeit inhaltliche Lernmöglichkeiten, die restliche Zeit entfällt auf organisatorische Tätigkeiten und Klassenführungsmaßnahmen), wurden direkt im Anschluss vorgenommen. Zwei geschulte Rater beurteilten eine Übereinstimmungsstich-

probe von 60 Videos aus dem PLUS-Projekt (Raterübereinstimmung: ICC_{unjust} = .82). Die interne Konsistenz der 22 Items beträgt .89 (Cronbachs Alpha).

3.3.2 Test zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses

Das konzeptuelle Verständnis wurde mit Hilfe eines Papier- und Bleistift-Tests erfasst. Die Lernenden wurden mit 24 Aufgaben zu den Inhaltsbereichen „Eigenschaften der Aggregatzustände“, „Kondensation“ und „Verdunstung“ befragt. Die Aufgaben untergliederten sich in zwei verschiedene Typen zur Erfassung zweier Verständnisdimensionen: Zum einen wurde das integrierte konzeptuelle Verständnis erfasst: Es ist dadurch gekennzeichnet, dass neben dem Aufbau wissenschaftlicher auch der Abbau alternativer Vorstellungen notwendig ist. Die entsprechenden Aufgaben bieten einen Attraktor, der die wissenschaftlich korrekte Erklärung anbietet und vier Distraktoren, die auf typische alternative Vorstellungen zurückgreifen – letztere müssen abgelehnt und der Attraktor angenommen werden. Zum anderen wurde das konzeptuelle Wissen erfasst: Es erfordert die Beantwortung einer Frage im Sinne der wissenschaftlichen Vorstellung.

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



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

Kreuze nach jedem Wort richtig oder falsch an!

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

Abb 1: Beispielimitem des Schülerleistungstests (True-False-Itemformat, integriertes Verständnis, Bereich „Kondensation“)

Diese Unterscheidung wurde vorgenommen, da nicht für alle Unterfacetten des Themas „Aggregatzustände“ typische Vorstellungen zu finden sind, deren Abbau für ein wissenschaftlich akzeptiertes Verständnis Bedingung wäre. Bei der Lösung der Aufgaben müssen die Lernenden ihr Wissen in verschiedenen Kontexten anwenden („Pfütze“, „Wasser am kalten Glas“ usw.). Es kamen klassische Multiple-Choice-Items und eine Form des True-False-Itemformats zum Einsatz. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel im True-False-Format zum integrierten Verständnis im Bereich „Kondensation“. Um bei dieser Aufgabe punkten zu können, müssen in diesem Fall Wassertröpfchen als richtig angekreuzt und alle anderen Antwortalternativen als falsch bewertet werden. Die interne Konsistenz (Cronbachs Alpha) der 24 Aufgaben beträgt im Vortest .67 und .79 im Nachtest.

3.3.3 Instrumente zur Erfassung der Kontrollvariablen auf Individual- und Aggregatebene

- (1) *Allgemeine kognitive Fähigkeiten:* Der Gesamtscore zweier Subtests des CFT 20-R (vgl. Weiß 2005) wurde zur Erfassung der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten als Maß für die nonverbale Intelligenz der Lernenden in das Analysemodell aufgenommen ($n = 26$ Items, Cronbach's Alpha = .65).
- (2) *Soziale Hintergrundvariablen:* Der sozioökonomische Status wurde über Angaben der Eltern zu ihren Berufen erfasst und anhand des International Socio-Economic Index (ISEI) operationalisiert. Die Angaben wurden mit Hilfe der International Standard Classification of Occupations (ISCO) kodiert (vgl. Ganzeboom & Treiman 2003).
- (3) *Geschlecht:* Das Geschlecht wurde per Selbstauskunft von den Lernenden erhoben und dichotom kodiert (1 = Junge, 0 = Mädchen).
- (4) *Alter:* Die Lernenden gaben Geburtsjahr und -monat an. Daraus wurde das Alter in Monaten ermittelt.
- (5) *Lernzeit:* Die tatsächliche Unterrichtsdauer wurde als Prädiktor auf Aggregatebene aufgenommen. Hierzu gaben die Lehrkräfte an, wie viele 45-Minuten-Einheiten ihre Unterrichtseinheit zum Thema „Aggregatzustände“ umfasste.
- (6) *Klassenführung:* Die Effizienz der Klassenführung wurde über Schülereinschätzungen in den Bereichen Disziplin, Regelklarheit und Störungsprävention erhoben (17 Items, Cronbachs Alpha = .79; $ICC_1 = .24$; $ICC_2 = .87$). In das Analysemodell wurde sie als manifester Prädiktor auf Individualebene und als latenter Prädiktor (der interessierende Kontexteffekt) auf Klassenebene aufgenommen (vgl. Lüdtko, Marsh, Robitzsch, Trautwein, Asparouhov & Muthén 2008).
- (7) *Berufserfahrung:* Die Berufserfahrung wurde als Lehrerfahrung im Fach Sachunterricht in Jahren über die Lehrkräfte erfasst.

4. Ergebnisse

Wie bereits erläutert, wurde in den hier vorgestellten Zusammenhangsanalysen die Schachtelung der Daten berücksichtigt, indem zwei Ebenen bei der Analyse modelliert wurden: die Individual- und die Aggregatebene. In einem ersten Analyseschritt wurde überprüft, ob bedeutsame Varianz bzgl. des konzeptuellen Verständnisses zwischen den Klassen vorliegt, da diese durch die Prädiktoren auf der Aggregatebene aufgeklärt werden soll: In der Untersuchungsstichprobe liegt, unter Berücksichtigung der Prädiktoren auf Individualebene (siehe Tabelle 2), ein Varianzanteil von 15% auf der Klassenebene vor. Im nächsten Analyseschritt wurde das nachunterrichtliche konzeptuelle Verständnis durch die in Tabelle 1 dargestellten Prädiktoren auf Individual- und Aggregatebene vorhergesagt. Bei dieser Analyse ist von Interesse, inwieweit die beobachtete konstruktivistische Orientierung des Unterrichts mit strukturierenden Anteilen dazu beiträgt, den berichteten Varianzanteil im konzeptuellen Verständnis zwischen den Klassen aufzuklären. Tabelle 1 zeigt die unstandardisierten Regressionskoeffizienten der durchgeführten Mehrebenenanalyse. Alle kontinuierlichen Prädiktoren wurden zur besseren Interpretierbarkeit z-standardisiert, bevor sie in das Modell aufgenommen wurden.

Tab 2: Ergebnisse der Mehrebenenanalysen

Prädiktoren	Kriterium: Schülerleistung Nachtest	
	β	p
<i>Individualebene</i>		
Schülerleistung Vortest	,616	,000
Alter	-,100	,005
Geschlecht	-,054	,338
Sozioökonomischer Status	,023	,502
Allgemeine kognitive Fähigkeiten	,159	,000
Klassenführung	,044	,190
<i>Aggregatebene</i>		
Konstruktivistische Orientierung des Unterrichts mit strukturierenden Anteilen	,135	,043
Unterrichtsdauer	,112	,114
Klassenführung	,287	,037
Berufserfahrung	,157	,022

Die Zusammenhangsanalyse (Tabelle 1) unterteilt die Prädiktoren in Kontrollvariablen auf Individual- und Aggregatebene: Das Vorverständnis der Lernenden erweist sich erwartungskonform als der stärkste Prädiktor für die Leistung im Nachtest. Auf Individualebene haben darüber hinaus das Alter und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten einen signifikanten Effekt. Auf Aggregatebene zeigt sich, dass Klassenführung, Berufserfahrung und auch die oben beschriebene konstruktivistische Orientierung signifikante, positive Prädiktoren für das Verständnis der Lernenden sind. Um anzugeben, wie groß speziell der durch die konstruktivistische Orientierung des Unterrichts erklärte Anteil der Varianz ist, wurde das R^2 berechnet: Die konstruktivistische Orientierung klärt 6% der Varianz zwischen den Klassen über die Aufklärung durch die Kontrollvariablen hinweg auf.

5. Diskussion

Zusammenfassend zeigt die hier vorgestellte Analyse, dass eine konstruktivistische Orientierung des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts, die strukturierende Anteile einschließt, sich positiv auf die Entwicklung eines konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnisses der Lernenden auswirkt. Um alternative Erklärungen auszuschließen, wurde eine Reihe von Kontrollvariablen auf Individual- und Klassenebene berücksichtigt, die sich auch z. T. als relevante Prädiktoren des konzeptuellen Verständnisses der Lernenden herausstellten. In den Analysen erwiesen sich diejenigen Lehrkräfte hinsichtlich des Erreichens von Lernfortschritten im konzeptuellen Verständnis der Lernenden als erfolgreicher, die Merkmale des Umgangs mit Schülervorstellungen, der Strukturierung, der Kommunikation und Aushandlung von Bedeutungen sowie der Phänomen- und Problemorientierung in ihre Unterrichtsplanung einbeziehen und in ihren Handlungen berücksichtigen. Das Ergebnis bestätigt die – trotz der nicht ganz konformen Befundlage – auch in anderen Studien gefundenen positiven Zusammenhänge. Insgesamt sprechen

die Befunde in Einklang mit Mayer's (2004) Forderungen für eine Konzeptualisierung konstruktivistisch orientierten Unterrichts, die kognitive Aktivierung der Lernenden – bspw. durch Problemorientierung oder diskursives Aushandeln von Bedeutungen – und strukturierende Elemente einschließt.

Zu beachten ist, dass die Befunde im Inhaltsbereich Aggregatzustände gewonnen wurden. Durch die Beschränkung auf einen Inhaltsbereich konnten die verwendeten Instrumente gut aufeinander abgestimmt werden. Eine Replikation der Ergebnisse in anderen Inhaltsbereichen des Sachunterrichts wäre daher aber wünschenswert. Der Effekt der konstruktivistischen Orientierung des Unterrichts wurde hier im Rahmen eines sehr kurzen „Treatments“ (in der Regel drei Doppelstunden, von denen eine videografiert wurde) untersucht. Innerhalb dieses kurzen Treatments zeigte sich ein eher kleiner Effekt der konstruktivistischen Orientierung des Unterrichts (standardisierter Regressionskoeffizient von .135; 6% aufgeklärte Varianz zwischen Klassen). Es ist aber zu vermuten, dass sich die Effekte über die Zeit kumulieren, weshalb sich bei Berücksichtigung längerer Instruktions-Zeiträume größere Effekte zeigen könnten. Es wäre deshalb ferner wünschenswert, weitere Untersuchungen anzustreben, die längere Treatments in den Blick nehmen. Vor dem Hintergrund der positiv selektierten Stichprobe von Lehrkräften wären zudem Studien mit besserer Abdeckung der Population von Lehrkräften, die Sachunterricht erteilen, wünschenswert. Die Ergebnisse dieser Studie werfen eine Reihe weiterer Fragen auf, die in weiteren Untersuchungen zu klären wären. Offen ist bspw. die Frage, welche Bedeutung die einzelnen Merkmale der konstruktivistischen Orientierung des Unterrichts für den Lernzuwachs haben. Sind es insbesondere einzelne Merkmale, die wirksam sind und zur Förderung der Lernenden beitragen oder ist das Zusammenspiel aller vier Merkmale entscheidend? Es stellt sich auch die Frage, ob es bspw. bei den Strukturierungselementen ein optimales Maß gibt. Es wäre denkbar, dass zu wenig Strukturierung wie auch ein zu hohes Maß an Strukturierung, das möglicherweise die Eigenaktivität der Lernenden einschränkt, zu Verständnisschwierigkeiten bei den Lernenden führt. Für diese Art von Fragestellungen müssten nicht-lineare Zusammenhänge untersucht werden.

Neben dem Einsatz zu Forschungszwecken eignet sich das entwickelte Instrument auch für die Einschätzung von Videos in Ausbildungszusammenhängen, um die Analyse- und Bewertungskompetenz angehender Lehrkräfte hinsichtlich naturwissenschaftlichen Sachunterrichts zu fördern. Außerdem kann der Einsatz von geeigneten – z.B. durch dieses Instrument identifizierten – Unterrichtsvideos in der Aus- und Fortbildung dazu beitragen, das Unterrichtshandeln der Lehrkräfte zu verändern und darüber den Verständniserwerb der Lernenden zu fördern (vgl. Roth 2009).

Literatur

- Appleton, K. (2007): Elementary science teaching. In: Abell, S. & Lederman, N. (Eds.): Handbook of research on science education. New York, 493-536.
- Beeth, M.E. & Hewson, P.W. (1999): Learning goals in an exemplary science teacher's practice: Cognitive and social factors in teaching for conceptual change. In: Science Education, 83, 738-760.
- Bybee, R.W. & Ben-Zvi, N. (1998): Science curriculum: Transforming goals to practices. In: Fraser, B.J. & Tobin, K.G. (Eds.): International handbook of science education. Part one. Dordrecht, 487-498.
- Carey, S. (1985): Conceptual change in childhood. Cambridge.

- Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1993): Designing learning environments that support thinking: The Jasper series as a case study. In: Duffy, T.M., Jowycy, J. & Jonassen, D.H. (Eds.): Designing environments for constructive learning. Berlin, 9-36.
- Drollinger-Vetter, B. & Lipowsky, F. (2006): Fachdidaktische Qualität der Theoriephasen. In: Hugener, I., Pauli, C. & Reusser, K. (Hrsg.): Videoanalyse. Teil 3 der Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“, hrsg. von Klieme, E., Pauli, C. & Reusser, K. Frankfurt am Main, 189-205.
- Duschl, R.A. & Hamilton, R.J. (1998): Conceptual change in science and in the learning of science. In: Fraser, B.J. & Tobin, K.G. (Eds.): International handbook of science education. Part one. Dordrecht, 1047-1065.
- Einsiedler, W. (2007): Methoden und Prinzipien des Sachunterrichts. In: Kahlert, J., Fölling-Albers, M., Götz, M., Hartinger, A., von Reeken, D. & Wittkowske, S. (Hrsg.): Handbuch Didaktik des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn, 389-400.
- Ewerhardy, A. (2011): Zusammenhänge zwischen Verständnisorientierung von naturwissenschaftsbezogenem Sachunterricht und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Lernenden der Grundschule. Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Ganzeboom, H.B. & Treiman, D.J. (2003): Three internationally standardised measures for comparative research on occupational status. In: Hoffmeyer-Zlotnik, J.H.P. & Wolf, C. (Eds.): A European working book for demographic and socio-economic variables. New York, 159-193.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41, 867-887.
- Gruehn, S. (2000): Unterricht und schulisches Lernen. Münster.
- Harlen, W. (1998): Teaching for understanding in pre-secondary science. In: Fraser, B.J. & Tobin, K.G. (Eds.): International handbook of science education. Part one. Dordrecht, 183-197.
- Helmke, A. (2009): Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velber.
- Hickey, D.T., Moore, A.L. & Pellegrino, J.W. (2001): The motivational and academic consequences of elementary mathematics environments: Do constructivist innovations and reforms make a difference? In: American Educational Research Journal, 38, 611-652.
- Houtveen, A.A.M., van de Grift, W.J.C.M. & Creemers, B.P.M. (2004): Effective school improvement in mathematics. In: School Effectiveness & School Improvement, 15, 337-376.
- Lüdtke, O. (2009): Mehrebenenmodellierung in der empirischen Bildungsforschung. In: Zlatkin-Troitschanskaia, O., Beck, K., Sembill, D., Nickolaus, R. & Mulder, R. (Hrsg.): Lehrprofessionalität: Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung. Weinheim, 275-293.
- 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. In: Psychological Methods, 13, 203-229.
- Marzano, R.J., Gaddy, B.B. & Dean, C. (2000): What works in classroom instruction. Aurora.
- Mayer, R. (2004): Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. In: American Psychologist, 59, 14-19.
- McNeill, K.L. (2010): Explanation, argument and evidence in science, science class and the everyday lives of fifth grade students. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST).
- Möller, K. (2004): Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In: Merckens, H. (Hrsg.): Lehrerbildung: IGLU und die Folgen. Opladen, 65-84.
- Möller, K., Hardy, I., Jonen, A., Kleickmann, T. & Blumberg, E. (2006): Naturwissenschaften in der Primarstufe. Zur Förderung konzeptuellen Verständnisses durch Unterricht und zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In: Prenzel, M. & Alloio-Näcke, L. (Hrsg.): Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms BiQua. Münster, 161-193.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002): Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In: Prenzel, M. & Doll, J. (Hrsg.): Zeitschrift für Pädagogik. 45. Beiheft: Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim, 176-191.
- Muthén, L.K. & Muthén, B.O. (1998-2009): Mplus Version 5.21. Base Program and Multilevel Add-On (32-bit). Los Angeles.

- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004): Enhancing the quality of argumentation in school science. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 994-1020.
- Oser, F.K., Hascher, T. & Spychiger, M. (1999): Lernen aus Fehlern. Zur Psychologie des „negativen“ Wissens. In Althof, W. (Hrsg.): *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern. Beiträge und Nachträge zu einem interdisziplinären Symposium aus Anlaß des 60. Geburtstags von Fritz Oser*. Opladen, 11-41.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. (1982): Accomodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Rakoczy, K. & Pauli, C. (2006). Hoch-inferentes Rating: Beurteilung der Qualität unterrichtlicher Prozesse. In: Hugener, I., Pauli, C. & Reusser, K. (Hrsg.): *Videoanalyse. Teil 3 der Dokumentation der Erhebungs- und Auswertungsinstrumente zur schweizerisch-deutschen Videostudie „Unterrichtsqualität, Lernverhalten und mathematisches Verständnis“*, hrsg. von Klieme, E., Pauli, C. & Reusser, K. Frankfurt am Main, 206-233.
- Rost, J., Walter, O., Carstensen, C.H., Senkbeil, M. & Prenzel, M. (2004): Naturwissenschaftliche Kompetenz. In: Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M., Pekrun, R., Rolff, H.-G., Rost, J. & Schiefele, U. (Hrsg.): *Pisa 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster, 111-146.
- Roth, K.J. (2009): Using video studies to transform science teaching and learning: Results from the STeLLA professional development program. In: Janik, T. & Seidel, T. (Eds.): *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom*. Münster, 225-242.
- Sodian, B. (1995): Entwicklung bereichsspezifischen Wissens. In: Oerter, R. & Montada, L. (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie*. Weinheim, 622-653.
- Spreckelsen, K. (1997): Phänomenkreise als Verstehenshilfe. In: Köhnlein, W., Marquardt-Mau, B. & Schreier, H. (Hrsg.): *Kinder auf dem Weg zum Verstehen der Welt*. Bad Heilbrunn, 111-127.
- Stark, R. (2003): Conceptual Change: kognitiv oder situiert? In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, 133-144.
- Vehmeyer, J. (2010): *Kognitiv anregende Verhaltensweisen von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Konzeptualisierung und Erfassung*. Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Vygotsky, L.S. (1978): *Mind and society: The development of higher psychological processes*. Cambridge.
- Wagenschein, M. (1995): *Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge*. 3. Aufl. Dresden.
- Wandersee, J., Mintzes, J. & Novak, J. (1994): Research on alternative conceptions in science. In: Gabel, D. (Ed.): *Handbook of research on science teaching and learning*. New York, 177-210.
- Weiß, R. (2005): *CFT 20-R. Grundintelligenztest Skala 2. Revision*. Göttingen.
- Widodo, A. & Duit, R. (2004): Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 233-255.

Dr. Anne Ewerhardy, Seminar für Didaktik des Sachunterrichts, WWU Münster;
e-mail: anne.ewerhardy@uni-muenster.de

Dr. Thilo Kleickmann, Abteilung für Erziehungswissenschaft, IPN Kiel;
e-mail: kleickmann@ipn.uni-kiel.de

Prof. Dr. Kornelia Möller, Seminar für Didaktik des Sachunterrichts, WWU Münster;
e-mail: molleko@uni-muenster.de