

Beinbrech, Christina; Kleickmann, Thilo; Tröbst, Steffen; Möller, Kornelia: Wissenschaftliches Begründen durch Schülerinnen und Schüler und die Rolle der Lehrkraft. In: Zeitschrift für Grundschulforschung, Jahrgang 2, Heft 2 (2009), S. 139-155.

Christina Beinbrech, Thilo Kleickmann, Steffen Tröbst & Kornelia Möller

Wissenschaftliches Begründen durch Schülerinnen und Schüler und die Rolle der Lehrkraft

In dieser Studie wird der Frage nachgegangen, welche Bedeutung Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften (1) für das Anregen von wissenschaftlichen Begründungen durch die Lehrkraft sowie (2) für das wissenschaftliche Begründen seitens der Kinder haben. Es wurden von insgesamt 31 Lehrkräften Fragebogendaten sowie Beobachtungsdaten aus den Gesprächsphasen einer Unterrichtsdoppelstunde ausgewertet. Sog. praktizistische Vorstellungen der Lehrkräfte stehen in negativem Zusammenhang mit dem Anregen von wissenschaftlichen Begründungen. Bei den als „Conceptual Change“ und als „Transmission“ bezeichneten Vorstellungen der Lehrkräfte liegen keine Zusammenhänge vor.

Schlüsselwörter: Lehrervorstellungen, wissenschaftliches Argumentieren, Unterrichtsgespräche, naturwissenschaftsbezogener Sachunterricht

The research reported in this article focuses on the question of the impact of elementary school teachers' conceptions of science teaching and learning on (1) prompting students to back up their claims and on (2) students backing up their claims by supporting statements in classroom discourse. Analyses are based on data of 31 elementary school teachers including data of a questionnaire as well as a video-analysis of a 90-minute science lesson. Results show negative correlations between a so called hands-on/minds-off teacher conception and teacher prompts for backing. There is no evidence for an impact of neither a so called conceptual change nor a transmission conception of science teaching and learning.

keywords: teachers' conceptions, scientific argumentation, scientific reasoning, classroom discourse, elementary science education

1. Einleitung

Im naturwissenschaftsbezogenen Unterricht der Grundschule sollen Schülerinnen und Schüler nicht nur ein erstes Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Konzepte und Verfahren erwerben, sondern es wird in jüngerer Zeit verstärkt hervorgehoben, dass auch die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Argumentieren bereits in der Primarstufe als wichtiger Zielbereich naturwissenschaftlichen Lernens anzusehen ist (Beinbrech 2007). In

diesem Beitrag wird das wissenschaftliche Begründen in Unterrichtsgesprächen als Teilbereich eines komplexen Argumentationsprozesses fokussiert.

Es stellt sich die Frage, ob wissenschaftliches Begründen bereits bei Kindern im Grundschulalter angeregt werden kann und welche Bedeutung dabei den Lehrkräften zukommt. Da sich in neueren Studien vielfach das professionelle Wissen von Lehrkräften als sehr relevant für die Gestaltung des Unterrichts durch die Lehrkräfte wie auch für das Lernen der Schülerinnen und Schüler gezeigt hat, werden in der vorliegenden Studie Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften als Teilbereich des Professionswissens von Grundschullehrkräften fokussiert und deren Relevanz für das Anregen von wissenschaftlichem Begründen durch die Lehrkräfte sowie für das bei den Schülerinnen und Schülern beobachtbare wissenschaftliche Begründen untersucht.

2. Wissenschaftliches Begründen als Zieldimension naturwissenschaftlichen Unterrichts

Die Fähigkeit von Schülerinnen und Schülern, ihre Positionen auf der Basis von Evidenz zu begründen und an wissenschaftlichen Argumentationen teilzuhaben, wird in nationalen und internationalen Ansätzen naturwissenschaftlicher Bildung als Zieldimension formuliert. Anknüpfend an wissenschaftstheoretische Überlegungen wird in diesen Ansätzen hervorgehoben, dass Theoriebildung als sozialer Prozess zu verstehen ist: „it is on the basis of the strength of the arguments (and their supporting data) that scientists judge competing knowledge claims and work out whether to accept or reject them” (Driver, Newton & Osborne 2000, 297). Wissenschaftliches Argumentieren umfasst dabei ein breites Spektrum an Fähigkeiten, wie bspw. das Formulieren von eigenen Positionen, das Begründen von Positionen, das Bewerten von (empirischer) Evidenz sowie das Analysieren von Positionen anderer (vgl. Driver, Newton & Osborne 2000).

Bereits für das Vorschulalter wird dieser Zielbereich zumindest implizit gefordert. In Bildungsplänen für die frühkindliche Erziehung wird auf die Bedeutung des Experimentierens und des gemeinsamen Austausches mit anderen Kindern und der Fachkraft zur Klärung von Fragen hingewiesen (vgl. Bayerisches Staatsministerium 2006). Im Rahmen der Diskussion um Bildungsstandards wird in England gefordert, dass Kinder ab einem Alter von 5 Jahren (QCA 1999, key stage 1) im Bereich „Scientific enquiry“ das Sammeln von Evidenz beim Beantworten von Fragen kennenlernen sollen.

Für den Sachunterricht wird dieser Zielbereich explizit formuliert. Bereits in den 1990er Jahren hat Einsiedler in der Diskussion um den Auftrag des Sachunterrichts im Rahmen einer grundlegenden Bildung hervorgehoben, dass Sachunterricht auf Argumentationsfähigkeit zielt: „Im methodischen Bereich sollen die Schüler [...] lernen, bei Behauptungen nach Gründen und Belegen zu fragen“ (Einsiedler 1992, 484). Im Perspektivrahmen Sachunterricht (2002), der in die Entwicklung verschiedener Lehrpläne einging, werden das „[...] Begründen und Überprüfen von Aussagen [...]“ (GDSU 2002, 18) neben anderen als zu erwerbende Kompetenzen aufgeführt.

In den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (10. Schuljahr) für die naturwissenschaftlichen Fächer sind komplexere Prozesse wissenschaftlichen Argumentie-

rens, die nicht nur das Begründen von Aussagen, sondern auch das Bewerten von Evidenzen und Argumenten umfassen, in den Kompetenzbereichen „Kommunikation“ und „Bewertung“ zu finden.

Die Fähigkeit, eine naturwissenschaftliche Argumentation mitzuteilen und zu vertreten, wird darüber hinaus in übergeordneten Konzepten einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (scientific literacy) aufgegriffen, die sich über den Grundschulbereich hinausgehend auf allgemeine Ziele naturwissenschaftlicher Bildung beziehen (Bybee 2002). Diese Konzepte bilden unter anderem die Grundlage für internationale Schulleistungsstudien wie PISA (Rost, Prenzel, Carstensen, Senkbeil, & Groß 2004).

3. Wissenschaftliches Begründen durch Kinder und die Bedeutung der Lehrkraft in Unterrichtsgesprächen

Obwohl in der internationalen Diskussion Konsens über den beschriebenen Zielbereich besteht, zeigen Studien, dass Lehrkräfte den Schülerinnen und Schülern nur wenige Gelegenheiten für die gemeinsame Konstruktion von Wissen geben (Newton, Driver & Osborne 1999) und dass das Aufstellen von unbegründeten Behauptungen in Unterrichtsgesprächen dominiert (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez & Duschl 2000). Nach Newton und Newton (2000) kann dies insbesondere im Unterricht bei jüngeren Kindern beobachtet werden und weniger bei den älteren, sowie eher bei Lehrpersonen, die als Generalisten und weniger bei denen, die als fachliche Spezialisten ausgebildet wurden.

Grundlage für viele Studien, die die Struktur und Qualität von Prozessen des Argumentierens untersuchen, ist das Modell von Toulmin (1958). Nach Toulmin wird ein Argument durch eine Behauptung (claim) und einen Fakt (data) aufgebaut, die durch eine Erläuterung (warrant) verknüpft sind. Diese wiederum kann durch Evidenz verstärkt werden (backing). Nach Osborne, Erduran & Simon (2004) ist ein niedriges Argumentationsniveau darüber zu definieren, dass einer Behauptung lediglich eine Gegenbehauptung gegenüber steht. Höhere Argumentationsniveaus zeichnen sich durch weitere Elemente wie das Begründen anhand von Fakten oder aber das Verstärken von Aussagen aus. Sequenzen mit einem oder mehreren Einwänden (rebuttals) beschreiben das höchste Argumentationsniveau. Das Begründen von Behauptungen stellt damit einen Teilbereich im Rahmen eines komplexen Argumentationsprozesses dar.

Dem möglichen Einwand, Grundschulkindern seien nicht bereit oder in der Lage, Gespräche mit qualitativ anspruchsvollen Argumentationen und Begründungen zu führen, stehen verschiedene in der Literatur beschriebene Unterrichtsbeispiele entgegen. Bereits in den 1970er Jahren führte Thiel in der Grundschule in Anlehnung an Wagenscheins Prinzip des genetischen Lehrens Unterrichtsgespräche durch, die ihren Schwerpunkt auf eine argumentative Auseinandersetzung zur Klärung von Naturphänomenen in Unterrichtsgesprächen legen (z. B. Thiel 1990). Ein auf konstruktivistischen Annahmen basierendes Curriculum wurde von Hennessey entwickelt und erfolgreich umgesetzt (Smith, Maclin, Houghton & Hennessey 2000). Es stellt sich die Frage, wie anspruchsvolleres Argumentieren im Unterricht durch Lehrkräfte gezielt angeregt werden kann.

International wurden Studien veröffentlicht, in denen auf Argumentieren und das Herstellen von kausalen Zusammenhängen zielende Impulse fokussiert wird. Newton und

Newton (2000) analysierten die Gesprächsimpulse von insgesamt 50 Lehrkräften in Unterrichtsgesprächen der 3. bis 6. Jahrgangsstufe. Die deskriptiven Analysen zeigen, dass das Fragen nach Beschreibungen und Fakten dominiert (ca. 40% der Unterrichtszeit). Impulse, die auf kausale Erklärungen von Phänomenen zielen, spielen mit ca. 8% der gesamten Unterrichtszeit eine wesentlich geringere Rolle. Auf das Anregen von Prozessen des Argumentierens in Unterrichtsgesprächen zielen Simon, Erduran & Osborne (2006). Basierend auf einer induktiven Analyse von Lehreräußerungen formulieren sie auf wissenschaftliches Argumentieren zielende Kategorien, die sie in einer aufsteigenden Hierarchie anordnen: *Sprechen und Zuhören* als Voraussetzung für Prozesse des Argumentierens; die *Bedeutung des Argumentierens* erläutern; *Positionierungen* anregen, indem zum Formulieren von Ideen aufgefordert wird; zum *Rechtfertigen mit Evidenz* anregen oder Evidenz anbieten; auffordern, *Argumente zu konstruieren*; anregen, *Argumente zu bewerten*; anregen zum *Gegenargumentieren/ Debattieren*; anregen *Prozesse des Argumentierens zu reflektieren*.

Zusammenhänge zwischen derartigen Gesprächsimpulsen der Lehrkräfte einerseits und der Qualität des wissenschaftlichen Begründens und Argumentierens der Schülerinnen und Schüler andererseits wurden bisher nicht untersucht (Simon, Erduran & Osborne 2006). Inwiefern also Gesprächsimpulse tatsächlich zu einem Anstieg des wissenschaftlichen Begründens und Argumentierens führen, ist zurzeit noch unklar.

4. Die Bedeutung von Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen

Von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen wird angenommen, dass sie eine große Rolle spielen für die Art und Weise der Gestaltung von Unterricht durch die Lehrkraft und darüber vermittelt auch für das Lernen der Kinder (Woolfolk Hoy, Davis & Pape 2006). Newton und Mitarbeiter äußern die Vermutung, dass Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften das Handeln von Lehrkräften im Unterricht und konkret auch deren Impulse in Unterrichtsgesprächen beeinflussen (1999). Sie nehmen an, dass solche Lehrervorstellungen auch eine Ursache für das zumeist selten zu beobachtende wissenschaftliche Argumentieren von Kindern im naturwissenschaftlichen Unterricht darstellen.

In der Literatur zu Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen wird der Begriff der „Vorstellungen“ (im Englischen *conceptions*) in der Regel als weiter Begriff verstanden, der eher subjektiv geprägte Überzeugungen (*beliefs*) wie auch epistemologisch validierteres Wissen umfasst (Furinghetti & Pehkonen 2002; Southerland, Sinatra & Matthews 2001). Studien zu Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zeigten, dass diese Lehrkräfte vielfach eine sog. „transmissive“ Vorstellung vertreten. Dieser Vorstellung zufolge besteht die Aufgabe der Lehrkraft im direkten Vermitteln naturwissenschaftlicher Fakten und Verfahren. Die Schülerinnen und Schüler rezipieren das Wissen eher passiv (Pórlan & Martin del Pozo 2004). Ebenfalls verbreitet bei Grundschullehrkräften scheint außerdem eine sog. praktizistische Vorstellung zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften zu sein. Grundschullehrkräfte sind demnach oft der Ansicht, dass praktisches Tun im Unterricht, wie

bspw. das Durchführen von Experimenten, als Anregung naturwissenschaftlichen Lernens bei den Kindern ausreiche (Keys 2005). Eher weniger verbreitet scheinen Vorstellungen, die in weitgehender Übereinstimmung mit Conceptual-Change-Ansätzen stehen, wie sie in der aktuellen naturwissenschaftsbezogenen Lehr-Lern-Forschung vertreten werden. Der Erwerb naturwissenschaftlichen Verständnisses erfordert diesen Ansätzen zufolge eine Umstrukturierung bereits vorhandener Vorstellungen zu natürlichen Phänomenen und Begriffen seitens der Schülerinnen und Schüler (Heran-Dörr 2006). Gut belegt ist, dass Lehrkräfte parallel verschiedene, auch vermeintlich widersprüchliche Vorstellungen vertreten können (Pajares 1992; Furinghetti & Pehkonen 2002).

Der Annahme, dass Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen eine besondere Bedeutung für die Gestaltung des Unterrichts durch die Lehrkräfte zukommt, steht jedoch eine etwas uneinheitliche Befundlage entgegen. So finden sich neben Studien, die Übereinstimmungen von geäußerten Vorstellungen zum Lehren und Lernen mit der unterrichtlichen Praxis der Lehrkräfte berichten, auch Studien, die auf Inkonsistenzen hinweisen (Kagan 1992). Solche Inkonsistenzen ergeben sich bspw. dann, wenn nötige weitere Kompetenzen bzw. weiteres Wissen fehlen und somit eine Umsetzung der Vorstellungen in Handlungsweisen nicht stattfindet. Studien mit erfahrenen Lehrkräften weisen im Gegensatz zu Studien mit Novizen eher auf Konsistenzen zwischen Lehrervorstellungen und -handlungsweisen hin, insbesondere dann, wenn die Vorstellungen der Lehrkräfte fachspezifisch erfasst werden (Kagan 1992). Stipek und Kollegen (2001) fanden bspw., dass Lehrkräfte mit transmissiven Vorstellungen vom Mathematiklernen in stärkerem Maße ein Unterrichtsklima der Fehlervermeidung erzeugten und ihren Schülern weniger Freiräume für selbstbestimmtes Lernen gaben.

Studien, die die Relevanz von Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen für die Erreichung von Zielkriterien seitens der Schülerinnen und Schüler untersucht haben, sind bislang noch relativ rar. Staub und Stern (2002) konnten einen positiven Zusammenhang von konstruktivistisch orientierten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Mathematik mit Lernfortschritten von Grundschulern bei anspruchsvollen, verständnisorientierten Textaufgaben nachweisen. Für den naturwissenschaftlichen Bereich fand Kleickmann (2008) bei verschiedenen Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen Zusammenhänge mit Fortschritten der Schülerinnen und Schüler im konzeptuellen Verständnis. Starke positive Zusammenhänge zeigten sich bei Conceptual-Change-orientierten Vorstellungen der Lehrkräfte, negative bei der bereits o. g. praktizistischen und der transmissiven Vorstellung. Studien zum Zusammenhang derartiger Lehrervorstellungen mit dem Ausmaß, in dem Lehrkräfte zum wissenschaftlichen Begründen anregen und mit dem wissenschaftliches Begründen seitens der Schüler stattfindet, fehlen u. E. bislang völlig.

5. Fragestellung und Hypothesen

Die in dieser Studie verfolgten Fragestellungen können anhand eines vereinfachten Angebots-Nutzungs-Modells der Wirkungsweise von Unterricht (z. B. Helmke 2003) verdeutlicht werden (s. Abb. 1).

- (1) Zunächst soll der Frage nach Zusammenhängen von Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit dem Grad der Anregung zum wissenschaftlichen Begründen im Unterricht nachgegangen werden (*Zusammenhang L-U, s. Abb. 1*).

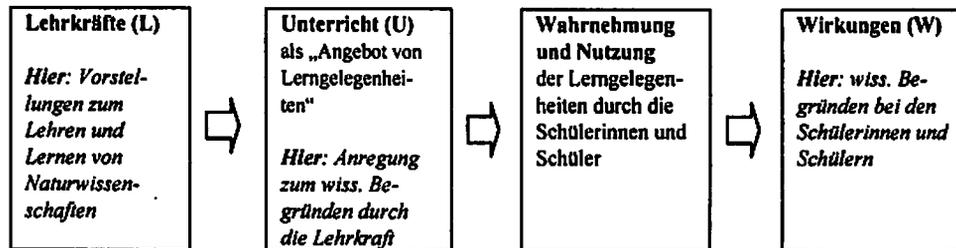


Abb. 1: Vereinfachtes Angebots-Nutzungs-Modell mit untersuchten Variablen

Untersucht werden die o. g. Vorstellungen, die in vorliegenden Studien bei Grundschullehrkräften gefunden wurden. Hinsichtlich der als „Praktizismus“ bezeichneten Vorstellung zum Lehren und Lernen erwarten wir einen negativen Zusammenhang mit dem Anregen zum wissenschaftlichen Begründen. Hier gehen wir davon aus, dass wissenschaftliches Argumentieren vernachlässigt wird, wenn praktisches Handeln bereits als hinreichende Bedingung für naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule angesehen wird. Ebenso wird bei der als „Transmission“ bezeichneten Vorstellung der Lehrkräfte ein negativer Zusammenhang erwartet, da dieser Vorstellung zufolge eine „direkte Wissensvermittlung“ Vorrang vor einer argumentativen Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen haben sollte. Von einer Conceptual-Change-orientierten Vorstellung der Lehrkräfte wird angenommen, dass sie positiv mit dem Anregen wissenschaftlichen Begründens kovariert. Hier ist zu vermuten, dass Lehrkräfte, die eine Conceptual-Change-orientierte Vorstellung vertreten, Begründungen der Schüler gezielt einfordern, da Konzepte der Schülerinnen und Schüler besonders gut in deren Erklärungen für naturwissenschaftliche Phänomene deutlich werden. Darüber hinaus kann das Anregen zum wissenschaftlichen Begründen im Sinne sozialkonstruktivistischer Theorien (Palincsar 1998) eine günstige Voraussetzung für Conceptual Change seitens der Schülerinnen und Schüler darstellen.

- (2) In einem zweiten Schritt soll geprüft werden, ob sich im Unterrichtsgespräch das Anregen zum wissenschaftlichen Begründen auch in wissenschaftlichem Begründen seitens der Schülerinnen und Schüler niederschlägt (*Zusammenhang U-W*).
- (3) Des Weiteren wird untersucht, ob es auch „direkte“ Zusammenhänge der drei genannten Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen von Naturwissenschaften mit dem wissenschaftlichen Begründen bei den Kindern gibt (*Zusammenhang L-W*). Hier sind die gleichen Annahmen leitend wie bei Fragestellung 1.
- (4) In einem letzten Schritt wird die im o. g. Modell enthaltene Annahme geprüft, dass (potentielle) Zusammenhänge der Lehrervorstellungen mit dem wissenschaftlichen

Begründen seitens der Kinder über die Art und Weise der Unterrichtsgestaltung (hier: Anregen zum wissenschaftlichen Begründen durch die Lehrkraft) vermittelt werden (*Mediationshypothese*).

6. Methoden

6.1 Untersuchungsanlage und Stichprobe

Zur Klärung der dargelegten Fragestellungen wurde auf Datenmaterial zurückgegriffen, das aus zwei bereits abgeschlossenen Forschungsprojekten vorlag. Für den Bereich der Vorstellungen von Lehrkräften konnten relevante Variablen aus Fragebogendaten gewonnen werden. Zur Erfassung sowohl der Anregung zum wissenschaftlichen Begründen durch die Lehrkraft als auch des wissenschaftlichen Begründens bei Schülerinnen und Schülern konnten bereits videografierte und transkribierte Unterrichtsstunden herangezogen werden. Die Kodierung der Unterrichtstranskriptionen erfolgte auf der Grundlage eines Kodierschemas, das im Rahmen eines internationalen Kooperationsprojektes auf der Basis mehrerer Datensätze aus den beteiligten Arbeitsgruppen entwickelt worden war (Furtak, Hardy, Beinbrech, Shavelson & Shemwell 2008).

Insgesamt wurden 31 Lehrpersonen (28 Frauen und 3 Männer) in den Auswertungen berücksichtigt. Von jeder Lehrkraft lagen umfangreiche Fragebogendaten sowie eine Unterrichtsvideografie/-transkription vor. Das Alter der Lehrkräfte reichte von 24 bis 56 Jahre; das mittlere Alter lag bei 43.00 Jahren ($SD = 11.28$). Die Berufserfahrung betrug zwischen 0 und 34 Jahren ($M = 20.25$, $SD = 11.15$). Die Lehrkräfte können als naturwissenschaftliche Novizen beschrieben werden. Jeweils etwas mehr als die Hälfte der Lehrkräfte hatte nach eigenen Angaben im Studium bzw. in bisherigen Fortbildungen keine Gelegenheit zur Beschäftigung mit physikalischen Themen. Bei einer Spannbreite entsprechender Fragebogenskalen von null bis vier schätzten die Lehrkräfte den Anteil physikalischer Inhalte an Studium ($M = 0.59$, $SD = 0.87$) und Fortbildungen ($M = 0.72$, $SD = 1.03$) als sehr gering ein. Das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte war eher schwach ausgeprägt ($M = 1.69$, $SD = .69$). Allerdings bekundeten die Lehrkräfte ein moderates Interesse an Physik ($M = 2.59$, $SD = 0.72$). Von den 31 Lehrkräften stammten 24 aus einer ersten Primärstudie (Möller, Hardy, Jönen, Kleickmann & Blumberg 2006). Diese 24 Lehrkräfte wurden durch die Ausschreibung einer Fortbildung, die auf naturwissenschaftliches Lehren und Lernen in der Grundschule zielte, rekrutiert. Die für die vorliegende Untersuchung relevanten Daten wurden vor der Fortbildung erhoben. Die anderen sieben Lehrkräfte entstammten einer zweiten Primärstudie (Gais & Möller 2007). Sie wurden direkt über die jeweiligen Schulen angesprochen. Diese Gruppe nahm ohne Aussicht auf ein weiteres Fortbildungsangebot einmalig an der relevanten Datenerhebung teil. Alle Lehrkräfte unterrichteten in Nordrhein-Westfalen. Die Erhebungsphasen beider Primärstudien fanden parallel statt (9/2003 bis 2/2004).

Die Videografien erfolgten mit einer Kamera, die auf die Lehrperson gerichtet war. Für diese Aufnahmen wurde den Lehrpersonen das Thema einer Unterrichtsreihe („Der Wasserkreislauf – Kondensation und Verdunstung“) sowie die zu unterrichtende Jahr-

gangsstufe (3. oder 4.) vorgegeben. Es sollte die erste Doppelstunde der Unterrichtsreihe mit einer Einstiegs-, Erarbeitungs- und Abschlussphase gezeigt werden.

Ausgeschlossen aus den Stichproben der Primärstudien mit insgesamt 58 Lehrkräften wurden Lehrkräfte, die vor der Erhebung ihrer Daten an einem Ausbildungsmodul zur Veränderung von Lehrervorstellungen teilgenommen hatten (N = 14) und Lehrkräfte, deren kodierbare Unterrichtssequenzen eine Gesamtdauer von 15 Minuten unterschritten (N=11). Je eine weitere Lehrkraft wurde ausgeschlossen, weil eine Unterrichtsstunde zum Thema „Kläranlage“ präsentiert bzw. eine Klasse mit nur sieben Kindern unterrichtet worden war.

6.2 Instrumente

Die Unterrichtsvideos werden mit Hilfe eines Kodierschemas (Furtak u. a. 2008) daraufhin untersucht, inwieweit Schülerinnen und Schüler in Unterrichtsgesprächen ihre Aussagen begründen und inwiefern wissenschaftliches Begründen durch die Lehrkräfte angeregt wird. Zur Klärung der vorliegenden Fragestellungen wird nur ein Teil des Instruments verwendet.

Für die Kodierung sind folgende Schritte erforderlich (siehe auch Beispiel in Tab. 1):

- (1) Auswahl an Gesprächssequenzen, in denen Prozesse wissenschaftlichen Begründens erwartet werden können.
- (2) Erstellen einer „storyline“, um den Interpretationsspielraum für die Kodierungen zu reduzieren. Dabei wird eine „offizielle“ Interpretation des Gesprächsgegenstands festgelegt (*worüber* wird gesprochen) sowie die inhaltliche Aussage (*was* wird zu diesem Gegenstand gesagt).
- (3) Kodierung der in der storyline festgelegten Aussagen mit den „Elementen wissenschaftlichen Begründens“. Dabei wird zwischen den Kategorien *Behauptung* bzw. *Begründung* unterschieden. Letztere dienen der Unterstützung einer Behauptung. Diese Kategorie ist die Grundlage für die in diesem Artikel als „wissenschaftliches Begründen durch Schülerinnen und Schüler“ bezeichnete Variable.
- (4) Festlegung der Analyseeinheiten auf der Grundlage der „Elemente wissenschaftlichen Begründens“. Neue Analyseeinheiten werden darüber definiert, dass ein neuer Gegenstand bzw. eine neue inhaltliche Aussage auftreten. Die mittlere Gesamtdauer aller Analyseeinheiten pro Lehrkraft betrug 25.01 min. (SD = 8.04, Spannbreite von 14.63 bis 46.10 min.).
- (5) Kodierung der „Gesprächsimpulse, die auf wissenschaftliches Begründen zielen“. Es wird pro Analyseeinheit zwischen den Kategorien „auf wiss. Begründen zielender Impuls“ und „kein auf wiss. Begründen zielender Impuls“ unterschieden. Als „auf Begründungen zielender Impuls“ werden die Impulse kodiert, in denen direkt nach Ursachen oder Begründungen (vgl. Newton & Newton 2000) gefragt wird.

Elemente wiss. Begr.	Storyline	Transkript	Impulse
	[Wasserdampf] wie kommst du darauf, dass sich das hier abgekühlt hat?	T Ach, ganz wichtig was () sagt. Warum, wie kommst du darauf dass sich das hier abgekühlt hat?	auf wiss. Be- gründen zielender Impuls
(Behauptung) Begründung	[Wasserdampf] (Er hat sich abgekühlt,) [Wasserdampf] weil er ganz heiß ist und dann auf den kalten Topf kommt	S Weil der - eh - weil der Wasserdampf ist ja ganz heiß und dann - eh - kommt er auf den Topf der ist ganz kalt.	

Tab. 1: Beispiel für eine kodierte Analyseeinheit

Für jede gebildete Analyseeinheit liegen damit für die weiteren Analysen zwei binäre Codes vor (siehe Tab. 2).

Kategorie	Code	Definition
Wiss. Begründen durch Schülerinnen/Schüler	Nicht vorhanden	Analyseeinheit, in der eine Behauptung <i>nicht</i> durch einen Schüler/eine Schülerin begründet wird.
	vorhanden	Analyseeinheit, in der ein Schüler/eine Schülerin eine Behauptung begründet.
Auf wiss. Begründen zielender Gesprächs- impuls der Lehrkraft	Nicht vorhanden	Analyseeinheit, in der die Lehrkraft <i>keinen</i> auf wiss. Begründen zielenden Impuls gibt
	vorhanden	Analyseeinheit, in der die Lehrkraft einen auf wiss. Begründen zielenden Impuls gibt.

Tab. 2: Auswertungskategorien *wissenschaftliches Begründen in Unterrichtsgesprächen*

Zur Berechnung der Interkoderübereinstimmung wurden 25% des kodierten Datenmaterials von zwei Personen kodiert. Die Übereinstimmung in Bezug auf die Kodierung der Elemente wissenschaftlichen Begründens liegt bei einem Cohens Kappa von .79, die Übereinstimmung in Bezug auf die Kodierung der Gesprächsimpulse der Lehrkraft liegt bei einem Kappa von .63.

Die Vorstellungen der Lehrkräfte zum Lehren und Lernen werden in einem Fragebogen anhand von drei Skalen erfasst (zur Entwicklung des Instruments vgl. Kleickmann 2008). Die im ursprünglichen Instrument enthaltenen Skalen „Conceptual Change“ und „Präkonzepte“ sind stark korreliert und wurden hier zu einer Skala zusammengefasst. In folgender Tabelle sind die Skalen mit Kennwerten aufgeführt. Die Items wurden im Fragebogen mit 5-stufiger Likert-Skalierung vorgegeben.

Skala	Beispielitem	Items	Cronbachs α
Conceptual Change	Kinder erlernen naturwissenschaftliches Wissen nur, wenn neue Vorstellungen für sie überzeugender sind als ihre alten Vorstellungen.	9	.71
Transmission	Schwächeren Schülern müssen Naturphänomene erklärt werden.	6	.65
Praktizismus	Das Durchführen von Versuchen im naturwissenschaftsbezogenen SU stellt eigentlich schon sicher, dass die Kinder Naturphänomene verstehen.	5	.72

Tab. 3: Skalen zu Lehrervorstellungen mit Beispielitems und Kennwerten

6.3 Auswertungsverfahren

Für jede Lehrkraft wurden – als intervallskaliert angenommene – Werte auf den drei Fragebogenskalen zu den Vorstellungen zum Lehren und Lernen berücksichtigt. Außerdem lag eine Unterrichtstranskription von jeder Lehrkraft vor. Die Anwendung des oben beschriebenen Kodierschemas auf diese Transkriptionen lieferte eine je Lehrkraft variierende Anzahl an Analyseeinheiten. Für jede dieser Analyseeinheiten wiederum wurde binär kodiert, ob eine Anregung zum wissenschaftlichen Begründen durch die Lehrkraft vorhanden war oder nicht. Ebenso wurde für jede Analyseeinheit binär kodiert, ob wissenschaftliches Begründen bei Schülerinnen und Schülern auftrat oder nicht. Auf diese Weise erhielt jede Analyseeinheit je einen – nominalskalierten – Wert für das Anregen zum Begründen und für das Begründen durch die Kinder. Die Analyseeinheiten und damit auch die beiden abhängigen Variablen sind hierarchisch unter die Lehrkräftebene geschachtelt.

Unter Beachtung des Skalenniveaus der abhängigen Variablen und der hierarchischen Schachtelung der Beobachtungen wurden die Daten mit den Mitteln der hierarchischen logistischen Regression analysiert.¹ Die genaue Benennung der hierarchischen logistischen Regression, eines Verfahrens aus der Familie der sog. Generalized Linear Mixed Models (GLMM), schwankt zwischen einzelnen Wissenschaftsdisziplinen. Die hier gewählte Form der Analyse vermied auf jeden Fall eine Reihe von Verzerrungen inferenzstatistischer Kennwerte, welche sich bei einer Aggregation der abhängigen Variablen auf Lehrerebene ergeben hätten (s. Skrondal & Rabe-Hesketh 2004 für eine eingehende Diskussion).

Zur Klärung der ersten Fragestellung wurden drei Regressionsanalysen durchgeführt. In diesen drei Analysen fungierte stets die Anregung zum wissenschaftlichen Begründen durch die Lehrkraft als abhängige Variable. Darüber hinaus wurde jeweils eine andere der drei Fragebogenskalen als sog. fester Effekt in den Auswertungen berücksichtigt, um Regressionskoeffizienten als Parameter für die systematischen Zusammenhänge mit der abhängigen Variablen zu erhalten. Aufgrund der besonderen Schachtelung der Daten wurden die Lehrkräfte als sog. Zufallseffekt in die Modelle aufgenommen, so dass ein Teil der vorhandenen Varianz auf die spezifischen Lehrkraft-Klasse-Komplexe zurück-

¹ Die Analysen wurden mit dem Programm R in der Version 2.7.0 (R Development Core Team 2008) unter Verwendung des lme4-Pakets (Bates 2005) durchgeführt.

geführt werden konnte.² In analoger Weise wurden drei Auswertungen zur Beantwortung der dritten Fragestellung vorgenommen, wobei jedoch das wissenschaftliche Begründen bei Schülerinnen und Schülern als abhängige Variable diente. Zur Klärung der zweiten Fragestellung wurde eine einzelne Regressionsanalyse berechnet. Diese enthielt neben dem Zufallseffekt der Lehrkräfte und dem wissenschaftlichen Begründen bei Schülerinnen und Schülern als abhängige Variable die Anregung zum wissenschaftlichen Begründen durch die Lehrkraft als festen Effekt.

Probeweise wurden das physikbezogene Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte und die Gesamtdauer der kodierten Unterrichtsgespräche der Lehrkräfte als Kontrollvariablen, d. h. als weitere feste Effekte, in die Analysen eingeführt. Es musste angenommen werden, dass Lehrkräfte mit geringen Fähigkeitsselbsteinschätzungen eher auf Anregungen zum wissenschaftlichen Begründen verzichten, da sie solche Begründungen nicht hinsichtlich ihres sachlichen Gehalts einschätzen können. Die beiden Kontrollvariablen erwiesen sich jedoch in keiner Analyse als signifikante Prädiktoren des Anregens von Begründungen durch die Lehrkraft oder des Begründens der Schülerinnen und Schüler. Auch führte ihre Berücksichtigung nicht zu signifikanten Verbesserungen der Model-Fit-Indizes. Auf eine Aufnahme der genannten Variablen in die im Folgenden berichteten Regressionsanalysen wurde daher verzichtet.

Vor Durchführung aller beschriebenen Regressionsanalysen wurden die Werte der drei Fragebogenskalen einer Fisher-Z-Transformation unterzogen. Als Maße der Effektstärke wurden für alle interessierenden Regressionskoeffizienten die zugehörigen Odds Ratios ermittelt. Zur Prüfung der Mediationshypothese (Frage 4) wurde mit Hilfe eines Sobel-Tests die Nullhypothese geprüft, dass kein Mediationseffekt der Gesprächsimpulse der Lehrkräfte vorliegt (Baron & Kenny 1986; Preacher & Hayes 2004).

7. Ergebnisse

Die Kodierung der Unterrichtsvideografien erbrachte einen Gesamtdatensatz von 4042 Analyseeinheiten, wobei eine Zahl zwischen 74 und 250 Analyseeinheiten jeweils unter die einzelne Lehrkraft geschachtelt war. Um es anders auszudrücken, jeder Lehrkraft waren die Analyseeinheiten aus ihrer eigenen Videografie zugeordnet. Zum Zwecke einer ersten deskriptiven Darstellung der Daten können das Anregen zum wissenschaftlichen Begründen durch die Lehrkraft sowie das wissenschaftliche Begründen seitens der Kinder auf der Lehrkraftebene aggregiert werden. Bei einer solchen Zusammenfassung zeigt sich, dass der Anteil an Analyseeinheiten mit Anregung zum wissenschaftlichen Begründen an der Zahl aller einer Lehrkraft zugeordneten Analyseeinheiten zwischen 1 und 13% schwankt. Der Anteil an Analyseeinheiten mit wissenschaftlichem Begründen seitens der Kinder reicht von 7 bis zu 29%.

² Aus Platzgründen wird auf eine Darstellung von Ergebnissen zu diesen Zufallseffekten im folgenden Kapitel verzichtet.

	Min.	Max.	M	SD
Analyseeinheiten	74	250	130.39	40.02
Anteil an Analyseeinheiten mit Anregen zum wiss. Begründen durch die Lehrkraft	.01	.13	.06	.04
Anteil an Analyseeinheiten mit wiss. Begründen bei Schülerinnen und Schülern	.07	.29	.16	.06
Lehrervorstellung Conceptual Change (Skala von 0-4)	0.78	3.56	2.07	0.62
Lehrervorstellung Transmission (Skala von 0-4)	0.17	1.83	1.13	0.48
Lehrervorstellung Praktizismus (Skala von 0-4)	0.20	3.80	2.03	0.73

Tab. 4: Deskriptive Werte zu Analyseeinheiten und Lehrervorstellungen bei N = 31 Lehrkräften

Auf den Fragebogenskalen bezüglich der Vorstellungen „Conceptual Change“ und „Praktizismus“ weisen die untersuchten Lehrkräfte unter fast vollständiger Ausnutzung der angebotenen Skalenbreite im Schnitt einen Wert in der Skalenmitte auf ($M = 2.07$, $SD = 0.62$ bzw. $M = 2.03$, $SD = 0.73$). Bei der Vorstellung „Transmission“ liegen die Werte aller Lehrkräfte in der unteren Skalenhälfte ($M = 1.13$, $SD = 0.48$).

Welche Zusammenhänge bestehen nun zwischen Vorstellungen von Lehrpersonen zum Lehren und Lernen mit dem Anregen wissenschaftlichen Begründens durch die Lehrkraft (Fragestellung 1)? Hier zeigt sich, dass die Vorstellungen „Conceptual Change“ und „Transmission“ anders als erwartet in keinem bedeutsamen Zusammenhang mit dem Auftreten von Anregungen zum Begründen stehen (s. Tab. 5). Bei der als „Praktizismus“ bezeichneten Vorstellung der Lehrkräfte ist jedoch ein signifikanter – und wie erwartet – negativer Zusammenhang zu erkennen. Es wurden zu den Regressionskoeffizienten gehörige Odds Ratios ermittelt, um einen Eindruck von der Größe der jeweiligen Zusammenhänge zu gewinnen. Die Odds Ratios zeigen an, um welchen Faktor sich die Auftretenswahrscheinlichkeit des abhängigen Ereignisses bei einer Erhöhung des Prädiktorwertes um eine Einheit verändert. Im vorliegenden Fall weist bspw. eine Lehrkraft mit einer durchschnittlichen Ausprägung der Vorstellung „Praktizismus“ gegenüber einer Lehrkraft mit einer moderat unterdurchschnittlichen Ausprägung dieser Vorstellung eine um den Faktor 0.79 verringerte Auftretenswahrscheinlichkeit von Anregungen zum Begründen auf.³

³ Bei der Interpretation der Odds Ratios ist zu bedenken, dass aufgrund der Fisher-Z-Transformation der Fragebogenskalen die bei den Prädiktoren relevante Einheit die Standardabweichung ist. Generell gilt, dass Werte der Odds Ratios sehr nahe eins ein Gleichbleiben der Auftretenswahrscheinlichkeit des abhängigen Ereignisses bedeuten, während Werte unter eins eine Verringerung und Werte über eins eine Erhöhung der entsprechenden Auftretenswahrscheinlichkeit anzeigen.

Prädiktor	Kriterium: Anregen wiss. Begründens durch die Lehrkraft		
	Regressionskoeffizient	Standardfehler	Odds Ratio
Conceptual Change	0.06	0.11	1.06
Transmission	-0.13	0.11	0.88
Praktizismus	-0.24*	0.11	0.79

Tab. 5: Feste Effekte der drei separaten hierarchischen logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit dem Anregen wissenschaftlichen Begründens durch die Lehrkräfte. Signifikanz-Code: ** p<0.05.

Des Weiteren wurde die Frage nach Zusammenhängen der auf wissenschaftliches Begründen zielenden Gesprächsimpulse der Lehrkraft mit dem wissenschaftlichen Begründen auf Seiten der Kinder gestellt (Fragestellung 2). Hier zeigt sich ein enger positiver Zusammenhang. Der Regressionskoeffizient des als fester Effekt modellierten Anregens zum wissenschaftlichen Begründen beträgt 2.32 ($p < 0.001$). Das zugehörige Odds Ratio von 10.23 offenbart eine beachtliche Größe des nachgewiesenen Zusammenhangs. Ein verstärktes Anregen zum wissenschaftlichen Begründen scheint sich also tatsächlich in einem häufigeren Anführen wissenschaftlicher Begründungen seitens der Kinder niederzuschlagen.

Die Prüfung der direkten Zusammenhänge zwischen den Lehrervorstellungen und dem wissenschaftlichen Begründen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler (Fragestellung 3) erbrachte keine signifikanten Ergebnisse.

Prädiktor	Kriterium: Wiss. Begründen bei Schülerinnen und Schülern		
	Regressionskoeffizient	Standardfehler	Odds Ratio
Conceptual Change	0.00	0.08	1.00
Transmission	-0.09	0.08	0.91
Praktizismus	-0.12	0.08	0.89

Tab. 6: Feste Effekte der drei separaten hierarchischen logistischen Regressionsanalysen zum Zusammenhang der Vorstellungen von Grundschullehrkräften zum Lehren und Lernen mit dem wissenschaftlichen Begründen bei Schülerinnen und Schülern.

Da bei der als „Praktizismus“ bezeichneten Lehrervorstellung wie beschrieben ein Zusammenhang mit dem Anregen zum wissenschaftlichen Begründen besteht, welches wiederum selbst mit dem wissenschaftlichen Begründen seitens der Kinder in Beziehung steht, wurde geprüft, ob Zusammenhänge zwischen dieser Lehrervorstellung und der Begründung von Aussagen bei den Schülerinnen und Schülern über Gesprächsimpulse der Lehrkräfte zum wissenschaftlichen Begründen vermittelt werden. Das Ergebnis eines Sobel-Tests, der die Null-Hypothese prüft, dass kein Mediationseffekt vorliegt (Teststatistik = -2.1904; $p = 0.0285$), zeigt, dass Gesprächsimpulse hier zumindest zu einem gewissen Teil eine vermittelnde Rolle spielen.

8. Diskussion

Die deskriptiven Analysen der vorliegenden Untersuchung unterstützen die Ergebnisse anderer Studien, in denen deutlich wurde, dass das Begründen von Aussagen durch Schülerinnen und Schüler in Unterrichtsgesprächen insgesamt eher selten zu beobachten ist (vgl. Jiménez-Aleixandre et al. 2000, Newton & Newton 2000). Darüber hinaus konnte in unserer Studie auch gezeigt werden, dass die untersuchten Lehrkräfte eher selten Gesprächsimpulse einsetzen, die auf wissenschaftliches Begründen zielen. Die Analysen der einzelnen Fragestellungen ergeben folgendes Bild:

Fragestellung 1: In Bezug auf die Frage nach Zusammenhängen zwischen Lehrervorstellungen und dem Einsatz von Gesprächsimpulsen, die auf wissenschaftliches Begründen der Schülerinnen und Schülern zielen, zeigten sich bei der als „Praktizismus“ bezeichneten Lehrervorstellung wie erwartet negative Zusammenhänge. Dieses Ergebnis unterstützt unsere Annahme, dass anknüpfend an die Erkenntnisse von Keys (2005) praktizistisch orientierte Lehrkräfte Lernprozesse stärker im praktischen Tun selbst sehen und damit Gesprächsimpulsen, die auf das Begründen von Aussagen abzielen, weniger Bedeutung beizumessen scheinen.

Anders als vermutet konnten bei den als „Conceptual Change“ und „Transmission“ bezeichneten Lehrervorstellungen keine Zusammenhänge mit dem Einsatz von Gesprächsimpulsen gefunden werden. Verschiedene Erklärungen sind hier denkbar.

(1) Ein zentraler Bestandteil des Instruments zum wissenschaftlichen Begründen war das Kodieren von „Warum-Fragen“ als Indikator für Gesprächsimpulse, die auf Begründungen zielen. Hierbei handelt es sich möglicherweise um eine bei Grundschullehrkräften verbreitete Frageform, die unabhängig von den beiden Vorstellungen der Lehrkräfte verwendet wird.

(2) Die Skala zur Erfassung der als „Conceptual Change“ bezeichneten Lehrervorstellung fokussiert vorrangig auf eine Sichtweise, die naturwissenschaftliches Lernen als Veränderung bestehender (Schüler-)Vorstellungen versteht sowie auf Lernbedingungen, die diese konzeptuellen Veränderungen begünstigen können. Eine argumentative Auseinandersetzung im Sinne des Begründens und Widerlegens von konkurrierenden Konzepten oder Erklärungen, wie es in sozial-konstruktivistisch orientierten Ansätzen betont wird (Palincsar 1998), steht dagegen nicht im Fokus der Skala. Ähnlich verhält es sich vermutlich bei der als „Transmission“ bezeichneten Lehrervorstellung. Die entsprechende Skala fokussiert das Vorgeben von Erklärungen und Lösungswegen durch die Lehrkraft. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass dies weitgehend unabhängig vom Anregen von Begründungen stattfindet.

(3) Es ist zudem denkbar, dass seitens der Lehrkräfte wie in Kapitel 4 angedeutet weiteres Wissen erforderlich wäre, um Vorstellungen auch in Handlungsweisen umzusetzen. Zu vermuten wäre bspw., dass bei Lehrkräften, die „Argumentieren lernen“ als relevanten Zielbereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts kennen, die angenommenen Zusammenhänge nachzuweisen wären.

Fragestellung 2: Positive enge Zusammenhänge fanden wir zwischen dem Anregen zum wissenschaftlichen Begründen durch Gesprächsimpulse der Lehrperson und den wissenschaftlichen Begründungen seitens der Kinder. Mit diesem Ergebnis erhalten wir einen Hinweis darauf, dass bereits in der Grundschule Impulse von Lehrkräften einen Einfluss darauf haben, dass Kinder überhaupt ihre Aussagen begründen. Vor dem Hintergrund der von Osborne u. a. (2004) beschriebenen Argumentationsniveaus ließe sich somit über die Impulse der Lehrkraft die Qualität des Argumentierens erhöhen.

Fragestellung 3 und 4: Direkte Zusammenhänge zwischen Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen und dem wissenschaftlichen Begründen auf Seiten der Kinder fanden sich bei keiner der untersuchten Lehrervorstellungen. Hier ist sicher zu berücksichtigen, dass es sich bei Lehrervorstellungen zum Lehren und Lernen und beim wissenschaftlichen Begründen der Schülerinnen und Schüler im Unterricht um relativ distale Variablen handelt, deren Beziehung vermutlich durch eine ganze Reihe anderer Variablen vermittelt wird. Für die Annahme einer Vermittlung solcher Zusammenhänge über das Handeln von Lehrkräften im Unterricht konnten wir erste Hinweise finden. So deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass bei der als Praktizismus bezeichneten Vorstellung von Lehrkräften zumindest von einer Teilmediation der erfassten Gesprächsimpulse ausgegangen werden kann.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit den vorliegenden Ergebnissen zum Teil Hinweise zur Unterstützung der von Newton et al. (1999) geäußerten Vermutung vorliegen, die in Vorstellungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen ein mögliches Merkmal sehen, das im Zusammenhang mit dem wissenschaftlichen Argumentieren von Kindern steht. Eine große Bedeutung für das Argumentieren scheint Gesprächsimpulsen von Lehrkräften zuzukommen.

Eine Reihe von Fragen wäre allerdings in weiteren Forschungsprojekten zu klären. Zwei Ansatzpunkte möchten wir hier hervorheben:

- (1) Instrumente zur Analyse des wissenschaftlichen Begründens in Unterrichtsgesprächen sollten dahingehend weiter entwickelt werden, dass über das Begründen hinaus weitere Argumentationsprozesse wie das Widerlegen von Aussagen oder das Infragestellen von Begründungen berücksichtigt werden.
- (2) Da Gesprächsimpulse der Lehrkräfte das Begründen als wichtigen Bestandteil wissenschaftlichen Argumentierens der Schülerinnen und Schüler zu beeinflussen scheinen, sollte langfristig im Rahmen weiterer Projekte untersucht werden, durch welche Maßnahmen in der Lehrerbildung (angehende) Lehrkräfte Kompetenzen im Bereich der auf Argumentieren zielenden Gesprächsführung erwerben können.

Literatur

- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986): The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. In: *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 1173-1182.
- Bates, D. (2005): Fitting linear models in R: Using the lme4 package. In: *R News*, 5, 27-30.
- Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familien und Frauen, Staatsinstitut für Frühpädagogik München (2006): *Der Bayerische Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder in Tageseinrichtungen bis zur Einschulung*. Weinheim, Basel.
- Beinbrech, C. (2007): Wissenschaftliches Argumentieren und Begründen im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht. In: Möller, K., Hanke, P., Beinbrech, C., Hein, A. K., Kleickmann, T. & Schages, R. (Hrsg.): *Qualität von Grundschulunterricht entwickeln, erfassen und bewerten*. Wiesbaden, 265-268.
- Bybee, R. W. (2002): Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In: Gräber, W., Evans, R., Koballa, T. & Nentwig, P. (Hrsg.): *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur allgemeinen Bildung*. Opladen, 21-43.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000): Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. In: *Science Education*, 84, 287-312.
- Einsiedler, W. (1992): Kategoriale Bildung im Sachunterricht der Grundschule. In: *Pädagogische Welt*, 46, 482-486.
- Furinghetti, F. & Pehkonen, E. (2002): Rethinking characterizations of beliefs. In: Leder, G. C., Pehkonen, E. & Törner, G. (Eds.): *Beliefs: a hidden variable in mathematics education?* Dordrecht, 39-57.
- Furtak, E. M., Hardy, I., Beinbrech, C., Shavelson, R. J. & Shemwell, J. T. (2008): *A Framework for Analyzing Reasoning in Science Classroom Discourse*. Paper presented at the AERA Annual Meeting New York, N.Y., March, 2008. (Veröff. in Vorb.)
- Gais, B. & Möller, K. (2007): Erwerb fachdidaktischer Kompetenzen im Rahmen eines universitären Studienelements zum naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht. In: Höttecke, D. (Hrsg.): *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich*. Münster, 295-297.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2002): *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn.
- Helmke, A. (2003): *Unterrichtsqualität – erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze.
- Heran-Dörr, E. (2006): Orientierung an Schülervorstellungen – Wie verstehen Lehrkräfte diesen Appell an ihre didaktische und methodische Kompetenz? In: Cech, D., Fischer, H.-J., Holl-Giese, W., Martina, K. & Schrenk, M. (Hrsg.): *Bildungswert des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn, 159-176.
- Jimenez-Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B. & Duschl R. A. (2000): «Doing the Lesson» or «Doing Science»: Argument in High School Genetics. In: *Science Education*, 84, 757-792.
- Kagan, D. M. (1992): Implications of research on teacher belief. In: *Educational Psychologist*, 27, 65-90.
- Keys, P. M. (2005): Are teachers walking the walk or just talking the talk in science education? In: *Teachers and teaching: Theory and practice*, 11, 499-516.
- Kleickmann, T. (2008): *Zusammenhänge fachspezifischer Vorstellungen zum Lehren und Lernen mit Fortschritten von Schülerinnen und Schülern im konzeptuellen naturwissenschaftlichen Verständnis*. Inaugural-Dissertation. Münster.
- 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. & Allolio-Näcke, L. (Hrsg.): *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms*. Münster, 162-193.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999): The place of argumentation in the pedagogy of school science. In: *International Journal of Science Education*, 21, 553-576.
- Newton, D. P. & Newton, L. D. (2000): Do Teachers Support Causal Understanding through their Discourse when Teaching Primary Science? In: *British Educational Research Journal*, 26, 599-613.
- Newton, L. D. (2001): Teaching for Understanding in Primary Science. In: *Evaluation and Research in Education*, 15, 143-153.

- 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.
- Pajares, F. (1992): Teachers beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. In: *Review of Educational Research*, 62, 307-332.
- Palincsar, A. S. (1998): Social constructivist perspectives on teaching and learning. In: *Annual Review of Psychology*, 49, 345-375.
- Porlán, R. & Martín del Pozo, R. (2004): The Conceptions of in-service and prospective primary school teachers about the teaching and learning of science. In: *Journal of Science Teacher Education*, 15, 39-62.
- Preacher, K. J. & Hayes, A. F. (2004): SPSS and SAS procedures for estimating indirect effects in simple mediation models. In: *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 36, 717-731.
- [QCA] Qualifications and Curriculum Authority. Department for Education and Employment (DfEE) (Eds.) (1999): *Science: The National Curriculum for England: Key Stages 1-4*.
- R Development Core Team (2008): *R: A language and environment for statistical computing (version 2.7.0)*. Vienna.
- Rost, J., Prenzel, M., Carstensen, C. H., Senkbeil, M. & Groß, K. (2004). *Naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland – Methoden und Ergebnisse von PISA 2000*. Wiesbaden.
- Simon, S., Erduran, O. & Osborne, J. (2006): Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. In: *International Journal of Science Education*, 28, 235-260.
- Skrondal, A. & Rabe-Hesketh, S. (2004): *Generalized Latent Variable Modeling*. Boca Raton, FL.
- Smith, C., MacIin, D., Houghton, C. & Hennessey, M. G. (2000): Sixth-Grade Students' Epistemologies of Science: The Impact of School Science Experiences on Epistemological Development. In: *Cognition and Instruction*, 18, 349-422.
- Southerland, S. A., Sinatra, G. M. & Matthews, M. R. (2001): Belief, knowledge, and science education. In: *Educational Psychology Review*, 13, 325-351.
- Staub, F. C. & Stern, E. (2002): The nature of teachers pedagogical content beliefs matters for students achievement gains: Quasi-experimental evidence from elementary mathematics. In: *Journal of Educational Psychology*, 94, 344-355.
- Stipek, D. J., Givvin, K. B., Salmon, J. M. & MacGyvers, V. L. (2001): Teachers beliefs and practices related to mathematics instruction. In: *Teaching and Teacher Education*, 17, 213-226.
- Thiel, S. (1990): Grundschkinder zwischen Umgangserfahrung und Naturwissenschaft. In: Wagenschein, M. (Hrsg.): *Kinder auf dem Wege zur Physik*. Weinheim, Basel, 90-180.
- Toulmin, S. E. (1958/2003): *The Uses of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Woolfolk Hoy, A., Davis, H. & Pape, S. J. (2006): Teacher knowledge and beliefs. In: Alexander, P. A. & Winne, P. H. (Eds.): *Handbook of Educational Psychology*. 2nd ed. Mahwah, NJ, 715-737.

Dr. Christina Beinbrech, Seminar für Didaktik des Sachunterrichts, WWU Münster
E-mail: beinbrc@uni-muenster.de

Dr. Thilo Kleickmann, Seminar für Didaktik des Sachunterrichts, WWU Münster
E-mail: thilo.kleickmann@uni-muenster.de

Dipl. psych. Steffen Tröbst, Seminar für Didaktik des Sachunterrichts, WWU Münster
E-mail: celan@uni-muenster.de

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