

Kremer, Kerstin; Mayer, Jürgen

Entwicklung und Stabilität von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften

Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 19 (2013), S. 77-101



Quellenangabe/ Reference:

Kremer, Kerstin; Mayer, Jürgen: Entwicklung und Stabilität von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften - In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften : ZfDN 19 (2013), S. 77-101 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-317077 - DOI: 10.25656/01:31707

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-317077>

<https://doi.org/10.25656/01:31707>

in Kooperation mit / in cooperation with:



IPN

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik

<https://www.leibniz-ipn.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS

DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation

Informationszentrum (IZ) Bildung

E-Mail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

KERSTIN KREMER UND JÜRGEN MAYER

Entwicklung und Stabilität von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften

Development and Stability of Conceptions of the Nature of Science

ZUSAMMENFASSUNG

International besteht innerhalb der fachdidaktischen Forschung ein breiter Meinungskonsens über die herausragende Bedeutung der Vermittlung eines angemessenen Verständnisses der Natur der Naturwissenschaften im Schulunterricht. In der vorliegenden Studie wurde die Entwicklung von Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften im Verlauf der Sekundarstufe I untersucht. Hierzu wurden Vorstellungen von 207 Schülerinnen und Schülern zu zwei Testzeitpunkten über ein quantitatives Messinstrument in Hinblick auf die Domäne der Naturwissenschaften allgemein erfasst. Varianzanalysen mit Messwiederholung und Korrelationsanalysen zeigen insgesamt eine Veränderung der Vorstellungen innerhalb eines Schuljahres sowie in höherem Maße angemessene und stabilere Vorstellungen bei Lernenden in höheren Klassenstufen auf. Die Bedeutung der Befunde für die Vermittlung von Naturwissenschaftsverständnis im Unterricht wird diskutiert.

Schlüsselwörter: Fragebogen, Längsschnittstudie, Natur der Naturwissenschaften, Sekundarstufe I

ABSTRACT

There is a broad international consensus in science educational research about the exceptional importance of instructional efforts to promote students' adequate understanding of the nature of science in school. This study investigates the development of students' conceptions of the nature of science in secondary school. The conceptions of 207 students were assessed two times with a quantitative measuring instrument. Repeated measures analyses of variance and correlation analyses showed that the conceptions of the nature of science change in the course of a term and that students of higher grade-levels hold more adequate and stable conceptions on the nature of science. Consequences for the teaching process are discussed.

Keywords: Questionnaire, longitudinal study, nature of science, secondary education

1 Einführung

Wie hat sich das Wissen der modernen Naturwissenschaften im Laufe der Jahrhunderte entwickelt? Muss man ein Experte sein, um naturwissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen? Sind naturwissenschaftliche Gesetze und Theorien für alle Zeiten gültig? Wie wird eine Vermutung in den Naturwissenschaften geprüft und wann kann sie als allgemein akzeptiert gelten? Im naturwissenschaftlichen Unterricht setzen sich Schülerinnen und Schüler teils implizit, teils explizit mit Fragen dieser Art auseinander und entwickeln dabei Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften. Die Bezeichnung *Natur der Naturwissenschaften* steht für charakteristische Grundzüge naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und Eigenschaften naturwissenschaftlichen Wissens und ist abgeleitet von der im angelsächsischen Sprachraum geprägten Wortschöpfung *Nature of Science* (Höttecke, 2001a, 2001b).

Ausgehend von anglo-amerikanischen Bildungsforschern und Unterrichtsentwicklern bildete sich auf internationaler Ebene ein Meinungskonsens, dass naturwissenschaftlicher Unterricht über die Vermittlung von grundlegenden inhaltlichen Konzepten der naturwissenschaftlichen Fächer hinaus auch eine Grundlage für das Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse legen soll (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002; McComas & Olson, 1998; National Research Council, 1996; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003). Diese Forderung basiert

auf der Einsicht, dass die Entwicklung eines angemessenen Naturwissenschaftsverständnisses eine zentrale Kompetenz naturwissenschaftlicher Grundbildung (*Scientific Literacy*; American Association for the Advancement of Science, 1990) darstellt. Das Verständnis über Prozesse der Naturwissenschaften soll Heranwachsende befähigen, Naturwissenschaft als einen Weg der Welterschließung zu erkennen und auf diese Weise naturwissenschaftliches Wissen sinnvoll in Argumentationsprozesse der persönlichen und gesellschaftlichen Entscheidungsfindung einzubringen (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996).

Die Erforschung des Naturwissenschaftsverständnisses von Lernenden, Studierenden und Lehrkräften ist gegenwärtig ein international intensiv bearbeitetes Forschungsfeld (Abd-El-Khalick, 2006; Abd-El-Khalick & Akerson, 2009; Akerson & Hanuscin, 2007; Dogan & Abd-El-Khalick, 2008; Hanuscin, Akerson, & Philipson-Mower, 2006; Ibrahim, Buffler & Lubben, 2009; Khishfe, 2008; Lin, Chiu & Chou, 2004; Liu & Lederman, 2007). Für den deutschsprachigen Raum wurde die Forderung nach erkenntnis- und wissenschaftstheoretischer Reflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht in den letzten Jahrzehnten immer wieder hervorgebracht (von Falkenhausen, 1985; Litt, 1959; Meyling, 1990; Pukies, 1979). Die Aufbereitung von internationalen Forschungen zu Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern über die Natur der Naturwissenschaften für den deutschsprachigen Raum erfolgte durch Heinz Meyling (1990) sowie Dietmar Höttecke

(Höttecke, 2001a, 2001b). In den letzten Jahren gelangte dieses zentrale Konzept in Deutschland vertieft in den Fokus naturwissenschaftsdidaktischer Forschung und Curriculumsentwicklung (Köller, Baumert & Neubrand, 2000; Kremer, Urhahne & Mayer, 2009; Mayer, 2007; Priemer, 2003, 2006; Urhahne & Hopf, 2004; Urhahne, Kremer & Mayer, 2008; Zilker, Kauertz & Fischer, 2009).

1.1 Dimensionen des Verständnisses der Natur der Naturwissenschaften

Das Lernen im Bereich der Natur der Naturwissenschaften bezieht sich auf verschiedene Dimensionen (Hofer & Pintrich, 1997; Conley, Pintrich, Vekiri & Harrison, 2004; Osborne et al., 2003; Urhahne et al. 2008; Lederman et al., 2002). Welche Dimensionen es dabei vornehmlich zu fördern gilt, ist Gegenstand von Kontroversen zwischen Philosophen (Lederman et al., 2002). Naturwissenschaftsdidaktiker plädieren für eine unterrichtliche Förderung, die eine Vermittlung von Konzepten über Charakteristika von naturwissenschaftlichem Wissen und Wissenserwerb als didaktische Leitlinie für den naturwissenschaftlichen Unterricht betrachtet und in Ansätzen bereits in der Grundschule beginnen kann (Driver et al., 1996; Schrepp & Sodian, 1999; Sodian, Thoerner, Kircher, Grygier & Günther, 2002). Lernenden soll im Schulunterricht deutlich werden, welche Fragen in einem Fachgebiet überhaupt gestellt und mit welchen Verfahren und mit welcher Sicherheit beantwortet

werden können (Lederman et al., 2002; McComas & Olson, 1998; Osborne et al., 2003). Um einen Konzeptwechsel zu erreichen (Duit, 1999; Duit & Treagust, 2003), könnte es ein Weg sein, dass Lernende Konzepte der Natur der Naturwissenschaften (Erläuterung siehe unten) bereits während des Lernprozesses als fruchtbar für das Verständnis von Problemsituationen im Spannungsfeld von Naturwissenschaft und Gesellschaft wahrnehmen. Zwei thematische Kontexte aus dem Fachgebiet der Biologie können den Bezug verdeutlichen. So fällt es Jugendlichen leichter, Behauptungen aus dem Themenfeld des Kreationismus und der Debatte um ein *Intelligent Design* argumentativ zu begegnen, wenn sie sich neben Faktenwissen über die Evolution auch Wissen über den erkenntnistheoretischen Status sowie die historische Entstehung der Evolutionstheorie angeeignet haben (Hokayem & BouJaoude, 2008; National Academy of Sciences, 1998). Ein weiteres Beispiel stellt die moralische Urteilsbildung über gesellschaftlich kontrovers diskutierte Verfahren der Bio- und Medizintechnologie dar. Die Auseinandersetzung mit dem Wesen von naturwissenschaftlichem Fortschritt und dem Wandel von wissenschaftlichen Methoden kann Jugendlichen helfen, die mit den Techniken verbundenen neuartigen moralischen Konfliktfelder als solche anzuerkennen und die gesellschaftliche Debatte darüber zu verstehen (Bell & Lederman, 2003). Zwei Studien zu bedeutsamen Konzepten bezüglich der Natur der Naturwissenschaften nahmen einen weithin beachteten Einfluss auf die Definition eines Grundkanons an Konzepten, die zur Natur der

Naturwissenschaften erlernt werden sollen. Lederman et al. (2002) beschreiben im Zuge der Entwicklung des *Views of Nature of Science Questionnaire* (VNOS) auch unter Bezugnahme auf die amerikanischen *National Science Education Standards* (NSES) (AAAS, 1990; NRC, 1996) die folgenden Aspekte eines angemessenen Verständnisses der Natur der Naturwissenschaften: die Vorläufigkeit und Veränderlichkeit naturwissenschaftlichen Wissens, den empirischen und objektiven Charakter des Wissenserwerbs durch Beobachtungen und Experimente, die Subjektivität des Naturwissenschaftlers im Erkenntnisprozess, die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerungen bei der Erkenntnisgewinnung, den Unterschied zwischen Gesetzen und Theorien, die Vielfältigkeit der Methoden im Erkenntnisprozess, den Anteil von Kreativität und Vorstellungskraft am Wissenserwerb sowie den Einfluss von sozialen, kulturellen und technologischen Aspekten auf den Erkenntnisprozess. Die Vermittlung eines Grundverständnisses zu diesen Aspekten ist als übergeordnetes Unterrichtsziel in den Naturwissenschaften anzusehen. Die Tiefe und Komplexität des anzustrebenden Verständnisses sind vor dem Hintergrund der Vorkenntnisse und Klassenstufe der jeweiligen Lernenden anzusetzen (Lederman et al., 2002).

Osborne et al. (2003) gelangten über die Methode einer Delphi-Studie zu einem interdisziplinären Konsens über Kompetenzen zur Natur der Naturwissenschaften. Naturwissenschaftsexperten aus verschiedenen Arbeitsfeldern, wie Fachwissenschaft, Fachdidaktik, Geschichte,

Philosophie und Soziologie der Naturwissenschaften, Wissenschaftsjournalismus sowie Schulpraxis wurden in einem mehrstufigen Verfahren unabhängig voneinander darüber befragt, welche grundlegenden Ideen über die Natur der Naturwissenschaften im Schulunterricht vermittelt werden sollten. Osborne et al. (2003) formulierten als Ergebnis ihrer Studie Grundideen, die weitestgehend Übereinstimmung zu den Aspekten von Lederman et al. (2002) aufweisen. Die Grundideen lassen sich drei zentralen Bereichen der Natur der Naturwissenschaften zuordnen. In den *Vorstellungen über das naturwissenschaftliche Wissen* werden in Übereinstimmung mit Lederman et al. (2002) die Vorläufigkeit, Veränderlichkeit und der empirische Charakter des naturwissenschaftlichen Wissens betont. In den *Vorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden* wird vergleichbar zu Lederman et al. (2002) herausgestellt, dass es in den Naturwissenschaften keine universelle Methode gibt, sondern Experimente und Beobachtungen immer in Bezug auf spezifische Fragestellungen entwickelt werden und Kreativität und Vorstellungskraft eine wichtige Rolle bei der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung spielen. In den *Vorstellungen über Institutionen und soziale Handhabung* kommen Osborne et al. (2003) wie auch Lederman et al. (2002) zu dem Ergebnis, dass die Naturwissenschaften von sozialen, technologischen und historischen Umständen beeinflusst sind.

In der hier vorgestellten Studie werden Vorstellungen zu Dimensionen der Natur der Naturwissenschaften untersucht, die

sich in die Struktur der erläuterten Studien von Osborne et al. (2003) sowie Lederman et al. (2002) einfügen und ebenso Forschungsbefunde aus dem Bereich der Kognitionspsychologie zu epistemologischen (erkenntnistheoretischen) Überzeugungen integrieren. Epistemologische Überzeugungen werden hier als domänenspezifische oder domänenübergreifende Vorstellungen über die Struktur des Wissens und des Wissenserwerbs verstanden (Hofer & Pintrich, 1997; Urhahne & Hopf, 2004). Als Gegenstand entwicklungs- und lernpsychologischer Forschung sind diese intuitiven Theorien schon seit den Pionierarbeiten von Perry (1968) bis in die heutige Zeit (Conley et al., 2004) von Bedeutung, weil man davon ausgeht, dass sie Lernprozesse durch eine Vorstrukturierung wahrgenommener Inhalte beeinflussen (Hofer & Pintrich, 1997). Die hier untersuchten Dimensionen wurden bereits in einer Studie zur Entwicklung eines Messinstruments begründet und beschrieben (Urhahne, Kremer & Mayer, 2008). Das betreffende Messinstrument wird auch in dieser Studie verwendet. Generell gilt, dass die Erfassung von Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften immer auch kritisch diskutiert werden muss. Eine ausführliche Darstellung von Möglichkeiten und Grenzen der Erfassung solcher Vorstellungen im Fragebogenformat ist bei Urhahne et al. 2008 zu finden. Die Dimensionen entstammen dieser vorangegangenen Studie von Urhahne et al. (2008) und sind in Tabelle 1 erläutert.

1.2 Entwicklung von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften

In den vergangenen Jahrzehnten wurden international zahlreiche Studien vorgelegt, die sich der Erforschung von Vorstellungen und Kenntnissen Lernender zur Natur der Naturwissenschaften widmen (zsf. Aikenhead, 1973; Höttecke, 2001; Khishfe, 2008; Lederman, 2007). Trotz dieser regen Forschungstätigkeit ist der Kenntnisstand über die Entwicklung von Naturwissenschaftsverständnis im Laufe der Schuljahre aufgrund kontroverser Befunde nach wie vor als unvollständig anzusehen (Hofer & Pintrich, 1997; Khishfe, 2008).

Ein großer Teil der Studien, die sich mit den Vorstellungen von Lernenden zur Natur der Naturwissenschaften befassen, konzentriert sich auf Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe (Carey, Evans, Honda, Jay & Unger, 1989; Hofer & Pintrich, 1997; Songer & Linn, 1991) und darüber hinaus (Aikenhead, Fleming & Ryan, 1987; Moss, Abrams & Robb, 2001; Solomon, Scott & Duveen, 1996). Die Studien berichten allesamt über Defizite im Wissenschaftsverständnis bei den untersuchten Schülerinnen und Schülern. Aufgrund dieser Defizite bei bereits reiferen Lernern war man lange der Meinung, dass jüngere Lernende am Beginn der weiterführenden Schule oder in der Grundschule überhaupt nicht in der Lage seien, die Natur der Naturwissenschaften angemessen zu erfassen (Hofer & Pintrich, 1997), das heißt basierend auf dem kognitiven Entwicklungsmodell nach Piaget traute man den Heranwachsenden nie-

Tab. 1: Dimensionen und ihre inhaltliche Beschreibung nach Urhahne et al. (2008)

Dimension	Inhaltliche Beschreibung
Herkunft des Wissens	Das naturwissenschaftliche Wissen wird nicht allein von Autoritäten an die Lernenden weitergegeben, sondern kann auch von den Lernenden selbst entdeckt und erarbeitet werden. Menschen aller Kulturen können mit ihren Ideen etwas zum naturwissenschaftlichen Wissensfundus beitragen (Conley et al., 2004; McComas & Olson, 1998).
Sicherheit des Wissens	Unser heutiges naturwissenschaftliches Wissen ist zwar relativ verlässlich und dauerhaft, aber nie vollkommen sicher. Bestehende Theorien und Konzepte sind immer als vorläufig zu betrachten. Es kann stets neues Wissen zu bereits intensiv beforschten Gebieten hinzukommen. Auch können zwei Theorien, die das gleiche Phänomen erklären nebeneinander gültig sein, so lange keine dagegen sprechenden Beweise vorliegen (Lederman et al., 2002; McComas & Olson, 1998; Osborne et al., 2003).
Rechtfertigung des Wissens	Das naturwissenschaftliche Wissen beruht auf Beobachtungen, Experimenten, rationalen Begründungen und Skepsis. Experimente stellen einen geeigneten Weg dar, das naturwissenschaftliche Wissen zu rechtfertigen. Experimentelle Daten können die eigenen Vorstellungen unterstützen und zeigen, ob eine Behauptung sich als glaubhaft erweist. Ein einzelnes Experiment, so überzeugend es auch sein mag, kann jedoch noch keine naturwissenschaftliche Theorie beweisen (McComas & Olson, 1998; Osborne et al., 2003).
Entwicklung des Wissens	Das naturwissenschaftliche Wissen unterliegt einem fortwährenden Entwicklungs- und Veränderungsprozess. Der Wissenswandel wird z.B. durch neue Technologien und verbesserte Forschungsmöglichkeiten unterstützt. Die Veränderungen des naturwissenschaftlichen Wissens gehen jedoch nicht mit einer Annäherung an eine absolute Wahrheit einher. Die Geschichte der Naturwissenschaften verdeutlicht den evolutionären und revolutionären Charakter des Faches (McComas & Olson, 1998; Osborne et al., 2003).
Einfachheit des Wissens	Naturwissenschaftliches Wissen wird mit einer Tendenz zur Einfachheit formuliert, ohne die Komplexität natürlicher Phänomene außer Acht zu lassen. In den Naturwissenschaften herrscht das Bestreben mit einer möglichst kleinen Anzahl von Konzepten eine möglichst große Anzahl von Beobachtungen erklären zu können. Naturwissenschaftliche Theorien werden eher allgemein und umfassend als spezifisch und detailliert formuliert (Hofer, 2000; Hofer & Pintrich, 1997).
Zweck der Naturwissenschaften	Die Naturwissenschaften sind auch der Versuch, natürliche Phänomene zu beschreiben, zu erklären und vorherzusagen. Eine Zielsetzung von Naturwissenschaften ist es, Erfahrungen des Menschen mit der belebten und unbelebten Natur in eine rational nachvollziehbare Ordnung zu bringen (Driver et al., 1996; Labudde, 2000; McComas & Olson, 1998).
Kreativität von Naturwissenschaftlern	Die Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse ist kein vollkommen rationaler Prozess. Die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens erfordert die Kreativität und den Einfallsreichtum des Naturwissenschaftlers. Naturwissenschaftliche Konzepte beruhen auf enormen intellektuellen Leistungen, die ohne die Inspiration und Vorstellungskraft der Wissenschaftler nicht möglich gewesen wären (Lederman et al., 2002; McComas & Olson, 1998; Osborne et al., 2003).

derer Jahrgangsstufen lediglich ein faktenbasiertes Denken in absoluten Kategorien zu, nicht aber ein Verständnis eines Abwägens von unterschiedlichen Positionen und Meinungen. Neuere Studien, die sich gezielt mit den Ansichten jüngerer Schüler auseinandersetzen, leiten jedoch ab, dass die jüngeren Lernenden zwar naive Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften mit in den Unterricht bringen, aber durchaus die kognitiven Voraussetzungen mitbringen, um durch passende Anleitung gezielt zu angemessenen Ansichten zu gelangen (Conley et al., 2004; Khishfe, 2008; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Smith, Maclin, Houghton & Hennessey, 2000; Schrempf & Sodian, 1999; Sodian et al., 2002). Wie sind also die Ausgangsbedingungen beschaffen, von denen der Unterricht in den unterschiedlichen Jahrgangsstufen ausgehend geplant werden kann? Studien, die Ansichten unterschiedlicher Alters- bzw. Jahrgangsstufen vergleichend betrachten, können zur Klärung dieser Frage von besonderer Bedeutung sein.

Urhahne et al. (2008) untersuchten mit dem auch in dieser Studie verwendeten quantitativen Messinstrument die Vorstellungen von Lernern des 6. bis 10. Schuljahrs im Querschnitt. Es zeigte sich eine statistisch signifikante Entwicklung hin zu angemessenen Sichtweisen bei steigender Schuljahrszugehörigkeit. Die Studie ist jedoch nicht im Längsschnitt angelegt und lässt somit keine echten Rückschlüsse über die Entwicklung solcher Vorstellungen über die Zeit zu.

Ebenso quantitative Vergleichsstudien von Angehörigen unterschiedlicher Jahr-

gangsstufen führte die Arbeitsgruppe um Joan Solomon in den achtziger und neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts in Großbritannien bei Vierzehn- und Fünfzehnjährigen am Ende der weiterführenden Schule im Vergleich zu Zwölf- bis Dreizehnjährigen sowie sechzehn- bis achtzehnjährigen Schülern durch (Solomon et al., 1996). Hintergrund der Erhebungen war es, einen Einblick in die Veränderlichkeit der Ideen über die Natur der Naturwissenschaften im Verlauf der Schullaufbahn zu gewinnen. Zu diesem Zweck wurde ein Multiple-Choice Messinstrument eingesetzt, das die Vorstellungen der Lernenden in Hinblick auf das Verhältnis von Experiment und Theorie in der Wissenschaft erfassen sollte. Also wurde eine Erhebungsmethode verwendet, die sich von dem oben beschriebenen Fragebogeninstrument sowohl in Hinblick auf das Antwortformat als auch in Hinblick auf die betrachtete Dimension von Naturwissenschaftsverständnis unterscheidet. Als Ergebnis der mit über tausend Probanden durchgeführten Erhebung berichten die britischen Forscher eine signifikante Verbesserung der Antworten mit zunehmendem Alter und damit verbunden zunehmender Erfahrung mit Naturwissenschaften im Schulunterricht. Je älter die Schülerinnen und Schüler waren, desto stärker war ihre Überzeugung ausgeprägt, dass Wissenschaftler vor dem Experimentieren eine klare Erwartung zum Ausgang des Experiments haben, Experimente der Suche nach Erklärungen für Naturphänomene dienen und im Wechselspiel zwischen theoretischen Überlegungen und experimentellem Handeln der eigentliche

Kern des wissenschaftlichen Arbeitens begründet liegt (Solomon et al., 1996).

Kang, Scharmann und Noh (2005) führten einen Jahrgangsvergleich von koreanischen Schülerinnen und Schülern der sechsten, achten und zehnten Klasse durch. Der eingesetzte Fragebogen ist weitestgehend von dem Messinstrument der Studie von Solomon et al. (1996) abgeleitet und benutzt ein vergleichbares Multiple-Choice-Antwortformat. Die koreanischen Forscher untersuchten Schülervorstellungen zum Zweck der Naturwissenschaften, dem Charakter einer Theorie sowie eines Modells und zur Vorläufigkeit, Entwicklung und Rechtfertigung einer Theorie. In allen Bereichen wurden eher absolute, d. h. naive Sichtweisen auf Seiten der untersuchten Schülerinnen und Schüler gefunden sowie keine signifikanten Jahrgangsunterschiede.

Bemerkenswert ist somit, dass Kang et al. (2005) die von Solomon et al. (1996) berichtete altersabhängige Progression in Hinblick auf angemessene Vorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften nicht replizieren konnten, obwohl sie sogar die Ansichten der wesentlich jüngeren Sechstklässler in den Jahrgangsvergleich einbezogen hatten. Die Autoren diskutieren daher auch kulturelle Unterschiede als mögliche Ursache für die abweichenden Befunde.

1.3 Problemstellung der Studie

Der alters- und jahrgangsstufenabhängige Verlauf der Vorstellungen Lernender über die Natur der Naturwissenschaften

unter besonderer Berücksichtigung der Ansichten jüngerer Lernender stellt somit weiterhin ein offenes Forschungsfeld naturwissenschaftsdidaktischer Forschung dar. Wenn also – in Hinblick auf *Scientific Literacy* – die Entwicklung eines angemessenen und sinnstiftenden Naturwissenschaftsverständnisses ein zentrales Desideratum von Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern darstellen soll (AAAS, 1990; Höttecke, 2001b; KMK, 2005; Osborne et al., 2003), so ist von Bedeutung, die Effektivität des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Hinblick auf dieses Verständnis stetig zu evaluieren. So kann beurteilt werden, wie sich Unterrichtsqualität gezielt verbessern lässt. Untersuchungen zur Entwicklung von Vorstellungen über Naturwissenschaften liegen für den deutschen Sprachraum jedoch nur vereinzelt vor (Sodian et al., 2002). Aufgrund der unterschiedlichen Bildungssysteme und Curricula und auch kultureller Einflussfaktoren lassen sich die internationalen Befunde nicht direkt übertragen (Sodian et al., 2002).

2 Forschungsfragen und Forschungsdesign

Das Ziel der vorliegenden Studie war es somit, zur Untersuchung der Veränderung von Lernervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften im Verlauf der Sekundarstufe I beizutragen. Zu diesem Zweck wurde ein quantitatives Messinstrument (Urhahne et al., 2008) zu zwei Testzeitpunkten zu Beginn und zum Ende eines Schuljahres eingesetzt. Im Einzelnen

sollen die folgenden Forschungsfragen untersucht werden.

- (1) Unterscheiden sich die Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften von Schülerinnen und Schülern aus unterschiedlichen Jahrgangsgruppen der Sekundarstufe I voneinander?

Vorangegangene Studien untersuchten bereits Vorstellungen Lernender zur Natur der Naturwissenschaften im Querschnitt, indem unterschiedliche Jahrgänge oder Altersgruppen miteinander verglichen werden. Sie kommen hierbei zu kontroversen Ergebnissen (Kang et al., 2005; Solomon et al., 1996). Urhahne et al. (2008) berichten auf der Basis des auch in dieser Studie eingesetzten quantitativen Messinstruments ein mit zunehmender Jahrgangsstufe angemesseneres Verständnis. Die Befunde von Urhahne et al. (2008) basieren auf einem einfachen varianzanalytischen Vergleich. In der vorliegenden Studie sollen die Befunde von Urhahne et al. (2008) mit demselben Messinstrument – jedoch methodisch erweitert im Rahmen einer Varianzanalyse mit Messwiederholung – repliziert werden.

- (2) Unterscheiden sich die Vorstellungen der Lernenden am Schuljahresbeginn und am Schuljahresende voneinander?

Während querschnittliche Analysen zum Naturwissenschaftsverständnis der Lernenden in der Literatur vereinzelt berichtet werden (Kang et al., 2005; Solomon et al., 1996; Urhahne et al., 2008), ist die längsschnittliche Entwicklung kaum er-

forscht. Um Hinweise auf die Entwicklung und Veränderung der Vorstellungen im Verlauf eines Schuljahres zu gewinnen, wurden die Ansichten der Lernenden in dieser Studie zu zwei Testzeitpunkten am Schuljahresbeginn und Schuljahresende erhoben. Vergleiche sollen Aufschluss darüber geben, inwiefern die mittleren Vorstellungen der Jugendlichen in den verschiedenen Jahrgangsgruppen veränderlich sind.

- (3) Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Vorstellungen der Lernenden zum ersten und zweiten Testzeitpunkt?

Ergänzend zur Analyse der Veränderlichkeit der Lernervorstellungen durch Mittelwert-Vergleiche soll die Korrelationsanalyse der Vorstellungen zwischen den beiden Testzeitpunkten die Veränderlichkeit der Lernervorstellungen zwischen Vor- und Nachtest untersuchen. Die Korrelationsanalyse kann auch als Test-Retest-Reliabilität interpretiert werden (Zöfel, 2003) und soll Aufschluss über die jeweilige Stabilität der Vorstellungen in den verschiedenen Jahrgangsgruppen geben.

3 Methodik

3.1 Stichprobe

An der im Rahmen des BMBF-Projekts *Biologie im Kontext* (Bayrhuber et al., 2007) durchgeführten Untersuchung nahmen 207 Schülerinnen und Schüler (119 Mädchen, 88 Jungen) der Sekundarstufe I aus

fünf hessischen Schulen (drei Gymnasien, eine Gesamtschule, eine Realschule) teil. Die Lehrpläne und Curricula in den jeweiligen Schulen waren vergleichbar ausgerichtet. Die Lehrkräfte der jeweiligen Klassen trafen sich regelmäßig und richteten ihre Unterrichtsgestaltung vergleichbar aus, so dass in Hinblick hierauf ebenso von einer homogenen Probandenpopulation ausgegangen werden kann. Die Schülerinnen und Schüler waren zum ersten Erhebungszeitpunkt im Mittel 12.3 Jahre alt. Sie gehörten der fünften ($n=76$), sechsten ($n=12$), siebten ($n=18$), achten ($n=38$) und neunten ($n=63$) Jahrgangsstufe an. Um zu statistisch vergleichbaren Stichprobengrößen zu gelangen, wurden die Probanden für alle Analysen zu drei Jahrgangsgruppen (fünfter und sechster Jahrgang, siebter und achter Jahrgang sowie neunter Jahrgang) zusammengefasst. Das mittlere Alter der jüngsten Jahrgangsgruppe (Fünft- und Sechstklässler) beträgt $M=10.4$ Jahre ($SD=.60$); die zweitjüngste Jahrgangsgruppe (Siebt- und Achtklässler) wies ein mittleres Alter von $M=13.0$ Jahren ($SD=.84$) auf und die älteste Jahrgangsgruppe (Neuntklässler) wies ein mittleres Alter von $M=14.4$ Jahren ($SD=.55$) auf.

3.2 Messinstrument

Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten einen Fragebogen, der ihre Vorstellungen durch graduelle Zustimmung zu Aussagen über die Charakteristika der Naturwissenschaften quantitativ erfasste. Der Fragebogen beinhaltet die Dimensi-

onen Sicherheit, Entwicklung, Einfachheit, Rechtfertigung und Herkunft des naturwissenschaftlichen Wissens, den Zweck der Naturwissenschaften sowie die Rolle der Kreativität des Naturwissenschaftlers bei der Erkenntnisgewinnung (Urhahne et al., 2008). Der Fragebogen wurde von den Autoren auf der Basis umfangreicher Literaturrecherche zur Natur der Naturwissenschaften (Chen, 2006; Labudde, 2000; Lederman et al., 2002; Lin et al., 2004; Priemer, 2003; Rubba & Andersen, 1978; Solomon, Scott, & Duveen, 1996) und zu epistemologischen Überzeugungen (Buehl, Alexander & Murphy, 2002; Conley et al., 2004; Hofer, 2000; Ryan, 1984; Schraw, Bendixen, & Dunkle, 2002; Wood & Kardash, 2002) aufbauend auf einem Instrument von Conley et al. (2004) und Urhahne & Hopf (2004) entwickelt. Mit diesen vergleichbaren Instrumenten von Conley et al. (2004) und Urhahne & Hopf (2004) wurden bereits Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften in einem breiten Altersspektrum erfasst und ausgewertet. Durch statistisch bedeutsame Korrelation mit dem naturwissenschaftlichen Selbstkonzept der Lernenden, der Lernleistung, den Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung sowie der Kenntnis von wissenschaftstheoretischen Fachbegriffen konnte die Konstruktvalidität des Instruments in vorhergehenden Studien bereits sichergestellt werden (Kremer et al., 2009; Urhahne et al., 2008; Urhahne, Kremer & Mayer, 2011).

Zur Messung der Items wurde eine fünfstufige Likertskala (1 „stimmt gar nicht“, 2 „stimmt kaum“, 3 „stimmt teils-teils“,

4 „stimmt ziemlich“, 5 „stimmt völlig“) eingesetzt. Diese Erfassung ist nicht als Messung von „richtigen“ oder „falschen“ Vorstellungen zu verstehen, sondern als Erfassung einer individuellen Einstellung zu einer gegebenen Aussage mit dem Mittel der Likertskala. Die Messung von Vorstellungen über graduelle Zustimmung zu Aussagen über die Natur der Naturwissenschaften basiert auf einer kognitionspsychologischen Forschungstradition zu epistemologischen Überzeugungen (Hofer & Pintrich, 1997; Smith et al., 2000; Urhahne & Hopf, 2004). Das Messverfahren basiert auf der Grundannahme, dass über die graduelle Zustimmung zu Aussagen auf der Likertskala zwischen den beiden Polen eines einerseits eher absoluten Wissenschaftsverständnisses, das an Fakten und Kategorisierungen im Sinne von richtig und falsch orientiert ist, und andererseits einer eher relativistischen Position,

die verschiedenartig begründete Perspektiven auf naturwissenschaftliches Wissen anerkennt, differenziert werden kann. Hierbei wird angenommen, dass die relativistische Perspektive einer realistischen Sicht der Natur der Naturwissenschaften entspricht. Die Kritik an einer solchen Erhebungsmethode ist ernst zu nehmen und wird in Kapitel 1.1 und in der Diskussion betrachtet. Vorteilhaft ist jedoch die zeitökonomische Untersuchung in größeren Stichproben und damit verbunden, die Möglichkeit der vergleichbaren Erforschung von Zusammenhängen und Entwicklungen innerhalb dieser Stichproben. In Tabelle 2 sind die Skalen mit Itembeispielen und Reliabilität für Vortest bzw. Nachtest angegeben. Es handelt sich hierbei um fünf der oben geschilderten sieben Dimensionen. Die Skalen zur Kreativität von Naturwissenschaftlern und zur Einfachheit naturwissenschaftlichen Wissens

Tab. 2: Itembeispiele, Itemanzahl und Reliabilitäten von fünf Dimensionen der Natur der Naturwissenschaften

Skala	Itembeispiel/Itemanzahl in beiden Tests	Cronbachs' α	Cronbachs' α
		Vortest	Nachtest
Herkunft	Nur Naturwissenschaftler können sich naturwissenschaftliche Forschungsfragen überlegen. (-) / 4	.65	.67
Sicherheit	Bewährte naturwissenschaftliche Theorien dürfen nicht in Frage gestellt werden. (-) / 7	.66	.55
Rechtfertigung	Es ist wichtig, Experimente mehr als einmal durchzuführen, um Ergebnisse abzusichern. / 8	.68	.61
Entwicklung	Manchmal verändern sich die Vorstellungen in den Naturwissenschaften. / 8	.68	.75
Zweck	Wissenschaftler führen Experimente durch, um neue Entdeckungen zu machen. / 4	.64	.69

wurden aufgrund unzureichender Kennwerte aus der Auswertung ausgeschlossen. Negativ gepolte Items wurden vor der Auswertung umgepolt.

Die Reliabilität von Skalen zu erkenntnistheoretischen Überzeugungen liegt erfahrungsgemäß in einem Bereich zwischen .50 und .70 (Muis, Bendixen & Härle, 2006). Dies ist auch in dieser Studie aufgrund des weiten Alterspektrums und dem damit verbundenen heterogenen Kenntnisstand der untersuchten Probanden der Fall. Zwei der sieben verwendeten Skalen zu den einleitend geschilderten Dimensionen – die Einfachheit naturwissenschaftlichen Wissens und die Kreativität von Naturwissenschaftlern – wurden wegen geringer Messzuverlässigkeit von den weiteren Analysen ausgeschlossen (Reliabilität unter .40). Außerdem wurden aus diesem Grund Items des Ausgangsfragebogens von Urhahne et al. (2008) aus der weiteren Analyse entfernt. Die Reliabilität der fünf für die Untersuchung verbliebenen Skalen ist als befriedigend zu bewerten.

3.3 Untersuchungsverlauf

Die Schülerinnen und Schüler bearbeiteten zu zwei Messzeitpunkten den Fragebogen zur Natur der Naturwissenschaften und soziodemographische Fragen (Alter, Geschlecht, Schule) innerhalb des regulären Biologieunterrichts und in Anwesenheit der Lehrkräfte. In Hinblick auf die Erhebung ihrer Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften enthielt der Fragebogen einen Einführungstext, der sie explizit dazu aufforderte, die Be-

antwortung als einen Ausdruck ihrer persönlichen Vorstellung und nicht als Test im Sinne eines „Richtig“ oder „Falsch“ anzusehen. Der erste Erhebungszeitpunkt (Vortest) lag zu Beginn des Schuljahres 2006/2007 und der zweite Erhebungszeitpunkt (Nachtest) lag am Ende desselben Schuljahres. Mit Hilfe eines persönlichen Codes für jeden Untersuchungsteilnehmer konnten die Daten aus Vortest und Nachtest einander zugeordnet werden.

4 Ergebnisse

Zur Prüfung auf Unterschiede zwischen den Vorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften wurden einfaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung, T-Tests und Korrelationsanalysen durchgeführt. Die ANOVA mit Messwiederholung integriert als einziges Analyseverfahren den Gruppenvergleich mit dem zeitlichen Vergleich und wurde aus diesem Grund in Hinblick auf die Forschungsfragen alternativen nichtparametrischen Verfahren vorgezogen. Die Ergebniswerte aus Vor- und Nachtest sind hier als abhängige Variable zu betrachten. Die Untersuchungsteilnehmer der 5. und 6. Klasse sowie der 7. und 8. Klasse wurden für diese und alle weiteren Analysen jeweils zu einer gemeinsamen Jahrgangsstufe zusammengefasst. Diese Gruppen stellen die unabhängige Variable dar. Die Zusammenfassung ergibt sich aus der ungleichen Verteilung der Untersuchungsteilnehmer aus den unterschiedlichen Klassenstufen über die gesamte Stichprobe. Diese Gleichheit der Stichproben-

größen ist bei der ANOVA von Bedeutung (Bühner & Ziegler, 2009, S. 374). Tabelle 3 zeigt jeweils die Skalen-Mittelwerte der drei Jahrgangsgruppen im Vortest sowie im Nachtest und die Prüfgröße F_{Gruppe} für den Effekt der Unterschiede zwischen den Jahrgangsgruppen über beide Testzeitpunkte hinweg. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass für die Berechnung der Prüfgröße F_{Gruppe} im Rahmen der Varianzanalyse mit Messwiederholung die Testergebnisse aus Vortest und Nachtest gemeinsam in die Berechnung eingehen und der varianzanalytische Vergleich zwischen den drei mittleren Bewertungen in den Jahrgangsgruppen erfolgt ist. In Hinblick auf die beiden Messzeitpunkte berichtet Tabelle 3 die Prüfgröße F_{Zeit} für den innerhalb der Varianzanalysen errechneten Effekt der Unterschiede inner-

halb der beiden Messzeitpunkte. Bei der Berechnung der Prüfgröße F_{Zeit} gingen die Testergebnisse aller Jahrgangsgruppen im Vor- bzw. Nachtest gemeinsam in die Berechnung ein. Im Folgenden wird anhand der ANOVA mit Messwiederholung und der zusätzlichen Analysen auf die aufgeworfenen Forschungsfragen eingegangen.

4.1 Erste Forschungsfrage:
Unterschiede zwischen den
Jahrgangsgruppen

Wie anhand der Prüfgröße F_{Gruppe} deutlich wird, zeigen mit Ausnahme der Dimension Entwicklung ($F(2,165) = 1.47$, ns , $\eta^2 = .017$) die Varianzanalysen für alle anderen Dimensionen der Natur der Naturwissenschaften statistisch signifikante

Tab. 3: Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung nach Klassenstufen

	5./6. Klasse		7./8. Klasse		9. Klasse		F_{Zeit} <i>M (SD)</i>	F_{Gruppe} <i>M (SD)</i>
	Vortest <i>M (SD)</i>	Nachtest <i>M (SD)</i>	Vortest <i>M (SD)</i>	Nachtest <i>M (SD)</i>	Vortest <i>M (SD)</i>	Nachtest <i>M (SD)</i>		
Herkunft	4.17 (.82)	4.22 (.80)	3.89 (.74)	4.17 (.79)	4.26 (.70)	4.40 (.69)	5.42*	3.78*
Sicherheit	3.45 (.51)	3.70 (.70)	3.50 (.55)	3.72 (.55)	3.90 (.60)	3.99 (.69)	18.49**	7.91**
Rechtfertigung	4.09 (.52)	4.20 (.47)	3.83 (.56)	3.93 (.57)	4.08 (.46)	4.13 (.39)	2.72	8.93**
Entwicklung	3.70 (.55)	3.83 (.66)	3.70 (.56)	3.69 (.66)	3.93 (.55)	3.83 (.61)	.04	1.47
Zweck	4.21 (.66)	4.38 (.66)	4.14 (.60)	4.10 (.68)	4.22 (.59)	3.91 (.63)	1.10	3.63*

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .001$.

Gruppenunterschiede auf. Daraufhin wurden Tukey-Tests berechnet, um die signifikanten Unterschiede zwischen den drei Untergruppen zu bestimmen. Es zeigen sich in sechs Fällen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Untergruppen. Für die Dimension Zweck ($F(2,178) = 3.63$, $p < .05$, $\eta^2 = .039$) erweisen sich die Vorstellungen der Fünft- und Sechstklässler als signifikant angemessener als die Vorstellungen der Lernenden der 9. Klasse. Die Effektstärke dieses Vergleichs ist als schwach einzuordnen. Außerdem ergibt sich für die Dimension Rechtfertigung ($F(2,164) = 8.93$, $p < .001$, $\eta^2 = .098$) ein signifikanter Unterschied zugunsten der Schülerinnen und Schüler der 5. und 6. Klasse gegenüber den Angehörigen der 7. und 8. Klasse. Die Effektstärke dieses Vergleichs ist als mittel einzuordnen. In vier weiteren Fällen ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen Untergruppen, die darauf deuten, dass Angehörige höherer Jahrgangsstufen angemessenere Vorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften aufweisen. Bezüglich der Dimension Rechtfertigung sowie der Dimension Herkunft ($F(2,204) = 3.78$, $p < .05$, $\eta^2 = .036$) wird der Gruppenunterschied zwischen 7./8. Klasse und 9. Klasse zugunsten der Neuntklässler signifikant. Die Effektstärke in Hinblick auf den letztgenannten Vergleich ist als schwach einzuordnen. Die Dimension Sicherheit ($F(2,158) = 7.91$, $p < .001$, $\eta^2 = .91$) weist unter allen untersuchten Dimensionen die eindeutigsten Ergebnisse auf. Hier sind abermals die Vorstellungen der Neuntklässler sowohl gegenüber den Fünft- und Sechstklässlern als auch gegenüber den Siebt- und Acht-

klässlern signifikant angemessener. Die Effektstärke dieses Vergleichs ist als stark einzuordnen.

4.2 Zweite Forschungsfrage: Unterschiede zwischen den Testzeitpunkten innerhalb der Jahrgangsgruppen

Die zweite Forschungsfrage leitet zu den Veränderungen der Vorstellungen vom ersten zum zweiten Testzeitpunkt über. In Hinblick auf die beiden Messzeitpunkte berichtet Tabelle 2 die Prüfgröße F_{Zeit} für den innerhalb der Varianzanalysen errechneten Effekt der Unterschiede innerhalb der beiden Messzeitpunkte. In Abbildung 1 ist die Entwicklung der Vorstellungen über alle Jahrgangsgruppen hinweg graphisch veranschaulicht.

Betrachtet man die Abbildung 1, so wird deutlich, dass die Bewertungen der Dimensionen auf der Likert-Skala durch die Lernenden absolut gesehen im eher angemessenen Bereich lokalisiert sind. Verhältnismäßig am wenigsten angemessen wird hier die Dimension Sicherheit im Vortest ($M = 3.58$, $SD = .59$) bewertet, während die Bewertung der Dimension Herkunft im Nachtest ($M = 4.27$, $SD = .77$) die angemessenste Sicht der Lernenden auf die Natur der Naturwissenschaften aufzeigt. Betrachtet man die Entwicklung der Vorstellungen vom Vortest zum Nachtest, so zeigt sich, dass die Mittelwerte der Vorstellungen zu den Dimensionen Herkunft ($F(1,204) = 5.42$, $p < .05$, $\eta^2 = .026$, schwacher Effekt) und Sicherheit ($F(1, 158) = 18.49$, $p < .001$, $\eta^2 = .105$,

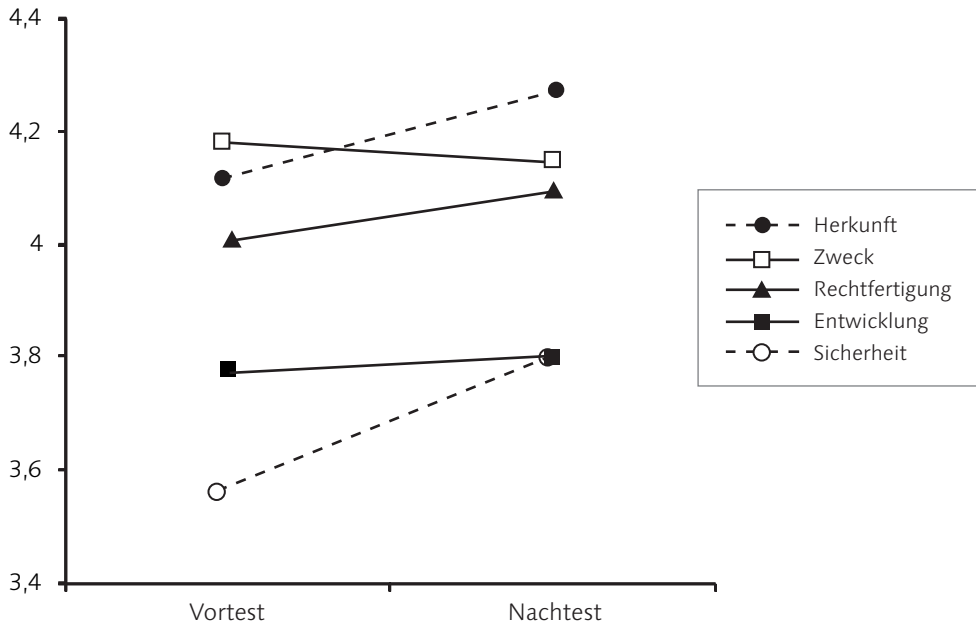


Abb. 1: Veränderungen (Mittelwerte der Bewertung auf der Likertskala) zu fünf Dimensionen der Natur der Naturwissenschaften (signifikante Mittelwertsunterschiede: Herkunft $p < .05$; Sicherheit $p < .001$).

starker Effekt) vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt signifikant zunehmen, was auf eine positive Entwicklung über das Schuljahr hinweg hindeutet. Die Dimensionen Rechtfertigung ($F(1,164) = 2.72$, ns , $\eta^2 = .016$), Entwicklung ($F(1,165) = .04$, ns , $\eta^2 = .000$) und Zweck ($F(1,178) = 1.10$, ns , $\eta^2 = .006$) weisen keine signifikanten Mittelwertunterschiede auf. Die Dimension Zweck ist die einzige der untersuchten Dimensionen, deren mittlere Bewertung von Vortest zu Nachtest absinkt. Die Veränderungen zwischen den beiden Testzeitpunkten wurden zusätzlich mit Hilfe von t-Tests für verbundene Stichproben separat nach Jahrgangsstufen untersucht. Die Mittelwertunterschiede werden dabei in

vier Fällen signifikant. In drei Fällen wird hierbei erneut eine Entwicklung hin zu angemessenen Vorstellungen von Vortest zu Nachtest bestätigt. Bei den Fünft- und Sechstklässlern werden die Vorstellungen zur Dimension Sicherheit vom Vortest zum Nachtest signifikant adäquater ($t(64) = -3.10$, $p < .01$, $d = -.43$). Die Jahrgangsstufe der Siebt- und Achtklässler verbessert sich signifikant in den Dimensionen Herkunft ($t(55) = -2.06$, $p < .05$, $d = -.37$) und Sicherheit ($t(45) = -2.70$, $p < .01$, $d = -.45$). In der Gruppe der Neuntklässler, die in Bezug auf die Dimension Zweck im Vortest bereits auf einem vergleichsweise hohen Niveau liegt ($M = 4.22$, $SD = .59$), ist ein Abfall der mittleren Be-

wertung zu berichten ($t(53) = 3.63$, $p < .001$, $d = .55$).

4.3 Dritte Forschungsfrage: Zusammenhänge zwischen den Testzeitpunkten innerhalb der Jahrgangsgruppen

Schließlich bezieht sich die dritte Forschungsfrage auf die individuelle Stabilität der Vorstellungen unterschiedlicher Jahrgangsstufen bezüglich der beiden Testzeitpunkte. Tabelle 4 berichtet Korrelationen zwischen Vortest und Nachtest getrennt nach Jahrgangsstufen.

Für die Gruppe der Fünft- und Sechstklässler zeigt sich in Bezug auf die Dimensionen Rechtfertigung, Entwicklung und Zweck keine Korrelation zwischen Vortest und Nachtest. Die Dimensionen Herkunft und Sicherheit weisen eine mittlere signifikante Korrelation auf. In der siebten und achten Klasse ist die Stabilität der Bewertung in allen Dimensionen mit Ausnahme der Dimension Herkunft signifikant und liegt im schwachen bis mittleren Bereich. Die Dimension Herkunft wird nicht signifikant. Ähnliches ist für die Untersuchungsteilnehmer der Jahrgangsstufe 9 zu

berichten. Hier weisen die Dimensionen Sicherheit, Entwicklung und Zweck signifikant mittlere Zusammenhänge zwischen Vortest und Nachtest auf. Die Dimension Herkunft wird nicht signifikant. Insgesamt betrachtet sind vor allem die Vorstellungen der Fünft- und Sechstklässler als eher instabil einzustufen. Die Gruppen der Siebt- und Achtklässler sowie der Neuntklässler weisen im Gegensatz zu den jüngeren Lernenden der fünften und sechsten Klasse stabilere Bewertungen von Vortest zu Nachtest auf.

Abbildung 2 verdeutlicht graphisch die Aussage der Korrelationsanalysen in Hinblick auf die Stabilität der Schülervorstellungen. Jeder Punkt im Streudiagramm repräsentiert das Antwortverhalten eines Individuums oder einer Individuengruppe in Vortest bzw. Nachtest, hier beispielhaft dargestellt für die Dimension Entwicklung. Hierbei repräsentiert die waagrechte Achse den Wert im Vortest und die senkrechte Achse den Wert im Nachtest. Zusätzlich enthält das Streudiagramm die Regressionsgerade. Hierdurch wird der Mittelwert im Nachtest in Abhängigkeit vom Wert im Vortest deutlich. Es zeigt sich, dass in beiden dargestellten Fällen der Wert im Nachtest mit

Tab. 4: Korrelationen von Vortest und Nachtest nach Klassenstufen

	5./6. Klasse	7./8. Klasse	9. Klasse
Herkunft	.32**	.08	.14
Sicherheit	.38**	.36*	.50***
Rechtfertigung	.03	.29*	-.02
Entwicklung	.20	.48***	.52***
Zweck	.19	.34*	.38**

Anmerkung. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

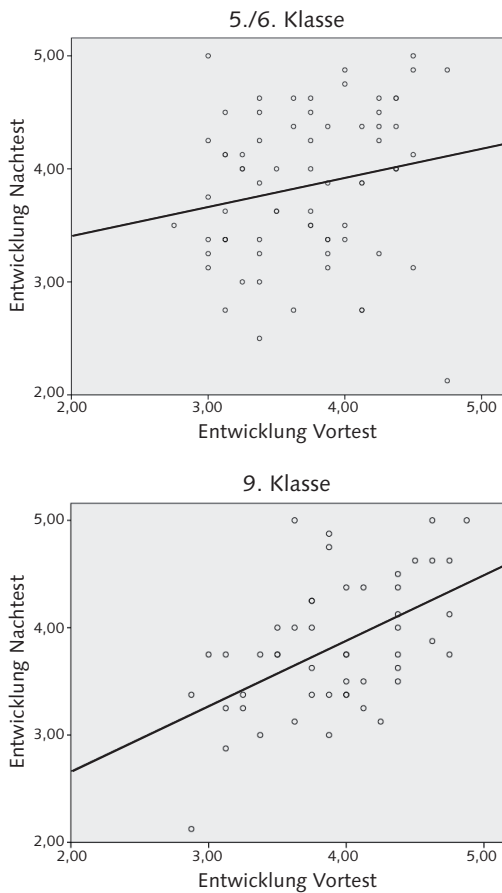


Abb. 2: Streudiagramm zu individuellen Zusammenhängen zwischen der Bewertung im Vortest und Nachtest in Bezug auf die Dimension Entwicklung bei Schülerinnen und Schülern der 5./6. Klasse und der 9. Klasse.

zunehmendem Vortestergebnis im Mittel ansteigt. Für die Gruppe der Neuntklässler zeigt sich vergleichsweise häufiger, dass Lernende im Nachtest genauso gut oder besser abschneiden wie im Vortest. Die Regressionsgerade nimmt einen steileren Verlauf. Stabilität wird hier in einer Vorhersagbarkeit des Ergebnisses im Nachtest durch den Vortest deutlich ($R^2 = .27$,

$F(1,48) = 18.11, p < .001$). In der Jahrgangsstufe der Fünft- und Sechstklässler hingegen werden die Antworten in Vor- und Nachtest weniger zusammenhängend gegeben. Es kommt beispielsweise häufiger vor, dass Lernende von hohen Werten im Vortest zum Nachtest hin wieder abfallen oder unplausible Sprünge zwischen Vortest und Nachtest zu verzeichnen sind. Die Regressionsgerade steigt nur leicht an. Insgesamt lässt sich das Nachtestergebnis durch das Abschneiden im Vortest nicht vorhersagen ($R^2 = .04, F(1,70) = 2.90, ns$).

5 Diskussion

Das Ziel der Studie lag im Vergleich der Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften von Lernenden aller Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I und in der Erforschung von Entwicklungstendenzen über ein Schuljahr hinweg. In Hinblick auf diese Zielsetzung ist anzumerken, dass die vorliegende Studie aufgrund einer durch Klassen- bzw. Schuleffekte möglicherweise eingeschränkten Repräsentativität der Stichprobe, nicht kontrollierte Einflussgrößen wie Lesekompetenz oder kognitive Fähigkeiten sowie Messeigenschaften des eingesetzten Fragebogens nur eingeschränkt in der Lage sein kann, zu generalisierbaren Aussagen zu gelangen. Aus diesem Grund sollen die Befunde hier diskutiert werden, um auf diese Weise eine Basis für die weitere Erforschung von Naturwissenschaftsverständnis als zentraler Kompetenz naturwissenschaftlicher Grundbildung zu legen.

In Hinblick auf die erste Forschungs-

frage wurde ein Vergleich von Jahrgangsstufen über die Sekundarstufe I hinweg durchgeführt. Die Ergebnisse des Querschnitts deuten darauf hin, dass vor allem das Verständnis der Neuntklässler gegenüber den jüngeren Jahrgangsstufen einen deutlichen Entwicklungssprung aufweist, womit die jahrgangsabhängige Verbesserung des Naturwissenschaftsverständnisses nach Solomon et al. (1996) bestätigt wird sowie die Befunde aus einer vorangegangenen Untersuchung mit dem auch in dieser Studie verwendeten Messinstrument repliziert werden können (Urhahne et al., 2008). Die Fünft- und Sechsklässler zeigen verhältnismäßig ausgereifte Einschätzungen der Natur der Naturwissenschaften, die in den Dimensionen Zweck und Rechtfertigung sogar andere Jahrgangsstufen übertreffen. Befunde mit dem verwendeten Messinstrument über in den Naturwissenschaften noch recht unerfahrene Lernende aus der fünften Jahrgangsstufe wurden im Rahmen der Stichprobe der vorangegangenen Studie von Urhahne et al. (2008) nicht erfasst. Das Ergebnis könnte somit dahingehend interpretiert werden, dass die jüngeren Lernenden durchaus in der Lage sind, erkenntnistheoretische Vorstellungen angemessen zu bewerten und knüpft so an die Befunde der Querschnittsstudie von Kang et al. (2005) aber auch an die Folgerungen aus Instruktionsstudien mit jüngeren Lernenden an (Conley et al., 2004; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Smith et al., 2000). Hierbei ist jedoch auch zu betrachten, dass die jüngeren Lernenden die Aussagen möglicherweise aufgrund ihres Alters und der geringeren Erfahrung an-

ders interpretieren als die älteren Lernenden. Betrachtet man auch die geringen Zusammenhänge der Einschätzungen dieser Altersgruppe in Vortest und Nachtest und interpretiert diese Wert als Test-Retest-Reliabilität, so ist das Abschneiden der jüngsten Probanden sicherlich auch auf mangelndes Verständnis aufgrund geringer Lernerfahrungen in den Naturwissenschaften zurückzuführen, wodurch die Glaubwürdigkeit ihres Urteils angezweifelt werden kann (vgl. auch Diskussion zur dritten Forschungsfrage weiter unten).

Die Ergebnisse erlauben ebenso mögliche Rückschlüsse auf die erfolgte Förderung der Kompetenzdimensionen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Dimensionen Zweck und Rechtfertigung nehmen beide inhaltlich starken Bezug zur experimentellen Methode. Das experimentelle Vorgehen ist besonders im Curriculum des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts der fünften und sechsten Klasse verankert. Möglicherweise ist das gute Abschneiden dieser Altersgruppe auf einen verhältnismäßig hohen Anteil an experimentellem Arbeiten im Anfangsunterricht zurückzuführen. Obwohl noch nicht viel fachliches Wissen in den Naturwissenschaften erworben ist, scheinen die Lernenden aus dem Einüben von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen adäquate Sichtweisen ableiten zu können. Die Dimension Entwicklung weist einzig im Jahrgangsvergleich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Jahrgangsstufen auf. Die Mittelwerte sind hier auch durchweg eher im moderaten Bereich und fallen im Vergleich zu den anderen Dimensionen eher niedrig aus.

Inhaltlich ist bei dieser Dimension der Bezug zum historischen Entwicklungsprozess der Naturwissenschaften sehr stark gegeben. Dieses Verständnis wird in der Sekundarstufe I möglicherweise nicht ausreichend gefördert.

Die zweite Forschungsfrage geht der Entwicklung von Vorstellungen im einjährigen Längsschnitt nach. Insgesamt zeigt sich ein Entwicklungstrend hin zu angemessenen Sichtweisen von Vortest zu Nachtest. Betrachtet man die Entwicklung der Jahrgangsstufen getrennt voneinander, so lässt sich feststellen, dass sich die gemessene Entwicklung vor allem in jüngeren Jahrgangsstufen vollzieht. Lernende der fünften und sechsten Jahrgangsstufe lernen innerhalb des untersuchten Schuljahres die Dimension Sicherheit angemessener einzuschätzen, d. h. sie erkennen die Vorläufigkeit und Veränderlichkeit des naturwissenschaftlichen Wissens eher an. Lernende der siebten und achten Jahrgangsstufe verzeichnen ebenso Veränderungen hin zu angemessenen Vorstellungen in der Dimension Sicherheit und außerdem in der Dimension Herkunft, d. h. sie schätzen ihre mögliche Teilhabe am Erkenntnisgewinn höher ein und sehen naturwissenschaftliches Wissen nicht nur als von Experten und Autoritäten gegeben an. Die Angehörigen der neunten Jahrgangsstufe, die bereits auf einem vergleichsweise hohen Niveau stehen, zeigen von Vortest zu Nachtest keine messbar weitere Entwicklung mehr auf. Bezüglich der Dimension Zweck ist hier sogar zu verzeichnen, dass die Einschätzungen am Ende des Schuljahres bei den Neuntklässlern skeptischer ausfallen als

zu Schuljahresbeginn. Geht man davon aus, dass die Neuntklässler bereits umfassende Lernerfahrungen in den Naturwissenschaften gesammelt haben, so ist der hier auftretende Skeptizismus möglicherweise darauf zurückzuführen, dass diese Altersgruppe Aspekte der Natur der Naturwissenschaften basierend auf ihrer breiteren Wissensbasis differenzierter betrachtet. Darüber hinaus könnte das Abfallen der Neuntklässler in der Dimension Zweck damit zusammenhängen, wie die Dimension Zweck in dieser Untersuchung erfasst wurde. Die Items der Dimension nehmen auf allgemeiner Ebene Bezug zur Untersuchung, Erklärung und Voraussage von Naturphänomenen durch Experimente. Ältere Schüler lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht zunehmend auch Zweckzuschreibungen von naturwissenschaftlichem Forschen kennen, die konkreter gefasst sind, wie beispielsweise der mögliche Anwendungsbezug in Alltag, Technik oder Medizin (Aikenhead et al., 1987). Möglicherweise verändern sich durch vertieftes Wissen und breitere Erfahrungen bei den Neuntklässlern die Bewertungen der Dimension, im Gegensatz zu jüngere Schülerinnen und Schüler, die erst beginnen, in den Naturwissenschaften zu lernen.

Die dritte Forschungsfrage berührt die individuelle Stabilität der Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften. Die Vorstellungen wurden in dieser Studie in einem vorgegebenen Antwortformat erfasst. Aus diesem Grund kann keine Aussage darüber gemacht werden, wie die untersuchten Probanden zu der jeweiligen Einschätzung gelangt sind, d. h.

welche Gründe zu der Wahl der jeweiligen Bewertungskategorie geführt haben. Diese Gründe könnten, wie bereits im Zusammenhang mit der ersten und zweiten Forschungsfrage deutlich geworden ist, ganz verschieden sein. Durch die Analyse des Zusammenhangs der Bewertungen in Vortest und Nachtest lässt sich jedoch eine Aussage darüber treffen, wie konsistent das Urteil ist. Die Bewertungen der Fünft- und Sechstklässler ergeben eher geringe Zusammenhänge zwischen Vortest und Nachtest. In dieser Altersgruppe ist somit davon auszugehen, dass die Bewertung eher intuitiv und ohne gefestigte Überzeugungen zu Stande gekommen ist. Somit sind die gemessenen Entwicklungstrends in dieser Alterstufe kritisch zu betrachten, da Ansichten in Vortest und Nachtest nicht konsistent aufeinander aufbauen müssen. Betrachtet man die Korrelationskoeffizienten zwischen den beiden Testzeitpunkten in der siebten und achten Klasse sowie in der neunten Klasse, so wird mit steigender Jahrgangsstufe ein zunehmend zusammenhängendes Urteil deutlich. Es kann in diesen Jahrgängen davon ausgegangen werden, dass die Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften auf der Basis von mehr oder weniger konstanten Überzeugungen erfolgt. Im Verlauf des Schuljahres erworbene Veränderungen, die im Nachtest zum Ausdruck kommen, bauen somit recht stabil auf dem Stand im Vortest auf. Methodisch wurde zur Messung die graduelle Zustimmung auf einer Likertskala genutzt. Vorteilhaft ist hierbei, dass die Erfassung größerer Stichproben möglich ist und die gewonnenen Daten systematisch

aufeinander bezogen und verglichen werden können. In Hinblick auf die Zielsetzung dieser Studie waren diese Vorteile bei der Wahl der Methodik ausschlaggebend. Es darf jedoch nicht übersehen werden, dass Missverständnisse zu den Aussagen des Fragebogens und abweichende Vorstellungen auf Seiten der Lernenden trotz solider Testkonstruktion ernstzunehmende Fehlerquellen darstellen (Khishfe, 2008; Lederman et al., 2002). Außerdem muss bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse bedacht werden, dass über die Likertskala keine inhaltlichen Aussagen über das gemessene Wissenschaftsverständnis möglich sind, sondern ein relativ zu betrachtender Wert gemessen wird, der mit anderen Konstrukten in Beziehung gesetzt werden kann. Um zu einem vertieften inhaltlichen Verständnis der Lernergebnisse deutscher Schüler zur Natur der Naturwissenschaften in unterschiedlichen Klassenstufen zu gelangen, wird es weiterhin nötig sein, die Vorstellungen der Lernenden auch durch Fragebögen mit offenem Antwortformat und Interviews zu erheben (Carey et al., 1989; Lederman et al., 2002; Sodian et al., 2002). Eine weitere Einschränkung der vorliegenden Studie kommt durch die Zusammenfassung von Jahrgangsstufen zu Jahrgangsgruppen zu Stande. Diese Zusammenfassung wurde aufgrund ungleicher Verteilungen der Probanden in den einzelnen Jahrgangsstufen für das gewählte parametrische Auswertungsverfahren der ANOVA mit Messwiederholung notwendig. Es sind hier ein Gruppenvergleich und Messzeitpunktvergleich gemeinsam analysiert worden. Eine getrennte Analyse

der Jahrgänge wäre bei entsprechender Stichprobengröße noch differenzierter in der Lage, die Ergebnisse aus Querschnitt und Längsschnitt mit Bezug zueinander auszuwerten und detailliert inhaltliche Aussagen zu ermöglichen. Dies ist für die vorliegende Studie aufgrund der Zusammenfassung nur eingeschränkt möglich. Zukünftig wird im Zuge der Erforschung von Ergebnissen kompetenzorientierten Unterrichtens auch in Deutschland vertieft zu klären sein, welche Vorstellungen und Kenntnisse zur Natur der Naturwissenschaften bei Lernenden sowie Lehrenden vorhanden sind und wie diese durch Unterricht verändert werden können. Bedeutsam wird es sein, die Bedeutung des kognitiven Entwicklungsstands und der Lernerfahrung in Hinblick auf die Entwicklung angemessener Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften systematisch miteinander in Beziehung zu setzen und herauszuarbeiten, welche Rolle kognitive Entwicklungsaspekte und Einflüsse eines anspruchsvollen und reflektierten Unterrichtes jeweils haben und wie diese Einflüsse miteinander in Beziehung stehen. Die hier vorgelegte Studie liefert durch einen querschnittlichen Vergleich von Jahrgangsgruppen sowie der Analyse eines einjährigen Längsschnitts Ansatzpunkte für die weitere Forschung. Es konnte aufgezeigt werden, dass sich adäquate Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften mit zunehmender Jahrgangsstufe ausbilden (Solomon et al., 1996), aber auch, dass bereits jüngere Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, naturwissenschaftliches Wissen und naturwissenschaftlichen Wis-

senserwerb adäquat zu beurteilen (Kang et al., 2005; Smith et al., 2000; Sodian et al., 2002). Doch zeigt sich, dass das Urteil der jüngeren Lernenden noch instabil ist, was möglicherweise damit zu erklären ist, dass bei diesen Lernenden noch kein vertieft erfahrungsbasiertes Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte und Wissensgenese vorhanden ist. Bei älteren Schülern sollte ein Konzeptverständnis in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern weitestgehend angelegt sein, wodurch auch die Sicht auf die Natur der Naturwissenschaften differenziert wird. Wie naturwissenschaftliches Wissen einerseits und Erfahrungen mit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung andererseits die Ausbildung eines angemessenen Verständnisses der Natur der Naturwissenschaften von Lernenden im Laufe der Sekundarstufe I wechselseitig beeinflussen und wie unterrichtliche Instruktion diesen Prozess noch optimieren kann, wird weiter zu klären sein, wenn angestrebt wird, dass der Unterricht in der Schule seinem erklärten Ziel – eine Basis für *Scientific Literacy* und lebenslanges Lernen in den Naturwissenschaften zu legen – ein Stück näher kommen soll.

Danksagung

Wir möchten Herrn Prof. Dr. Detlef Urhahne, Pädagogische Psychologie an der Universität Passau für Gespräche und Rückmeldungen, die zur Verbesserung des Manuskripts beigetragen haben, herzlich danken.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F. (2006). Over and over again: College students' views of nature of science. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science* (pp. 389–425). Dordrecht: Springer.
- Abd-El-Khalick, F. & Akerson, V. L. (2009). The influence of metacognitive training on pre-service elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 31, 2161–2184.
- Aikenhead, G. S. (1973). The measurement of high school students' knowledge about science and scientists. *Science Education*, 57(4), 539–549.
- Aikenhead, F. S., Fleming, R. W. & Ryan, A. G. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society I: Methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, 71(2), 145–161.
- Akerson, V. L. & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653–680.
- American Association for the Advancement of Science, AAAS (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- Bayrhuber, H., Bögeholz, S., Elster, D., Hammann, M., Hössle, C., Lücken, M., Mayer, J., Nerdel, C., Neuhaus, B., Precht, H. & Sandmann, A. (2007). Biologie im Kontext. *MNU*, 60, 282–286.
- Bell, R. L. & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based Issues. *Science Education*, 87, 352–377.
- Buehl, M. M., Alexander, P. A. & Murphy, P. K. (2002). Beliefs about schooled knowledge: Domain specific or domain general? *Contemporary Educational Psychology*, 27, 415–449.
- Bühner, M. (2004). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. München: Pearson.
- Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. München: Pearson Studium.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). "An experiment is when you try it and see if it works": A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11, 514–529.
- Chen, S. (2006). Development of an instrument to assess views on nature of science and attitudes towards teaching science. *Science Education*, 90, 803–819.
- Conley, A. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I. & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 186–204.
- Dogan, N. & Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), 1083–1112.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Duit, R. (1999). Conceptual change approaches in science education. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero (Hrsg.), *New perspectives on conceptual change* (263–282). Amsterdam: Pergamon.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671–688.
- Falkenhausen, E. v. (1985). *Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht*. Köln: Aulis Verlag Deubner.
- Hanuscin, D. L., Akerson, V. L. & Phillipson-Mower, T. (2006). Integrating nature of science instruction into a physical science content course for preservice elementary teachers: NOS views of teaching assistants. *Science Education*, 90, 912–935.
- Höttecke, D. (2001a). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Berlin: Logos.
- Höttecke, D. (2001b). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 7–23.

- Hofer, B. K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 378–405.
- Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, 88–140.
- Hokayem, H. & BouJaoude, S. (2008). College students' perceptions of the theory of evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 395–419.
- Ibrahim, B., Buffler, A. & Lubben, F. (2009). Profiles of freshman physics students' views on the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 248–264.
- Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89, 314–334.
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 470–496.
- Khishfe R. & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 551–578.
- Köller, O., Baumert, J. & Neubrand, J. (2000). Epistemologische Überzeugungen und Fachverständnis im Mathematik- und Physikunterricht. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), *TIMSS/III. Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn* (Vol. 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe, S. 229–269). Opladen: Leske+Budrich.
- Kremer, K., Urhahne, D. & Mayer, J. (2009). Naturwissenschaftsverständnis und wissenschaftliches Denken bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik, Band 3* (S. 29–43). Innsbruck: Studienverlag.
- Labudde, P. (2000). *Konstruktivismus im Physikunterricht der Sekundarstufe II*. Bern: Haupt.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497–521.
- Lin, H.-S., Chiu, H.-L. & Chou, C.-Y. (2004). Student understanding of the nature of science and their problem-solving strategies. *International Journal of Science Education*, 26, 101–112.
- Litt, T. (1959). *Naturwissenschaft und Menschenbildung*. Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Liu, S.-Y. & Lederman, N. G. (2007). Exploring prospective teachers' worldviews and conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 29, 1281–1307.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Berlin: Springer.
- McComas, W. F. & Olson J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 41–52). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Meyling, H. (1990). *Wissenschaftstheorie im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. Das wissenschaftstheoretische Schülerverständnis und der Versuch seiner Änderung durch explizit wissenschaftstheoretischen Unterricht*. Bremen: Dissertation.
- Moss, D. M., Abrams, E. D. & Robb, J. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 23, 771–790.

- Muis, K. R., Bendixen, L. D. & Härle, F. C. (2006). Domain-generalit  and domain-specificity in personal epistemology research: Philosophical and empirical reflections in the development of a theoretical framework. *Educational Psychology Review*, 18, 3–54.
- National Academy of Sciences, NAS (1998). *Teaching about evolution and the nature of science*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council, NRC (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692–720.
- Perry Jr., W. G. (1968, 1999). Forms of ethical and intellectual development in the college years. A scheme. Jossey-Bass, San Francisco, CA.
- Priemer, B. (2003). Ein diagnostischer Test zu Sch leransichten über Physik und Lernen über Physik – eine deutsche Version des Tests „Views about Science Survey“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 160–178.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177–197.
- Pukies, J. (1979). *Das Verstehen der Naturwissenschaften*. Braunschweig: Westermann.
- Rubba, P. A. & Andersen, H. O. (1978). Development of an instrument to assess secondary school students’ understanding of scientific knowledge. *Science Education*, 62, 449–458.
- Ryan, M. P. (1984). Monitoring text comprehension: Individual differences in epistemological standards. *Journal of Educational Psychology*, 76, 248–258.
- Schraw, G., Bendixen, L. D. & Dunkle, M. E. (2002). Development and validation of the epistemic belief inventory (EBI). In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology. The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 231–260). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schrempp, I. & Sodian, B. (1999). Wissenschaftliches Denken im Grundschulalter. Die Fähigkeit zur Hypothesenprüfung und Evidenzevaluation im Kontext der Attribution von Leistungserhebungen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 31, 67–77.
- Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C. & Hennessey, M. G. (2000). Sixth-grade students’ epistemologies of science: the impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, 18, 349–422.
- Sodian, B., Thoermer, C., Kircher, E., Grygier, P. & Günther, J. (2002). Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. *Zeitschrift für P dagogik*, 45. Beiheft, 192–206.
- Solomon, J., Scott, L. & Duveen, J. (1996). Large-scale exploration of pupils’ understanding of the nature of science. *Science Education*, 80, 493–508.
- Songer, N. B. & Linn, M. C. (1991). How do students’ views of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 761–784.
- Urhahne, D. & Hopf, M. (2004). Epistemologische Überzeugungen in den Naturwissenschaften und ihre Zusammenhänge mit Motivation, Selbstkonzept und Lernstrategien. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 71–87.
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36, 72–94.
- Urhahne, D., Kremer, K. & Mayer, J. (2011). Conceptions of the nature of science – Are they general or context-specific? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 707–730.
- Wood, P. & Kardash, C. (2002). Critical elements in the design and analysis of studies of epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology. The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Zilker, I., Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2009). Kompetenzdiagnose im Bereich Nature of Science und Scientific Inquiry. In D. Höttecke (Hrsg.), *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung* (S. 392–394). Münster: Lit.
- Zöfel, P. (2003). *Statistik für Psychologen im Klartext*. München: Pearson Studium.

KONTAKT

Dr. Kerstin Kremer
 TU München, TUM School of Education
 Fachdidaktik Life Sciences
 Arcisstr. 21
 80333 München
kerstin.kremer@tum.de

AUTORENINFORMATION

Dr. rer. nat. Kerstin Kremer ist Akademische Rätin in der Abteilung Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Sie vertritt 2013 eine Professur für Fachdidaktik Life Sciences an der TUM School of Education der TU München. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich des Kompetenzerwerbs zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, insbesondere beschäftigt sie sich mit der Entwicklung und Evaluation von Lernumgebungen zum forschenden Lernen und der Erfassung und Veränderung von Konzepten über Nature of Science.

Dr. rer. nat. Jürgen Mayer ist Professor für Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Kompetenzmodellierung im Biologieunterricht, die Entwicklung und Analyse von Lernumgebungen, insbesondere des forschenden Lernens, sowie Lehrerprofessionalisierung.