

IRENE NEUMANN UND KERSTIN KREMER

Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede

Nature of Science and Epistemological Beliefs – Similarities and Differences

ZUSAMMENFASSUNG

Nature of Science ist ein zentrales Thema aktueller, internationaler naturwissenschafts-didaktischer Forschung. Darunter werden auch Ansichten über naturwissenschaftliches Wissen gefasst, wodurch sich eine inhaltliche Nähe zum psychologischen Konzept der *epistemological beliefs* ergibt. Ziel des vorliegenden Artikels ist es, diese beiden Konzepte gegeneinander abzugrenzen. Dazu wird zunächst die grundlegende Literatur in beiden Feldern dargestellt. Vor diesem Hintergrund werden fünf Aspekte – Disziplinspezifität; Inhalte; Perspektive der ersten vs. dritten Person; Wissen vs. Ansicht; normative vs. deskriptive Herangehensweise – identifiziert, hinsichtlich derer die Ähnlichkeiten und Unterschiede der beiden Theorierahmen diskutiert werden. Abschließend wird eine klare Begriffsnutzung vorgeschlagen, um den unterschiedlichen Theorierahmen der beiden Konzepte gerecht zu werden, und eine Möglichkeit aufgezeigt, wie die Konzepte im Rahmen der Conceptual Change Theorie zusammengeführt werden können. Insgesamt soll der Artikel dazu beitragen, eine Verortung naturwissenschafts-didaktischer Arbeiten auf diesem Feld zu erleichtern.

Schlagwörter: Nature of Science, epistemologische Überzeugungen, Konzeptwechsel

ABSTRACT

Nature of science is a key topic in current international research on science education. Nature of science contains views about scientific knowledge. This is close to the concept of epistemological beliefs, which is used in psychological literature. This paper aims at differentiating the two concepts from each other. First, the main arguments from current research literature on both concepts are presented. Against this background, five aspects – discipline specificity; content; first vs. third person perspective; knowledge vs. belief; normative vs. descriptive approach – are identified and used to elaborate differences and similarities of the nature of science and epistemological beliefs. Finally, we suggest a consistent wording to account for the different theoretical frameworks, which underlie the two concepts, and propose how both concepts might be merged within the conceptual change theory. In summary, this paper shall help to locate science education research projects within this field of research.

Keywords: Nature of Science, epistemological beliefs, conceptual change

Einleitung

Nature of science hat sich zu einem zentralen Thema der internationalen naturwissenschaftsdidaktischen Forschung mit vorwiegend anglo-amerikanischer Tradition entwickelt. Bei dem Themenkomplex *nature of science* geht es um die Frage, was Naturwissenschaft als wissenschaftliche Disziplin ausmacht; dies umfasst auch Aspekte der Epistemologie (vgl. z. B. Kircher, 2010; Lederman, 2007; McComas & Olson, 1998; Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar & Duschl, 2003). An diesem Punkt ergibt sich eine Überschneidung von naturwissenschaftsdidaktischen und psychologischen Forschungsinhalten: Sogenannte *epistemological beliefs* (epistemologische Überzeugungen) sowie deren Einfluss auf Lernen stellen eine Forschungslinie der Entwicklungs- und Kognitionspsychologie dar, deren Tradition bis in die 1960er Jahre zurückreicht (vgl. Perry, 1999). Auf diese Überschneidung wies schon Priemer (2006) hin. Er stellte fest, dass „eine klare Abgrenzung [der Begriffe] oftmals nicht möglich“ ist (S. 160), und dass „[t]rotz z. T. recht ähnlicher Ziele [...] gemeinsame Anstrengungen der Forschung aber bisher eher eine Ausnahme“ sind (S. 172). Einige Jahre später ist festzustellen, dass psychologische Arbeiten zu epistemologischen Überzeugungen noch immer kaum Bezug auf naturwissenschaftsdidaktische Arbeiten zu *nature of science* nehmen oder umgekehrt. Gerade weil hier begriffliche Überschneidungen vorliegen, ist es jedoch wichtig, sich der Unterschiedlichkeit der Forschungstraditionen und der damit einhergehenden Unterschiedlichkeit der Theorierahmen

der Begriffe bewusst zu sein. Es ist unerlässlich, Arbeiten auf diesem interdisziplinären Gebiet in den Forschungstraditionen zu verorten und verwendete Begriffe in den jeweiligen Theorierahmen einzubetten und so eine sinnvolle Kommunikation zwischen den Disziplinen zu ermöglichen.

Der vorliegende Artikel dient einer solchen Verortung, indem ein Abgrenzungsversuch zwischen *nature of science* und epistemologischen Überzeugungen vorgestellt wird. Dazu wird zunächst Literatur aufgearbeitet, die sich mit der inhaltlichen Fassung des Konzepts *nature of science* beschäftigt und die Forschungstradition zu epistemologischen Überzeugungen dargestellt. Anschließend werden die Überschneidungen zwischen den beiden Konzepten aber auch deren Unterschiedlichkeit herausgearbeitet. In einer abschließenden Bewertung wird eine Möglichkeit aufgezeigt, den beiden Theorierahmen durch eine sprachliche Klarheit gerecht zu werden und die beiden Konzepte im Rahmen der Conceptual Change Theorie zusammenzuführen.

1 Nature of science

Der Themenkomplex *nature of science* – im deutschen Sprachraum auch als *Natur der Naturwissenschaften* bezeichnet (z. B. Höttecke, 2001a; Kircher, 2010) – ist mit einem weiten Bedeutungsfeld verbunden. So zählt beispielsweise Kircher (2010) erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische sowie wissenschaftsethische Aspekte dazu. Ein ähnlich weites Spektrum findet sich bei Lederman (2006); er benennt als typische Bezugfelder: „epistemology of science, sci-

ence as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to scientific knowledge or the development of scientific knowledge“ (S. 303). Auch aus Sicht der Schülervorstellungsforschung konnte Höttecke (2001a) in seinem umfassenden Review der Literatur vier Kernthemen identifizieren, die sich mit den beiden erstgenannten Bedeutungsspektren überschneiden: der Wissenschaftler als Person, naturwissenschaftliches Wissen, das Experiment und naturwissenschaftliche Wissensproduktion.

Aspektlisten zu *nature of science* als schulischem Inhalt

In der anglo-amerikanischen Naturwissenschaftsdidaktik wurde unter dem Schlagwort *nature of science* der Fokus auf die Eigenschaften naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse und naturwissenschaftlichen Wissens gelegt (vgl. Lederman, 2007; McComas & Olson, 1998; Osborne et al., 2003; Schwartz, Lederman & Lederman, 2008). Eine solche Fokussierung zeigt sich beispielsweise in den amerikanischen *National Science Education Standards* (NSES, National Research Council [NRC], 1996), die *nature of science* als Lerninhalt in den Kategorien „Science as inquiry“¹ und „History and

nature of science“ (S. 111) beschreiben. Eine Festlegung des Themenfeldes *nature of science* wie in den NSES beschrieben erscheint zunächst seltsam, ist doch die Frage, was Naturwissenschaften ausmacht, eine grundsätzlich philosophische und wird sie doch von verschiedenen Philosophen unterschiedlich beantwortet (vgl. die Übersichten von Chalmers, 2007, oder Kircher, 2010). Auch in der Naturwissenschaftsdidaktik wurde diskutiert, inwieweit es überhaupt möglich sei, Beschreibungen der bzw. sogar *einer* Natur der Naturwissenschaften festzulegen (vgl. Alters, 1997a; 1997b; Osborne et al., 2003; Smith, Lederman, Bell, McComas & Clough, 1997). Aus naturwissenschaftsdidaktischer Sicht ist hier jedoch eine andere Perspektive als die eigentlich philosophische einzunehmen. So fokussieren naturwissenschaftsdidaktische Arbeiten zum Thema *nature of science* weniger darauf, die Frage zu beantworten, welche Eigenschaften für die Naturwissenschaften charakteristisch sind, sondern vielmehr, welche dieser Eigenschaften **für den Schulunterricht relevant** sind (vgl. Lederman, 2007; Osborne et al., 2003). Obwohl hinsichtlich der verschiedenartigen Strömungen bezüglich der philosophischen Perspektive kein Konsens zu erwarten ist, lassen drei naturwissenschaftsdidaktische Arbeiten der vergangenen 15 Jahre darauf schließen, dass mit Blick auf die Relevanz für die Schule weitgehend Einigkeit darüber besteht, welche wissenschaftsphilosophischen Aspekte im Naturwissenschaftsunterricht vermittelt werden sollten: die Textanalyse von McComas und Olson (1998), die Delphi-Studie

1 In dieser Kategorie wird klar zwischen „abilities necessary to do scientific inquiry“ – d. h. naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen – und „understandings about scientific inquiry“ – d. h. wissenschaftsphilosophische Aspekte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesse – unterschieden (NRC, 1996, S. 111). Nur letzteres würde dementsprechend zu *nature of science* zu zählen sein.

von Osborne et al. (2003), sowie die Arbeit von Lederman (2006; siehe auch Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002; Lederman, 2007).

Textanalyse von McComas und Olson

McComas und Olson (1998) untersuchten in einer Textanalyse acht bildungspolitische Dokumente (Standards und Curricula) aus fünf englischsprachigen Ländern im Hinblick auf die formulierten Bildungsinhalte. Dabei identifizierten Sie etwa 40 Aussagen und Aspekte, die dem Themenfeld *nature of science* zuzuordnen sind. Einige dieser Aussagen waren in allen Dokumenten zu finden, einige nur ein einzelnen.

Delphistudie von Osborne et al.

Osborne et al. (2003) befragten in einer Delphi-Studie 23 Experten aus unterschiedlichen Fachgebieten, die mit den Naturwissenschaften bzw. deren Aufbereitung betraut sind. In der Delphi-Studie beantworteten diese Experten die Frage, welche Inhalte im Unterricht vermittelt werden sollten im Hinblick auf a) naturwissenschaftliche Methoden, b) Eigenschaften naturwissenschaftlichen Wissens und c) Organe und soziale Aspekte der Naturwissenschaften. Als Ergebnis präsentierten Osborne et al. zehn Aussagen, die nach drei Befragungsrunden als Konsens zwischen den Experten gewertet werden können. Eine Juxtaposition dieser zehn Aussagen mit den Aussagen, die in McComas und Olsons (1998)

Studie in mindestens sechs der acht Dokumente gefunden wurden, rundet Osborne et al.'s Bericht ab und illustriert eine hohe Ähnlichkeit zwischen den Befunden der Delphi-Studie und der Textanalyse von McComas und Olson (s. Tabelle 1, zweite und dritte Spalte).

Arbeiten von Lederman et al.

Lederman (2006; siehe auch Lederman et al., 2002; Lederman, 2007) prüfte *nature of science* Aspekte hinsichtlich der drei folgenden Fragestellungen:

1. *Is knowledge of the aspect of NOS accessible to students (can they learn and understand)?*
2. *Is there general consensus about the aspect of NOS?*
3. *Is it useful for all citizens to understand the aspect of NOS? (Lederman, 2006, S. 304)*

Aspekte, die diese Kriterien erfüllen, wurden von Lederman als relevant für das (zukünftige) Alltagsleben von Schülerinnen und Schülern eingeschätzt und sollten deshalb in der Schule vermittelt werden. Auf diese Weise identifizierte Lederman sieben Aspekte von *nature of science*, die in Tabelle 1 (vierte Spalte) aufgeführt sind. Gegenüber den Arbeiten von McComas und Olson (1998) und von Osborne et al. (2003) fällt Ledermans (2006) Arbeit insoweit auf, als hier eine bewusste Einschränkung auf Eigenschaften naturwissenschaftlichen Wissens vorgenommen wird. Die Beschreibung dieser Eigenschaf-

ten als „aspects of nature of science“ (Lederman, 2006, S. 304) sowie das verkürzte Akronym „NOS“ (ebd.) sind offenbar historisch bedingt (Schwartz, Lederman & Abd-El-Khalick, 2012), können aber gerade durch eine wörtliche Übersetzung ins Deutsche zu Unklarheiten führen. Analog zu NOS im Sinne Ledermans schlugen Schwartz et al. (2008) den Begriff der *Nature of Scientific Inquiry* (NOSI) vor. Mit diesem Begriff beschränkten sie sich auf die Eigenschaften naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Ebenfalls mit dem Fokus auf Schulrelevanz benannten sie acht Aspekte, die Schülerinnen und Schüler hinsichtlich NOSI lernen sollten (Tabelle 1, fünfte Spalte). Schwartz et al. (2008) wiesen explizit darauf hin, dass eine gewisse Überschneidung zwischen NOS im Sinne Ledermans und NOSI besteht insofern als NOSI die „processes of inquiry“ und NOS das „product of inquiry“ beschreibt (Schwartz et al., 2008, S. 3, Hervorhebung original).

Die NOS-Aspektliste, die um Norman Lederman herum entstanden ist, wird in vielen Studien als Theorierahmen genutzt, was sich vermutlich darauf zurückführen lässt dass sie die Grundlage für den offenen Fragebogen „Views about Nature of Science Questionnaire“ darstellt (VNOS; Lederman et al., 2002). Der Fragebogen wird zum Beispiel eingesetzt, um Kurse über oder Materialien zur Vermittlung von *nature of science* zu evaluieren (z. B. Schwartz, Lederman & Crawford, 2004; Kishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Auch im deutschsprachigen Raum kam der Fragebogen bereits zum Einsatz, zum Beispiel bei Hofheinz (2008). Dieser untersuchte

mithilfe einer adaptierten Fassung des VNOS-Fragebogens die Lernförderlichkeit von zwei chemiebezogenen Lernumgebungen, wobei er in der einen Gruppe „implizites Erfahrungslernen“ (Hofheinz, 2008, S. 4) umsetzte und für die andere ein „implizit-vorstrukturiertes Lernarrangement“ (Hofheinz, 2008, S. 4) entwickelte. Hofheinz konnte für beide Lernumgebungen Lernzuwächse bzgl. *nature of science* feststellen, berichtet jedoch von einem größeren Effekt mit dem implizit-vorstrukturierten Material.

Juxtaposition der Aspektlisten

Vergleicht man die NOS-Aspekte von Lederman (2006) und die NOSI-Aspekte von Schwartz et al. (2008) mit der Juxtaposition von Osborne et al. (2003), so zeigt sich eine deutliche Überlappung zwischen den unterschiedlichen *nature of science* Konzeptionen (s. Tabelle 1). Diese Überlappung kann als Indiz für einen gewissen Konsens gewertet werden, der seitens der Naturwissenschaftsdidaktik hinsichtlich der Frage herrscht, welche Elemente von *nature of science* im Unterricht behandelt werden sollten. Der Begriff Konsens ist in diesem Zusammenhang insofern vorsichtig zu bewerten als die jeweiligen *nature of science*-Aspekte „in einzelnen Fällen nicht von allen Naturwissenschaftlern akzeptiert bzw. abgelehnt“ werden (Priemer, 2006, S. 162), was mitunter an der „stark verkürzten Form“ (ebd.) liegt, in der die Aspekte formuliert sind. Tabelle 1 verdeutlicht auch die Überlappung der Konzepte *nature of science* (in seiner umfassenderen

Form nach McComas & Olson, 1998, und Osborne et al., 2003), *nature of scientific knowledge* (nach Lederman, 2006) und *nature of scientific inquiry* (nach Schwartz et al., 2008). Inwieweit eine Unterscheidung nach Charakteristika des naturwissenschaftlichen Wissens einerseits und der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesse andererseits tatsächlich für den Schulunterricht und für die Qualität von *nature of science*-Unterricht eine Rolle spielt, ist bislang ungeklärt. Bei der Untersuchung von Instrumenten, die beide Konzepte ansprechen, zeigte sich ein unklares Bild darüber, ob die mit den Konzepten verbundenen Konstrukte als unterschiedlich zu werten sind oder nicht (vgl. Neumann, 2011; Neumann, Neumann & Nehm, 2011). Diese uneindeutigen Ergebnisse liegen vermutlich darin begründet, dass schon in der theoretischen Konzeption von *nature of scientific inquiry* gegenüber *nature of scientific knowledge* keine scharfe Grenze gezogen wird (vgl. Schwartz et al., 2008).

Neuere Ansätze

Neuere Arbeiten kritisieren eine Konzeption des Begriffs *nature of science* durch – z. B. die oben dargestellten – Aussagen- oder Aspektlisten. So kommt beispielsweise Hodson (2008) auf eine teilweise ähnliche Zusammenstellung zu lehrender *nature of science*-Inhalte, fügt aber beispielsweise noch „the distinctive language of science“ und „the relationship between western science and indigenous knowledge“ (S. 183) hinzu. Darüber hi-

naus warnt er davor, extreme Ansichten über *nature of science* zu vermitteln, die sich beispielsweise durch eine zu wortwörtliche Interpretation der Forderung des „anything goes“ nach Feyerabend (1993) ergeben:

While his freewheeling approach certainly applies to the creative phase of scientific inquiry [...] it is less applicable to the context of justification, for which there are strict procedures relating to judgments about reliability, validity and appropriateness. (Hodson, 2008, S. 183)

Ähnlich kritisch sieht Hodson weitere Aussagen, die in den Aspektlisten aufgeführt werden:

The admission that observation is theory-dependent and that theories are created by individuals does not mean that science loses all objectivity. The admission that theoretical explanations could be different does not reduce science to mere fashion, prejudice or social convention. (Hodson, 2008, S. 194)

Eine etwas andere Perspektive nimmt Allchin (2011) mit seiner Kritik ein, der sich gegen den Aufbau eines rein deklarativen Wissens (repräsentiert durch das Auswendiglernen der Aussagen und Aspekte von den Listen) und stattdessen für die Entwicklung eines „funktionalen“ *nature of science*-Verständnisses ausspricht. Nach Allchin drückt sich funktionales Verständnis dann aus, wenn in lebensweltlichen Kontexten die Vertrauenswürdigkeit von wissenschaftlichen Aussagen und Berich-

Tab. 1. Vergleich von *nature of science*-Aspekten aus der Literatur. Die ersten beiden Spalten sind entnommen aus Osborne et al. (2003, S. 713)

| Schlagwort | McComas & Olson* | Osborne et al.** | Lederman† (NOS) | Schwartz et al.†† (NOSI) |
|---|---|--|---|--|
| Vorläufigkeit | Scientific knowledge is tentative | Science and Certainty | Scientific knowledge is tentative | |
| Empiriebasierte Evidenz | Science relies on empirical evidence | Analysis and Interpretation of Data | distinction between observations and inferences / [scientific knowledge is] empirically-based | Justification of scientific knowledge / Distinctions between data and evidence |
| Wissenschaftliche Gütekriterien von Forschung | Scientists require replicability and truthful reporting | Scientific Method and Critical Testing | | |
| Erkenntnisgewinn als Ziel | Science is an attempt to explain phenomena | Hypothesis and Prediction | | Scientific questions guide investigations |
| Kreativität | Scientists are creative | Creativity / Science and Questioning | [scientific knowledge] necessarily involves human inference, imagination, and creativity | |
| Soziale Eingebundenheit | Science is part of social tradition | Cooperation and collaboration in the development of scientific knowledge | [scientific knowledge is] subjective | Community of practice |
| Zusammenspiel mit Technik | Science has played an important role in technology | Science and Technology | | |
| NW im Gefüge von Gesellschaft und Kultur | Scientific ideas have been affected by their social and historical milieu | Historical Development of Scientific Knowledge | [scientific knowledge] is socially and culturally embedded | |
| Vielfältigkeit | | Diversity of Scientific Thinking | | Multiple methods of scientific investigations / Multiple purposes of scientific investigations |
| Graduelle Entwicklungen | Changes in science occur gradually | | | |
| Globalität | Science has global implications | | | |
| Gütekriterien von Veröffentlichungen | New knowledge must be reported clearly and openly | | | |
| Theorien und Gesetze | | | functions of, and relationships between, scientific theories and laws | |
| Anomalitäten | | | | Recognition and handling of anomalous data |

*McComas & Olson (1998); ** Osborne et al. (2003); † Lederman (2006, S. 304); †† Schwartz et al. (2008, S. 4ff)

ten angemessen eingeschätzt und diese Einschätzung für die Bewertung dieser Informationen herangezogen werden kann. Eine solche Bewertung spielt auch bei der Unterscheidung zwischen Wissenschaft und Nicht- bzw. Pseudo-Wissenschaft eine Rolle, die das Kernstück von Duschl und Grandy's (2011) „Enhanced Version of a Scientific Method“ (S. 7) ist. Als Demarkationskriterium zwischen Wissenschaft und Nicht- bzw. Pseudo-Wissenschaft sehen Duschl und Grandy „the practices of theory development and conceptual modification“ (S. 18) an, daher sollten „dialectical processes that shape the role theory, evidence, explanation, and models have in the development of scientific knowledge“ (S. 7) in einer *nature of science*-Konzeption mehr betont werden.

An diesen neueren Überlegungen zu *nature of science* wird deutlich, dass Aussagen- und Aspektlisten wie in Tabelle 1 keinesfalls den Anschein erwecken sollten, endgültig oder allumfassend zu sein und buchstäblich verwendet werden zu können (vgl. Schwartz et al., 2012). Ihr Wert ist aus einer basalen fachdidaktischen Sicht jedoch nicht zu unterschätzen, denn sie bieten Orientierungspunkte, um den weiten Begriff *nature of science* greifbarer zu machen, und bilden damit einen praktikablen Ausgangspunkt, um beispielsweise Unterrichts- oder Testmaterialien zu entwickeln. Die zu beobachtende Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Autorengruppen verstärkt dieses Potenzial, indem sie den Listen den Geschmack einer Willkürlichkeit nimmt und stattdessen ein Argument für die Gültigkeit (Kane, 2006) einer derartigen Fassung dieses Konstrukts liefert.

2 Epistemologische Überzeugungen

In der psychologischen Literatur lassen sich verschiedene Konzeptionalisierungen des Konstrukts *epistemologische Überzeugungen* finden. An dieser Stelle soll auf eine umfassende Darlegung der verschiedenen Konzeptionalisierungen verzichtet werden, da diese schon an anderen Orten ausführlich beschrieben und einander gegenübergestellt wurden (z. B. Bromme, 2005; Hofer & Pintrich, 1997; Krettenauer, 2005; Urhahne & Hopf, 2004).

Bei der Durchsicht der Literatur zu epistemologischen Überzeugungen fällt auf, dass die Begriffe *epistemologische* und *epistemische Überzeugungen* uneinheitlich verwendet werden (Mason & Bromme, 2010; zur Unterscheidung siehe Kitchener, 2002). Im Folgenden soll die Forschungstradition zu epistemologischen Überzeugungen beschrieben werden, wobei epistemologische Überzeugungen als „individual representations about knowledge and knowing“ (Mason & Bromme, 2010, S. 1) verstanden werden. Im Allgemeinen lassen sich in den psychologischen Arbeiten zu epistemologischen Überzeugungen zwei zentrale Strömungen feststellen: eine entwicklungspsychologische und eine kognitionspsychologische Betrachtungsweise (vgl. Hofer, 2001; Krettenauer, 2005).

Entwicklungspsychologische Zugänge

Im entwicklungspsychologischen Ansatz stehen „Überzeugungen, die der Anwen-

derung persönlichen Wissens bei Problemen zugrunde liegen, die einem Schüler im Alltag begegnen oder wenigstens begegnen könnten“ (Bromme & Kienhues, 2008, S. 196) im Fokus der Forschung. Hierbei baut die Entwicklungspsychologie auf den Pionierarbeiten von Perry aus dem Jahr 1970 auf (Perry, 1999), die in weiteren Studien ausdifferenziert und ergänzt wurden (King & Kitchener, 1994; Kuhn, 1991, 2000). Auf einer allgemeinen Ebene kann festgehalten werden, dass die Entwicklung epistemologischer Überzeugungen über drei Stufen verläuft (siehe auch Bromme, 2005; Kitchener, 2002; Krettenauer, 2005):

In spite of the various approaches, methodologies, samples, and designs, there is agreement across studies as to the general trend of development. Within these models it appears that the view of knowledge is transformed from one in which knowledge is right or wrong to a position of relativism and then to a position in which individuals are active constructors of meaning able to make judgments and commitments in a relativistic context. (Hofer & Pintrich, 1997, S. 121)

Hofer und Pintrich (1997) werfen jedoch ein, dass kulturvergleichende Studien durchzuführen wären, um auszuschließen, dass es sich bei diesen Entwicklungsstufen, insbesondere der als am höchsten angesehenen Entwicklungsstufe der aktiven Entscheidungsebene im relativistischen Kontext, nicht um ein Artefakt westlicher Kultur handelt. Auch Oschatz (2011) betont die Bedeutung der Er-

forschung der „kulturellen Bedingtheit von epistemologischen Überzeugungen“ (Oschatz, 2011, S. 106). Sie leitet aus jüngeren Vergleichsstudien zu epistemologischen Überzeugungen von Personen aus dem mittleren und fernen Osten sowie Südamerika zumeist im Vergleich mit US-amerikanischen Stichproben ab, dass epistemologische Überzeugungen „durch die Interaktion mit dem soziokulturellen Umfeld von Geburt an entstehen und sich bis zum Lebensende weiterentwickeln“ (Oschatz, 2011, S. 106). Darüber hinaus bemerkt Krettenauer (2005), dass einzelne Individuen ihre epistemologischen Überzeugungen unterschiedlich schnell entwickeln können, und dass die Entwicklungen bezogen auf verschiedene Wissensbereiche unterschiedlich ablaufen.

Kognitionspsychologische Zugänge

Ein Fokus der kognitionspsychologischen Herangehensweise liegt auf der Untersuchung der Struktur epistemologischer Überzeugungen (vgl. Hofer, 2001; Krettenauer, 2005; Bromme & Kienhues, 2008; Schommer, 1990). Auf Basis empirischer Forschungsergebnisse haben Hofer und Pintrich (1997) in ihrem Übersichtsartikel vier Dimensionen herausgearbeitet, auf die in aktuellen Arbeiten besonders häufig zurückgegriffen wird (z. B. Bromme, 2005; Bromme, Pieschl & Stahl, 2010; Buehl & Alexander, 2001; Krettenauer, 2005). Demnach gliedern sich epistemologische Überzeugungen in Ansichten über „Nature of Knowledge“ einerseits und über „Nature of Knowing“

andererseits (Hofer & Pintrich, 1997, S. 119f). In beiden Bereichen konnten wiederum jeweils zwei Faktoren empirisch fundiert werden (siehe Abb. 1). „Nature of Knowledge“ besteht aus dem Faktor (1) „Certainty of knowledge“ (Sicherheit), der sich auf die Wahrnehmung von Stabilität von Wissensaussagen bezieht, und aus dem Faktor (2) „Simplicity of knowledge“ (Komplexität), der die Wahrnehmung der Komplexität von Wechselbeziehungen in Wissens-Konzepten umfasst (Hofer & Pintrich, 1997, S. 119f). „Nature of Knowing“ umfasst einerseits den Faktor (3) „Source of knowledge“ (Quelle), zu dem die Perspektive auf Wissen als ein von außen herangetragenes vs. ein selbstkonstruiertes Konstrukt zählt, und andererseits den Faktor (4) „Justification for knowing“ (Rechtfertigung), der Einstellungen zum Umgang mit Behauptungen von Lehrern und Experten bzw. mit Evidenzen beinhaltet (Hofer & Pintrich, 1997, S. 120).

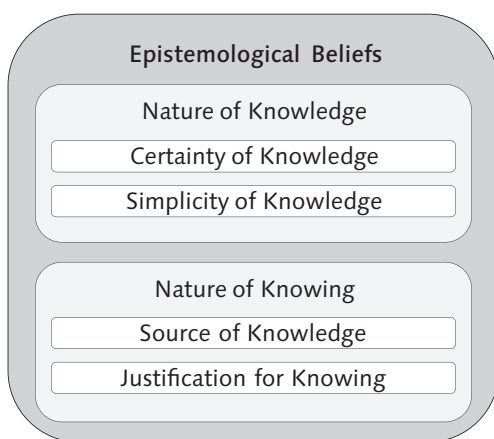


Abb. 1. Vier Dimensionen epistemologischer Überzeugungen nach Hofer und Pintrich (1997, S.119f).

Nach Bromme, Kienhues & Stahl (2008) tragen alle diese Dimensionen zum Kernstück epistemologischer Überzeugungen bei, als das die Urteilsfähigkeit über die Gültigkeit von Behauptungen gesehen wird: „[...] epistemological beliefs in their very core always refer to the question of certainty (or validity, viability, truthfulness) of assertions about certain topics [...] Judgments about the ‘truth’ of such assertions make up the core of epistemological judgments“ (S. 429).

Domänenspezifität epistemologischer Überzeugungen

Geringerer Konsens ist hinsichtlich der Frage zu finden, ob epistemologische Überzeugungen allgemeiner Natur sind oder spezifisch für einzelne Domänen (vgl. Buehl, Alexander & Murphy, 2002; Hofer, 2000; Schommer & Walker, 1995). Mit Blick auf eine mögliche Domänenspezifität wurden in jüngster Zeit Studien intensiviert, die die Struktur und Veränderlichkeit von epistemologischen Überzeugungen zur Wissensdomäne „Naturwissenschaften“ in den Blick nehmen (u. a. Conley, Pintrich, Vekiri & Harrison, 2004; Elder, 2002; Köller, Baumert & Neubrand, 2000; Urhahne & Hopf, 2004). Darüberhinaus verknüpfte Oschatz (2011) epistemologische Überzeugungen mit der fachdidaktischen Idee der Alltagsphantasien und arbeitete heraus, wie diese im Lernprozess (zum Beispiel im Biologieunterricht) möglicherweise zusammenspielen.

Studien, in denen epistemologische Überzeugungen zu verschiedenen Domänen

untersucht wurden, deuten darauf hin, dass diese Überzeugungen zueinander in Beziehung stehen (Buehl et al., 2002; Muis, Bendixen & Härle, 2006), aber auch bedingt durch inhaltliche Beziehungen zum Fachinhalt des jeweiligen Wissensgebietes unterschiedlich ausgeprägt sein können (Urhahne, Kremer & Mayer, 2011; Krettenauer, 2005). Bromme (2005) sieht in dieser Frage ein zentrales noch zu klärendes Problem: „It can be safely assumed that epistemological beliefs are influenced strongly by the knowledge domains to which the question in the inventories refer. There are, however, up to a certain degree, domain independent epistemological beliefs“ (S. 6). Eine mögliche Lösung dieser Frage liegt in der Kontextualisierung von epistemologischen Überzeugungen (vgl. Bromme, 2005); so führt Bromme beispielsweise an, dass es sinnvoll ist, naturwissenschaftlichen Aussagen in einem gewissen Geltungsbereich Sicherheit zuzuschreiben: “In fact, it makes sense to assume that the earth is round and not a disc, that Newton’s first laws are always valid in macrophysics, etc.” (S. 198).

Aktuelle Diskurse zu epistemologischen Überzeugungen

Die hohe Anzahl empirischer Untersuchung auf dem Gebiet epistemologischer Überzeugungen hat in den vergangenen Jahren teilweise zu widersprüchlichen Befunden, offenen Fragen und regen Kontroversen geführt (Bromme, 2005; Buehl et al., 2002; Pintrich, 2002; Schraw, 2001).

So liegen beispielsweise teils widersprüchliche Befunde zum Zusammenhang zwischen Wissen und entsprechenden epistemologischen Überzeugungen vor, aber auch die Frage nach der Anzahl an Dimensionen epistemologischer Überzeugungen und deren wechselseitigen Beziehungen, die Entwicklung epistemologischer Überzeugungen in verschiedenen Altersbereichen sowie die Frage, ob epistemologische Überzeugungen domänenübergreifend oder domänenspezifisch sind, werden momentan noch diskutiert (Bromme, 2005; Schraw, 2001).

Einen Ansatz zur Lösung dieser Probleme sieht Bromme (2005) in einer Rekonzeptionalisierung des Konstrukts epistemologischer Überzeugungen. Dabei solle besonderes Augenmerk auf eine Kompatibilität zwischen der Entwicklung epistemologischer Überzeugungen beim Individuum und der tatsächlichen Entwicklung des jeweiligen Wissens in der betrachteten Wissenschaftsdisziplin gelegt werden. Auch die „division of cognitive labor“ spiele hier eine Rolle, also die Generierung allgemein akzeptierter Wissensbestände als ein Produkt gemeinsamer Anstrengung und gegenseitiger Befruchtung vieler im Wissenschaftsbetrieb tätiger Menschen (vgl. z. B. Fleck, 1979; Knorr-Cetina, 1999; Kuhn, 1976). Entsprechend müsste dieser Aspekt in eine Neufassung des theoretischen Konzepts epistemologischer Überzeugungen münden. Eine solche Neufassung würde nach Bromme (2005) auch verschiedene Kontexte berücksichtigen, in denen epistemologische Überzeugungen zum Tragen kommen; dabei sollte von der Frage

ausgegangen werden: „with what actions and in which contexts do problems arise for which the availability of a certain epistemological belief is relevant?“ (S. 8). Es scheint, als bewegten sich die Theorien zu epistemologischen Überzeugungen mit derartigen Überlegungen auf die Theorien über *nature of science* zu: Ein stärkeres Einbeziehen von Theorien aus der Wissenschaftsphilosophie (z. B. Brommes Vorschlag, division of cognitive labor zu berücksichtigen) ist ein Schritt in die Richtung der oben beschriebenen, aus der Wissenschaftstheorie begründeten *nature of science*-Konzeptionalisierungen; ein Fokus auf kontextualisierte Probleme ähnelt den neueren *nature of science*-Ansätzen (bspw. nach Allchin, 2011).

3 Vergleich der Forschungstraditionen zu *nature of science* und *epistemologischen Überzeugungen*

Die Zusammenstellung der Literatur zu *nature of science* und epistemologischen Überzeugungen macht deutlich, dass bei den beiden Forschungstraditionen eine gewisse begriffliche Überschneidung vorliegt. Auf Grundlage der obigen Literaturlaufarbeitung konnten wir fünf Aspekte identifizieren, hinsichtlich derer es unserer Meinung nach Abweichungen zwischen *nature of science* und epistemologischen Überzeugungen gibt: (1) Disziplinspezifität; (2) Inhalte; (3) Perspektive der ersten vs. dritten Person; (4) Wissen vs. Ansicht; (5) normative vs. deskriptive Herangehensweise. Im Folgenden

werden diese Aspekte genutzt, um die unterschiedlichen Perspektiven der beiden Forschungstraditionen herauszuarbeiten. Die folgenden Überlegungen dürfen jedoch nicht als eindeutige Abgrenzung im Sinne einer Schwarz-Weiß-Malerei missverstanden werden. Vielmehr sollen sie dafür sensibilisieren, *nature of science* und epistemologische Überzeugungen als Konzepte innerhalb ihrer unterschiedlichen Theorierahmen zu verstehen, und eine Orientierung bieten, um naturwissenschaftsdidaktische Arbeiten besser in bestehenden Theorierahmen verorten zu können.

Disziplinspezifität

Zunächst ist die Disziplinspezifität als ein offensichtliches Unterscheidungsmerkmal zwischen *nature of science* und epistemologischen Überzeugungen zu nennen. So lassen sich in der psychologischen Forschungstradition zwar – vor allem jüngere – Arbeiten zu *epistemologischen Überzeugungen* hinsichtlich der Naturwissenschaften finden, jedoch wurden diese zunächst auch hinsichtlich anderer Wissensdomänen bzw. in Hinblick auf Wissen allgemein untersucht (vgl. z. B. Krettenauer, 2005; Hofer, 2000; Perry, 1999). Inwieweit epistemologische Überzeugungen domänenspezifisch sind, also zum Beispiel naturwissenschaftliches Wissen von Probandinnen und Probanden anders bewertet wird als historisches, ist eine in der Psychologie nicht endgültig geklärte Frage (Bromme, 2005; Shraw, 2001). Demgegenüber ist die Forschungstradition zu *nature of science* naturgemäß

auf Aspekte **naturwissenschaftlichen** Wissens und **naturwissenschaftlicher** Erkenntnisgewinnung fokussiert, aber auch ethische Aspekte sowie das Zusammenspiel von Naturwissenschaft und Gesellschaft sind dem Themenkomplex zuzuordnen (vgl. z. B. Kircher, 2010). Eigenschaften des Wissens anderer Domänen und seiner Generierung spielen in derartigen Arbeiten, wenn überhaupt, eine eher untergeordnete Rolle. In jüngeren Arbeiten wird auch die Frage aufgeworfen, inwiefern *nature of science* bezüglich Biologie, Chemie oder Physik differenziert werden müsste (vgl. Lederman, 2007). So stellen beispielsweise Dagher & Erduran (im Druck) aus fachdidaktischer Perspektive dar, inwieweit die Bedeutung des Begriffs „Gesetz“ zwischen Biologie und Chemie differiert. Ob man in naturwissenschaftsdidaktischen Kontexten von einem disziplinübergreifenden oder mehreren disziplinspezifischen Konstrukten ausgehen müsste, ist bislang nicht empirisch geklärt. So weist Lederman (2007) darauf hin, dass es dazu bislang nur eine Arbeit gebe, und dass deren Ergebnisse eher auf eine Disziplinengeneralität hinweise (Schwartz, 2004).

Inhalte

Vergleicht man die Theorierahmen von *nature of science* einerseits und epistemologischen Überzeugungen andererseits, so fällt zunächst auf, dass es zu *nature of science* keine so klare Struktur von inhaltlichen Faktoren gibt wie man sie für epistemologische Überzeugungen finden

kann. Dies mag daran liegen, dass es zu *nature of science* bisher keine umfangreichen faktoranalytischen Studien gibt bzw. Versuche einer faktorenanalytischen Betrachtung nicht zu reliablen Skalen für *nature of science*-Aspekte geführt haben (Urhahne, Kremer & Mayer, 2008). Die eher wissenschaftsphilosophische, normative Herangehensweise an eine Ausschärfung von *nature of science* mag aus naturwissenschaftsdidaktischer Sicht die Erarbeitung einer klar definierten Faktorstruktur gar nicht zulassen, da es eben die Diskursivität über die inhaltlichen Aspekte ist, die dieses Thema auszeichnet. Vergleicht man die klassischen *nature of science*-Konzeptionen (vgl. Tabelle 1) mit den vier Faktoren Sicherheit, Komplexität, Quelle und Rechtfertigung des Wissens, die sich (bislang) zur Umschreibung epistemologischer Überzeugungen durchgesetzt haben (vgl. Bromme et al., 2010), so wird deutlich, dass es auf der rein inhaltlichen Ebene zwischen *nature of science* und epistemologischen Überzeugungen durchaus Überschneidungen gibt. Der Faktor „Sicherheit des Wissens“ umfasst quasi das, was unter den *nature of science*-Aspekt „Vorläufigkeit“ gefasst wird. Der Faktor „Rechtfertigung des Wissens“ überschneidet sich in gewisser Weise mit der Rolle der empirischen Evidenz für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess, da mit empirischen Daten naturwissenschaftliche Aussagen gerechtfertigt werden. Auch spielt die Theoriegeladenheit naturwissenschaftlichen Wissens eine Rolle, insofern als Wissen im Rahmen akzeptierter Theorien gerechtfertigt wird. Da-

gegen sind die Faktoren „Komplexität“ und „Quelle des Wissens“ eher nicht in den *nature of science*-Konzeptionen verankert. Umgekehrt werden bzgl. *nature of science* einige Aspekte als relevant angesehen, die in der gängigen Definition epistemologischer Überzeugungen nicht berücksichtigt sind. So sind beispielsweise die notwendige Unterscheidung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung bzw. zwischen Theorie und Gesetz, das Erklären von Phänomenen als Ziel der Naturwissenschaften, die Rolle der Scientific Community oder die Eingebundenheit in einen gesellschaftlichen Rahmen in der klassischen Notation von epistemologischen Überzeugungen nicht zu finden. In der Summe kann also festgehalten werden, dass es einen inhaltlichen Überlapp zwischen *nature of science* und epistemologischen Überzeugungen gibt, jedoch weder eine vollständige Identität der beiden Konstrukte, noch eine vollständige Inklusion des einen in das andere oder umgekehrt (vgl. Neumann, 2011).

Persönliche vs. wissenschaftliche Perspektive

Der inhaltliche Rahmen von *nature of science* (vgl. Tabelle 1) macht deutlich, dass es sich bei *nature of science* typischerweise nicht um die individuellen Einschätzungen des eigenen Lernens oder Handelns in den Naturwissenschaften handelt, sondern um eine wissenschaftsphilosophische Betrachtung des naturwissenschaftlichen Wissens im

allgemeinen². Auf dem Gebiet epistemologischer Überzeugungen ist dagegen meistens nicht klar getrennt, wessen Wissen im Fokus steht, das des befragten Individuums oder das der (Natur-)Wissenschaftler (vgl. Bromme, 2005; Kitchner, 2002). Dies wird u. a. am Faktor „Quelle des Wissens“ deutlich, der, im nativen Extrem, beinhaltet, dass Wissen nur von Experten (z. B. Naturwissenschaftler) generiert wird, sowie, im höher entwickelten Extrem, dass Wissen auch vom Lerner selbst produziert werden kann (vgl. Hofer & Pintrich, 1997). Der Faktor „Quelle des Wissens“ betrifft also (auch) eine Einschätzung des Lerners seiner eigenen Fähigkeiten. In diesem Punkt ist damit ein grundlegender Unterschied zwischen epistemologischen Überzeugungen und *nature of science* festzustellen.

Wissen vs. Ansicht

Vor dem Hintergrund konstruktivistischen Lernens unterscheidet Mayer (2008) fünf Arten von Wissen: „Facts“, „Concepts“, „Procedures“, „Strategies“, „Beliefs“ (S. 20). Eine ähnliche Klassifikation findet sich auch bei Schoenfeld (1983): „Resources“, „Control“, „Belief Systems“ (S. 331). Trotz ihrer teils unterschiedlichen Bezeichnungen und Ausschärfungen findet

² Vereinzelt finden sich auch fachdidaktische Arbeiten, in denen sowohl die Einschätzung des eigenen Wissens als auch die wissenschaftsphilosophische Perspektive untersucht wird. Dies wird dann aber klar voneinander getrennt (z. B. distales vs. proximales *nature of science*-Wissen bei Hogan, 2000, oder *personal vs. formal epistemology* bei Sandoval, 2005).

in beiden Klassifikationen eine Trennung der Ebene von Fach-/Sachwissen (facts/concepts; resources) einerseits und der Ebene von Ansichten (beliefs; belief systems) andererseits statt³. Innerhalb der Klassifikationen sind epistemologische Überzeugungen auf der zweiten Ebene zu verorten (vgl. Köller et al., 2000): So zählt Mayer (2008) zu den Beliefs „Self-efficacy beliefs“ und „Personal epistemologies“ (S. 20) und Schoenfeld (1983) beschreibt die Belief Systems als „Not necessarily conscious determinants of an individual’s behavior“ (S. 331). *Nature of science* scheint dagegen auf der ersten Ebene von Fach-/Sachwissen angesiedelt zu sein. So werden in einigen fachdidaktischen Arbeiten *nature of science*-Aspekte explizit als **Wissenselemente** aufgefasst (z. B. Lederman, 2007; Schwartz et al., 2012), was sich auch darin widerspiegelt, dass aus fachdidaktischer Perspektive *nature of science* als –lehr- und lernbarer – Inhalt für den Schulunterricht angesehen wird (vgl. McComas & Olson, 1998; Osborne et al., 2003). Damit nimmt *nature of science* die Qualität eines inhaltlichen Konzeptes, ähnlich den fachwissenschaftlichen Konzepten (z. B. Evolution, Kraft, Materie), ein. Eine derartige Parallelisierung ist beispielsweise auch in den amerikanischen Stan-

dards (NRC, 1996) vorzufinden, in denen *nature of science* mit anderen Konzepten zu den „Science Content Standards“ (S. 6) gezählt wird. Damit scheinen sich *nature of science* und epistemologische Überzeugungen hinsichtlich der Wissensarten zu unterscheiden, die mit den beiden Begriffen verknüpft werden. Unklar ist, wie sich neuere Strömungen und Konzeptionen zu *nature of science* hinsichtlich der Wissensarten verorten lassen. Jedoch erscheint es sinnvoller, zum Beispiel hinsichtlich des von Allchin (2011) vorgeschlagenen funktionalen Verständnisses *nature of science* eher als eine inhaltliche Wissensart anzunehmen denn als ein Belief-System – vergleichbar zu naturwissenschaftlichen fachinhaltlichen Konzepten, deren Verständnis sich ja auch gerade nicht in einer reinen Wiedergabe von auswendig gelernten Lehrsätzen oder Formeln, sondern eher in der erfolgreichen Anwendung dieser in Problemsituation zeigt.

Normative vs. deskriptive Herangehensweise

Eng verknüpft mit dem vorherigen Gedanken ist die Tatsache, dass die in der fachdidaktischen Literatur genutzten *nature of science*-Aspekte einen normativen Charakter haben. So wird im Sinne der Wissenschaftspropädeutik ein adäquates Verständnis der Natur der Naturwissenschaften als ein zentraler Bestandteil naturwissenschaftlicher Bildung angesehen (Bybee, 1997; Roberts, 2007; Schecker, Wiesner & Fischer, 2004). Ausgehend davon werden Inhalte im Themenfeld NOS

3 Leider ist diese Trennung nicht so klar, wie man sie sich wünschen würde und wie sie hier auf den ersten Blick erscheint. Eine umfassende Aufarbeitung philosophischer, psychologischer und naturwissenschaftsdidaktischer Standpunkte zur Abgrenzung von Wissen und Ansichten ist bei Sutherland, Sinatra und Matthews (2001) zu finden. Auffallend ist dort aber auch, dass „Ansichten“ aus psychologischer wie auch aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive meist im Sinne epistemologischer Überzeugungen verstanden werden.

identifiziert, die für Schule relevant (vgl. z. B. Lederman, 2007; Osborne et al., 2003) und in bildungspolitischen Dokumenten verankert sind (z. B. NRC, 1996; vgl. Übersicht von McComas & Olson, 1998). Aus fachdidaktischer Sicht spielen zu diesem Inhalt Fragen wie z. B. nach Schülervorstellungen eine Rolle, oder nach Ansätzen, wie diese Schülervorstellungen in ein – vorher normativ als solches festgelegtes – adäquates Verständnis überführt werden können (z. B. Höttecke, 2001b; Höttecke, Henke & Rieß, 2012; Lederman & Abdel-Khalick, 1998). Ausprägungen epistemologischer Überzeugungen werden dagegen zwar epistemologischen Grundrichtungen, wie z. B. von „Dualism“ bis „Commitment within relativism“ (Hofer & Pintrich, 1997, S. 91) zugeordnet, oder in Kategorien wie „naïve“ und „sophisticated“ (z. B. Bromme et al., 2010, S. 8) eingeteilt, die implizit eine hierarchische Ordnung aufweisen. Eine umfassende normative Rahmung wird jedoch üblicherweise nicht gegeben.

4 Abschließende Bewertung

In diesem Artikel sollte ein Abgrenzungsversuch zwischen *nature of science* einerseits und epistemologischen Überzeugungen andererseits erarbeitet werden. Die in Abschnitt 3 dargestellten Aspekte bieten Ansatzpunkte für eine solche Abgrenzung, sie zeigen jedoch auch Unschärfen und teilweise sogar Überschneidungen auf. Insgesamt ist damit festzuhalten, dass **keine scharfe** Abgrenzung zwischen den *nature of science* und epistemologischen

Überzeugungen möglich ist. Nichtsdestotrotz sollte dies nicht zu einer bloßen Gleichsetzung der beiden Konzepte führen, da diese den unterschiedlichen Theorierahmen und Forschungstraditionen nicht gerecht würde.

Sprachliche Klarheit

Ein erster Schritt hin zu einer angemessenen Berücksichtigung der unterschiedlichen Theorierahmen wäre beispielsweise eine klare Begriffsnutzung. So ist auffallend, dass in englischsprachigen fachdidaktischen und psychologischen Arbeiten die Begriffe *beliefs*, *views*, *ideas*, *understandings*, *conceptions* o. ä. gleichermaßen genutzt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Theorierahmen von *nature of science* und epistemologischen Überzeugungen scheinen dieselben Worte jedoch unterschiedliche Bedeutungen zu tragen. Beim Rezipieren und Übersetzen der englischen Arbeiten ist es also sehr empfehlenswert, mit Vorsicht vorzugehen.

Eine mögliche Sprachregelung könnte sein, die Worte *Ansichten* und *Überzeugungen* (*beliefs*) im Sinne epistemologischer Überzeugungen zu nutzen. Im Abgrenzung dazu könnten inadäquate Vorstellungen (*views*, *ideas* oder *beliefs*) über *nature of science* als vorunterrichtliche „Alltagsvorstellungen“⁴ bezeichnet werden – analog den Alltagsvorstellungen zu naturwissenschaftlichen Konzepten wie Evolution, Materie oder Kraft.

4 Schon bei Höttecke (2001b) findet sich dieser Grundgedanke, der für die Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften den Begriff des „Vorverständnisses“ (S. 41) nutzt.

Damit würde der Auffassung Rechnung getragen werden, *nature of science*-Aspekte als normativ festgelegte, lehr- und lernbare Wissens Elemente zu konzeptionalisieren wie dies typischerweise in der fachdidaktischen Literatur vor dem Hintergrund der Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung geschieht (vgl. „Wissen vs. Ansicht“, „Normative vs. deskriptive Herangehensweise“).

Mögliche Verortung in Lerntheorien

Mit der oben vorgeschlagenen sprachlichen Regelung, wird die Auffassung von *nature of science* als ein in der Schule zu vermittelnder **Inhalt** analog zu fachwissenschaftlichen Konzepten betont. Ähnlich, wie sich aus Sicht naturwissenschafts didaktischer Forschung die Frage nach einer Beschreibung des Lernens fachwissenschaftlicher Konzepte stellt, ist demnach auch die Beschreibung des Lernens von *nature of science* von fachdidaktischem Interesse, wozu verschiedene Lerntheorien herangezogen werden können. Geht man beispielsweise davon aus, dass nicht nur schulischer Unterricht das Bild von Schülerinnen und Schülern über Naturwissenschaftler und deren Arbeit beeinflusst, sondern auch Begegnungen mit wissenschaftlichen Themen im Alltag – zum Beispiel in Filmen, Romanen, Comics, Reportagen in Zeitungen, Fernsehsendungen oder Nachrichten – so müsste eine Beschreibung des Lernens von NOS auch informelles Lernen (vgl. Overwien, 2007) berücksichtigen. Overwien (2007) hebt bei seiner Zusammenstellung verschiede-

ner Definitionen von informellem Lernen unter anderem „implizite Lernprozesse“ (S. 122) hervor, die sich insbesondere durch die Unbewusstheit des Lerners, dass er oder sie gerade lernt, auszeichnen. Wo und in welchem Rahmen implizites Lernen über NOS stattfindet, scheint jedoch vielfältig zu sein. So ist auch im schulischen Rahmen implizites Lernen von *nature of science* denkbar, wie Hofheinz (2008) bei der Entwicklung seiner Interventionsmaßnahmen zeigte. Dabei ist zu bedenken, dass die Lernmaterialien zwar in einem formalen Setting (Unterricht) eingesetzt werden, dieses Setting in Bezug auf das *nature of science*-Lernen jedoch als informell zu bewerten ist, da diese Lerninhalte nichtintentional und beiläufig erworben werden sollen, was nach Overwien (2007) Merkmale informellen Lernens sind.

Vor dem Hintergrund einer konstruktivistischen Lerntheorie wurden Lernprozesse bzgl. *nature of science* mit der Conceptual Change Theorie (für einen Überblick siehe Duit & Treagust, 2003) verknüpft⁵ (z. B. Abd-El-Khalick & Akerson, 2004; Schwartz et al., 2004). Duit und Treagust (2003) bemängeln ein Fehlen derartiger Konzeptwechsel-Modelle zu *nature of science* in der bisherigen Forschung, was nach Duit (1999) in doppelter Hinsicht ein Manko darstellt:

Meta-knowledge of science (i.e. views of the nature of science concepts and theories)

⁵ Bromme und Kienhues (2008) erachten es als „hilfreich“, auch Veränderung epistemologischer Überzeugungen „analog zu der Veränderung naturwissenschaftlicher Grundideen zu verstehen, wie sie in der Forschung zum so genannten Conceptual Change beschrieben wird“ (S. 199).

and meta-cognition (views of the learning process) play a double role in constructivist approaches. On the one hand, constructivist science instruction puts emphasis on changing students' views of meta-knowledge and meta-cognition from naive everyday ideas to more adequate ones. On the other hand, they are means to facilitate conceptual change on the content level which, of course, is still a key concern of constructivist science instruction. (Duit, 1999, S. 272)

Denn demnach wäre einerseits der Konzeptwechsel hinsichtlich der *nature of science*-Aspekte zu untersuchen – entsprechend der Auffassung von *nature of science* als inhaltliches Konzept (Ebene des Fach-/ Sachwissens). Andererseits müssten Ansichten über die Naturwissenschaften und über das eigene Lernen hinsichtlich ihres Einflusses auf Konzeptwechselforgänge untersucht werden – was den Charakter epistemologischer Überzeugungen widerspiegelt (Ebene der Ansichten/Metakognitionen). Die kognitionspsychologische Literatur liefert zur letzteren Perspektive schon einige Studien (z. B. Stathopoulou & Vosniadou, 2007), wenn auch sich der Zusammenhang zwischen epistemologischen Überzeugungen und Wissenszuwachs als nicht einfach linear zu sein abzeichnet (Bromme et al., 2008).

An dieser Stelle wird deutlich, dass die Modellierung des Lernens von *nature of science*-Inhalten im Sinne der Conceptual Change-Theorie ein recht verschachteltes Problem darstellt, da die Rolle von *nature of science* als Einflussgröße auf Konzeptwechsel einerseits und die Rolle von *nature*

of science als Gegenstand des Konzeptwechsels andererseits gleichermaßen berücksichtigt werden müssten. Soll *nature of science* als Gegenstand des Konzeptwechsels untersucht werden, müsste zunächst geklärt werden, was in diesem Falle ein zu änderndes „Konzept“ wäre: Konzepte könnten die einzelnen Aspekte von *nature of science* sein, oder Sinneinheiten, die aus mehreren Aspekten bestehen (z. B. Wissen über Eigenschaften naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bzw. über Eigenschaften naturwissenschaftlichen Wissens), oder „*nature of science*“ insgesamt wäre das zu betrachtende Konzept. Für diese Konzepte müsste dann untersucht werden, ob sich ein Konzeptwechsel eher kontinuierlich oder eher sprunghaft vollzieht. Um der von Duit (1999) bemerkten Doppelrolle gerecht zu werden, wäre es denkbar, dass ein Konzeptwechsel bezüglich *nature of science* die Entwicklung des Verständnisses eines oder mehrerer *nature of science*-Aspekte beschreiben würde, die durch allgemeine, domänenunabhängige Ansichten über Wissen und Lernen (also epistemologische Überzeugungen) beeinflusst sein könnten. Darüber hinaus wäre es von Interesse, wie sich eine Kontextualisierung der *nature of science*-Aspekte auf den Konzeptwechsel auswirkt. Gleichermaßen ist offen, welche Rolle implizit erworbenes *nature of science* Wissen (z. B. Hofheinz, 2008) oder Alltagsphantasien (Oschatz, 2011) bei einem solchen Konzeptwechsel einnehmen würden. An diesen Überlegungen wird deutlich, dass die Beschreibung des Lernens von *nature of science* noch einige offene Fragen für zukünftige Forschung bereithält.

5 Zusammenfassung

- 1) *Nature of science* und epistemologische Überzeugungen berühren einen ähnlichen Inhalt. Nichtsdestotrotz sind sie jeweils vor dem Hintergrund ihrer jeweiligen naturwissenschaftsdidaktischen (*nature of science*) bzw. entwicklungs- und kognitionspsychologischen (epistemologische Überzeugungen) Forschungstradition zu betrachten.
- 2) In der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur wird *nature of science* vor allem im Sinne der Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung als zu lehrender und lernender Inhalt angesehen. Aspektlisten, die zur Ausschärfung von *nature of science* als Unterrichtsinhalt genutzt werden, zeigen einen weitgehenden Konsens zwischen verschiedenen Herangehensweisen. Die in den Listen genannten Aspekte beziehen sich weitgehend auf Eigenschaften naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnungsprozesse und naturwissenschaftlichen Wissens. Die Aspektlisten sind jedoch nicht als abgeschlossen anzusehen und nicht buchstäblich zu nehmen.
- 3) Forschung zu epistemologischen Überzeugungen lässt sich in entwicklungs- und kognitionspsychologische Ansätze einteilen. Epistemologische Überzeugungen umfassen typischerweise Ansichten zu *nature of knowledge* und zu *nature of knowing* und werden durch vier Faktoren konzeptualisiert: (a) certainty of knowledge, (b) simplicity of knowledge, (3) source of knowledge, (d) justification of knowledge. Inwieweit es sich hier um domänenspezifische oder domänenunabhängige Ansichten handelt, ist noch nicht endgültig geklärt.
- 4) Ansatzpunkte zu einer Abgrenzung der beiden Forschungstraditionen – zu *nature of science* und zu epistemologischen Überzeugungen – liefern fünf Aspekte, die auf Basis der naturwissenschaftsdidaktischen und psychologischen Literatur identifiziert wurden: (1) Disziplinspezifität; (2) Inhalt; (3) Perspektive der ersten vs. dritten Person; (4) Wissen vs. Ansicht; (5) normative vs. deskriptive Herangehensweise. Anhand dieser Aspekte werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Theorierahmen deutlich. Da die Unterschiede jedoch teilweise sehr subtil sind, ist keine scharfe Abgrenzung möglich.
- 5) Forschung auf dem Gebiet von *nature of science* sollte die Unterschiedlichkeit der Forschungstraditionen berücksichtigen und sich darin verorten. Eine klare Sprachregelung kann dazu beitragen: „Ansichten“ oder „Überzeugungen“ sollten im Sinne epistemologischer Überzeugungen genutzt werden; inadäquate *nature of science*-Vorstellungen sollten als „Vorvorstellungen“ oder „Alltagsvorstellungen“ bezeichnet werden.
- 6) Unter der Prämisse, dass *nature of science* die Qualität eines Lerninhaltes annimmt, sollte das Lernen von *nature of science* im Sinne der Conceptual Change-Theorie modelliert und untersucht werden. Dabei muss einer-

seits die Rolle von *nature of science* als Gegenstand des Konzeptwechsels betrachtet werden und andererseits – im Sinne epistemologischer Überzeugungen – als Einflussfaktor auf den Konzeptwechsel.

Danksagung

Wir danken Dietmar Höttecke und Burkhard Priemer für fruchtbare Diskussionen, die in die Erstellung dieses Artikels eingeflossen sind. Insbesondere danken wir Burkhard Priemer und Markus Emden für die Durchsicht früherer Versionen dieses Artikels und ihre wertvollen Hinweise, die für die Überarbeitung sehr hilfreich waren. Nicht zuletzt gilt unser Dank den Gutachtern, deren Hinweise zur Berücksichtigung weiterer Ideen in diesem Manuskript sowie insgesamt zu dessen Verbesserung geführt haben.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F. & Akerson, V. L. (2004). Learning as conceptual change: Factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education* 88, 785–810.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education* 95, 518–542.
- Alters, B. J. (1997a). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching* 34(1), 39–55.
- Alters, B. J. (1997b). Nature of science: A diversity or uniformity of ideas? *Journal of Research in Science Teaching* 34(10), 1105–1108.
- Bromme, R. (2005). Thinking and knowing about knowledge. In M. H. G. Hoffmann, J. Lenhard & F. Seeger (Eds.), *Activity and Sign – Grounding Mathematics Education* (S. 191–201). New York: Springer.
- Bromme, R. & Kienhues, D. (2008). Epistemologische Überzeugungen: Was wir von (natur-) wissenschaftlichem Wissen erwarten können. In J. Zumbach & H. Mandl. (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie in Theorie und Praxis: Ein fallbasiertes Lehrbuch* (193–203). Göttingen: Hogrefe.
- Bromme, R., Kienhues, D. & Stahl, E. (2008). Knowledge and epistemological beliefs: An intimate but complicate relationsop. In M. S. Khine (Hrsg.), *Knowing, knowledge, and beliefs: Epistemological studies across diverse cultures* (423 – 444), New York: Springer.
- Bromme, R., Pieschl, S. & Stahl, E. (2010). Epistemological beliefs are standards for adaptive learning: a functional theory about epistemological beliefs and metacognition. *Metacognition & Learning* 5(1), 7–26.
- Buehl, M. M. & Alexander, P. A. (2001). Beliefs about academic knowledge. *Educational Psychology Review* 13(4), 385–418.
- 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.

- Bybee, R. W. (1997). Toward an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Eds.), *Scientific Literacy: An international symposium* (37–68). Kiel: Institute of Science Education (IPN).
- Chalmers, A. F. (2007). *Wege der Wissenschaft: Einführung in die Wissenschaftstheorie* (6. Aufl.). Berlin: Springer.
- 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.
- Dagher Z. R. & Erduran, S. (im Druck). Laws and Explanations in Biology and Chemistry: Philosophical Perspectives and Educational Implications. In Matthews, M. (Hrsg.), *Handbook of History, Philosophy and Science Teaching*. Springer.
- 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. (2003). Conceptual Change – A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671–688.
- Duschl, R. A. & Grandy, R. E. (2011). Demarcation in science education – Toward an enhanced view of scientific method. In R. S. Taylor & M. Ferrari (Hrsg.), *Epistemology and Science Education* (3–19). New York: Routledge.
- Elder, A. (2002). Characterizing fifth grade students' epistemological beliefs in science. In: Hofer, B. & Pintrich, P. (Hrsg.): *Personal Epistemology: The Psychology of Beliefs about Knowledge and Knowing* (347–363). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Feyerabend, P. (1993). *Against method* (3. Aufl.). London: Verso.
- Fleck, L. (1979). *Genesis and development of a scientific fact*. Chicago, London.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education* 84, 51–70.
- Hofer, B. K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary Educational Psychology* 25, 378–405.
- Hofer, B. K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching. *Journal of Educational Psychology Review* 13(4), 353–383.
- 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(1), 88–140.
- Hofheinz, V. (2008). *Erwerb von Wissen über „Nature of Science“ – Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht*. Dissertation (Universität Siegen). Online unter <http://dokumentix.ub.uni-siegen.de/opus/volltexte/2008/357/pdf/hofheinz.pdf>
- Höttecke, D. (2001a). Die Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern von der “Natur der Naturwissenschaften”. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 7, 7–23.
- Höttecke, D. (2001b). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen: Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*. Berlin: Logos.
- Höttecke, D., Henke, A., & Rieß, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching – Strategies, Methods, Results and Experiences from the European Project HIPST. *Science & Education*, 21(9), 1233–61.
- Kane, M. T. (2006). Validity. In R. L. Brennan (Hrsg.), *Educational Measurement* (18–64), Westport: Praeger.
- King, P.M. & Kitchener, K. S. (1994). *Developing reflective judgement*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Kircher, E. (2010). Über die Natur der Naturwissenschaften lernen. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (763–798). Heidelberg: Springer.

- Kishfe, 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(7), 551–578.
- Kitchener, R. F. (2002). Folk epistemology: An introduction. *New Ideas in Psychology* 20, 89–105.
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures: How science makes knowledge*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Krettenauer, T. (2005). Die Erfassung des Entwicklungsniveaus epistemologischer Überzeugungen und das Problem der Übertragbarkeit von Interviewverfahren in standardisierte Fragebogenmethoden. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 37(2), 69–79.
- 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*, Band 2 (229–467). Opladen: Leske+Budrich.
- Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kuhn, D. (2000). Theory of mind, metacognition, and reasoning: A life-span perspective. In P. Mitchell & K. J. Briggs (Eds.), *Children's reasoning and the mind* (S. 301–326). Hove: Psychology Press/Taylor & Francis.
- Kuhn, T. S. (1976). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education* (301–317). Dordrecht: Springer.
- 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* (831–879). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (83–126). Dordrecht: Kluwer.
- 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 learner's conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching* 39(6), 497–521.
- Mason, L. & Bromme, R. (2010). Situating and relating epistemological beliefs into metacognition: studies on beliefs about knowledge and knowing. *Metacognition & Learning* 5(1), 1–6.
- Mayer, R. E. (2008). *Learning and Instruction* (2nd ed). Upper Saddle River, NJ: Pearson Merrill Prentice Hall.
- McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standard documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (41–52). Dordrecht: Kluwer.
- Muis, K. R., Bendixen, L. D. & Haerle, F. C. (2006). Domain-Generality 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 Research Council [NRC] (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Neumann, I. (2011). *Beyond physics content knowledge – Modeling competence regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge*. Berlin: Logos.
- Neumann, I., Neumann, K., & Nehm, R. (2011). Evaluating instrument quality in science education: Rasch-based analyses of a Nature of Science test. *International Journal of Science Education* 33(10), 1373–1405.

- 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 the expert community. *Journal of Research in Science Teaching* 40(7), 692–720.
- Oschatz, K. (2011). *Intuition und fachliches Lernen – Zum Verhältnis von epistemischen Überzeugungen und Alltagsphantasien*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Overwien, B. (2007). Informelles Lernen. In M. Göhlich, C. Wulf & J. Zirfas (Hrsg.), *Pädagogische Theorien des Lernens* (S. 119–130). Weinheim: Beltz Verlag.
- Perry, W. G. (1999). *Forms of ethical and intellectual development in the college years: a scheme*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Pintrich, P. R. (2002). Future challenges and directions for theory and research on personal epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (389–414). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Priemer, B. (2006). Deutschsprachige Verfahren der Erfassung von epistemologischen Überzeugungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 159–175.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/ Science Literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (729–780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education* 89, 634–656.
- Schecker, H., Fischer, H. E., & Wiesner, H. (2004). Physikunterricht in der gymnasialen Oberstufe. In H.-E. Tenorth (Ed.), *Kerncurriculum Oberstufe II: Biologie, Chemie, Physik, Geschichte, Politik* (148–234). Weinheim: Beltz.
- Schoenfeld, A. H. (1983). Beyond the purely cognitive: Belief systems, social cognitions, and metacognitions as driving forces in intellectual performance. *Cognitive Science* 7, 329–363.
- Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology* 82, 498–504.
- Schommer, M. & Walker, K. (1995). Are epistemological beliefs similar across domains? *Journal of Educational Psychology* 87(3), 424–432.
- Schraw, G. (2001). Current themes and future directions in epistemological research: A commentary. *Educational Psychology Review* 13/4: 451–464.
- Schwartz, R. S. (2004). *Epistemological views in authentic science practice: A cross-discipline comparison of scientists' views of nature of science and scientific inquiry*. Unpublished doctoral dissertation, Department of Science and Mathematics Education, Oregon State University, Corvallis, OR. Download unter http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/9647/Schwartz_Renee_S_2004.pdf?sequence=1
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Abd-El-Khalick, F. (2012). A series of misrepresentations: A response to Allchin's Whole Approach to assessing nature of science understandings. *Science Education* 96(4), 685–692.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education* 88, 610–645.
- Schwartz, R., Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2008). *An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI questionnaire*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore, MD.
- Smith, M. U., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, W. F., & Clough, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science: A response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching* 34(10), 1101–1103.
- Southerland, S., Sinatra, G. & Matthews, M.R. (2001). Belief, knowledge, and science education. *Educational Psychology Review* 13(4), 325 – 351

- Stathopoulou, C. & Vosniadou, S. (2007). Conceptual change in physics and physics-related epistemological beliefs: A relationship under scrutiny. In S., Vosniadou, A., Baltas & X., Vamvakoussi (Eds.), *Re-Framing the Conceptual Change Approach in Learning and Instruction* (145–165). Asterdam: Elsevier.
- 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.

KONTAKT

Dr. phil. nat. Irene Neumann
 Leibniz-Institut für die Pädagogik der
 Naturwissenschaften und Mathematik
 Olshausenstraße 62
 24098 Kiel
ineumann@ipn.uni-kiel.de

AUTORENINFORMATION

Dr. phil. nat. Irene Neumann ist am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik Leiterin einer interdisziplinären Forschungsgruppe an der Schnittstelle zwischen Physik und Mathematik. Ihre Forschung beschäftigt sich vornehmlich mit der Kompetenzmodellierung und -diagnose im Bereich Nature of Science sowie mit Aspekten der Mathematik im Physikunterricht.

Dr. rer. nat. Kerstin Kremer ist akademische Rätin in der Abteilung Didaktik der Biologie an der Universität Kassel. Sie vertrat 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 forschendes Lernen und der Erfassung und Veränderung von Konzepten über Nature of Science.